

「バイオものづくり」推進のカギとなる ネイチャーポジティブ対応



中田北斗

CONTENTS

- I バイオものづくりを取り巻く現状
- II バイオものづくり発展のカギとなる3つのポイント
- III ネイチャーポジティブの台頭によるバイオものづくりへの影響と求められる対応

要約

- 1 従来の化石資源を原料とした化学プロセスに代わるものとして、微生物を利用したバイオものづくりが注目されている。枯渇性資源から再生可能資源への転換（サーキュラーエコノミー）や、製造プロセスの常温常圧化（カーボンニュートラル）など、サステナビリティ関連の優位性が一因である。また、安全保障の重要性の高まりや、バイオ・デジタルの技術革新も牽引要素となっている。
- 2 一方で、市場のさらなる拡大のためには「製造コスト」「微生物の開発」「商用スケールでの培養技術」がポイントとなる。バイオものづくりにかかわるプレイヤーは、これらについて取り組みを進めている。
- 3 サステナビリティにおける新たなテーマであるネイチャーポジティブの台頭により、自然資本や生物多様性への配慮がさらに求められるようになり、バイオものづくりに大きな影響を与える。原料である植物などのバイオマスは、一部が座礁資産化（実存はするが法規制などにより利用が制約される）すると想定される。
- 4 対応策としては、「原料の転換」「原料効率の向上」「自然の状態の可視化」の3つの方向性が考えられる。これらの取り組みにより、ネイチャーポジティブはバイオものづくりにおける障壁要素ではなく、競争力拡大に向けた機会として捉えることができる。

I バイオものづくりを 取り巻く現状

1 バイオものづくりとは

従来の化石資源を原料とした化学プロセスによるものづくりに代わるものとして、「バイオものづくり（バイオ製造）」に対する注目が高まっている。バイオものづくりとは、バイオテクノロジーを用いた、植物などを原料とする持続可能なものづくりである。遺伝子改変などにより、微生物などが持つ物質生産能力の強化や、従来とは異なる物質の生産能力の付加を行い、目的物質を効率的に生産する。自然界で生産される再生可能なバイオマス資源としたエネルギー、素材、食品に依存した経済である「バイオエコノミー」^{注1}の概念の中で、バイオテクノロジーとデジタルテクノロジーの融合により、生物機能の産業利用を行うものがバイオものづくりである。

バイオものづくりが対象とする物質は、多岐にわたる（表1）。たとえば食品分野では、培養肉のリーディングカンパニーの1つ

として知られるImpossible Foods社は、培養肉に添加するヘムを微生物の一種である酵母を用いて製造している。医薬品や化粧品でもバイオものづくりが行われている。Novavax社は微生物を用いて、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）を含むさまざまな感染症に対するワクチン原薬を製造している。

また、化学、素材、燃料分野などでも、バイオものづくりの活用が進んでいる。米国のAmyris社は、遺伝子改変した酵母を用いてファルネセンやスクワレンを生産している^{注2,3}。これらの物質は化粧品やバイオ燃料の原料となる一方で、自然界での生産量は微量であるため、効率的な生産能力を付加した改変酵母による生産が行われている。旭化成は米国Genomatica社とのパートナーシップにより、ヘキサメチレンジアミン（HMD）のバイオ生産に関する検討を進めている^{注4}。HMDは、自動車や電子製品向けの樹脂部品、エアバッグ向けの基布などの幅広い用途で使用されるポリアミド66の原料である。従来は化石資源を原料として製造されてきたが、再生可能バイオマスを原料としたバイオものづくり

表1 バイオものづくりが行われている分野と企業の代表例

分野	企業名	製造物質	提携企業（一部）
食品	Conagen社（米国）	L-エルゴチオネイン（アミノ酸）	住友化学
	Impossible Foods社（米国）	ヘム	バーガーキング
医薬品・化粧品	Amyris社（米国）	スクワレン	クラレ、ニッコールグループ
	Novavax社（米国）	COVID-19ワクチン原薬	富士フイルム
化学・燃料	Genomatica社（米国）	ヘキサメチレンジアミン	旭化成、BASF社
	Amyris社（米国）	ファルネセン	クラレ、BASF社
	Lanzatech社（米国）	エタノール	積水化学工業、BASF社、Arcelor Mittal社
	Spiber社（日本）	繊維類	ゴールドウイン

への転換によるGHG排出量の削減が期待されている。

2 バイオものづくりが注目される理由

バイオものづくりを牽引する要因を図1に示した。上述した例でも見受けられるように、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「サステナビリティ」が要因の1つとして挙げられる。

枯渇性資源である化石資源から、再生可能資源であるバイオマスなどへの原料を代替することは、サーキュラーエコノミーの観点で評価される。化学プロセスと比較した生産工程の常温常圧化・省力化は、カーボンニュートラルに貢献する。また、微細藻類を用いたSAF（Sustainable Aviation Fuel：持続可能な航空燃料）製造などでは、藻類によるCO₂の吸収・固定も注目されている。固定されたCO₂は燃料としての使用時に再放出されるため、カーボンネガティブではない点には注意が必要であるが、化石資源由来の燃料との比

較ではカーボンニュートラルに寄与する。SAF製造に当たって、約2.5~4.0 kg-CO₂/L-fuelのCO₂が吸収・固定される。2030年の国内SAF需要は約171万kLであり^{※5}、このうち仮に10%を微細藻類により生産した場合、43~68万トンのCO₂が吸収・固定される。

COVID-19などのパンデミックや、ロシアのウクライナ侵攻による国際社会の緊張による、資源・エネルギー・食などにおける安全保障の重要性の高まりも見逃せない。化石資源や食糧の多くを他国に依存するわが国においては、特に重要な課題である。化石資源に依存した化学プロセスによる製造への偏重を、バイオ製造で緩和することはリスク軽減の観点で有効である。

ほかの要因として、技術革新も挙げられる。バイオテクノロジーおよびデジタルテクノロジーの発展により、遺伝子解析やゲノム編集にかかるコストや時間は、過去10年あまりの間に劇的に縮小されている。これにより、目的物質を生産する微生物の極めて効率

図1 バイオものづくりを牽引する要因

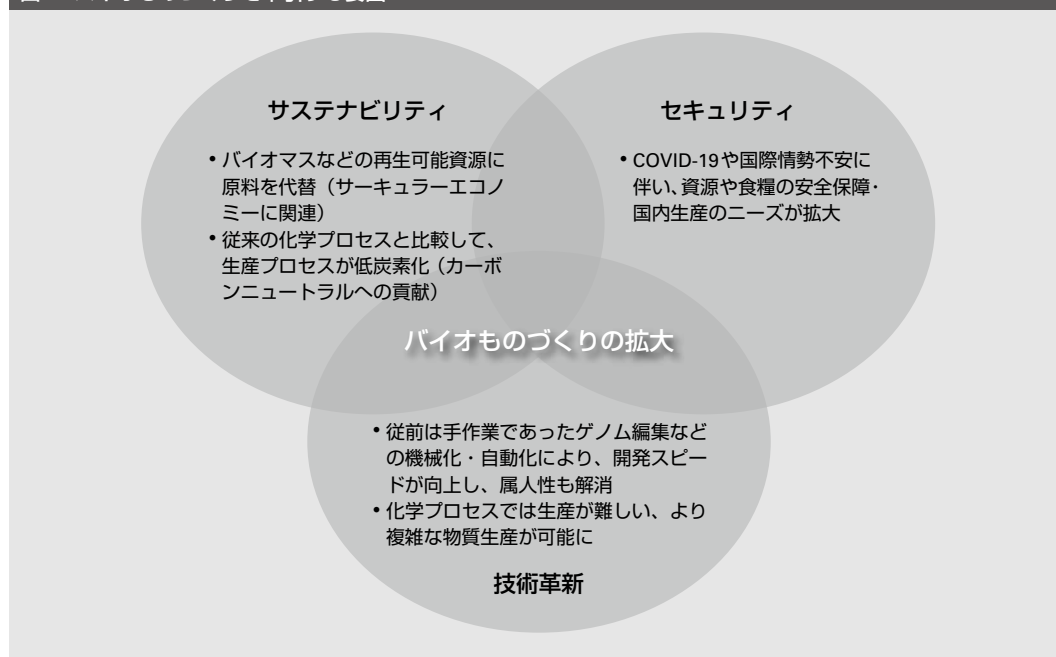
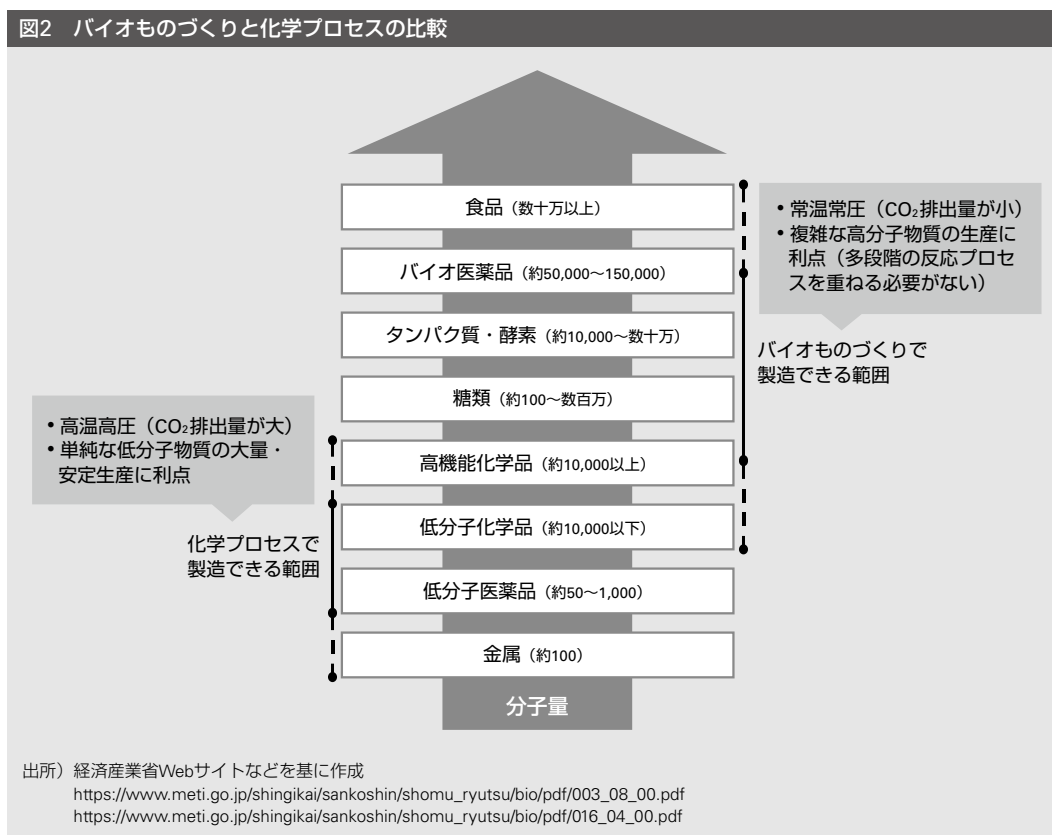


図2 バイオものづくりと化学プロセスの比較



的な開発が可能となった。

技術革新は、バイオものづくりが元来持っていた化学プロセスに対する優位性も顕在化させた。化学プロセスと比較して、バイオものづくりはタンパク質などの分子量が大きく複雑な物質の製造が可能である (図2)。化学プロセスでは、複雑な物質の製造工程を人間が化学プロセスでデザインすることは困難だが、タンパク質は生物の構成要素であることから、生物にはこうした物質の製造能力が当然備わっている。

また、化学プロセスでは一般的に高温高圧で反応が進められるが、バイオものづくりは常温常圧である。昇温昇圧のためのエネルギー消費が回避できるため、カーボンニュートラル観点での優位性となる。

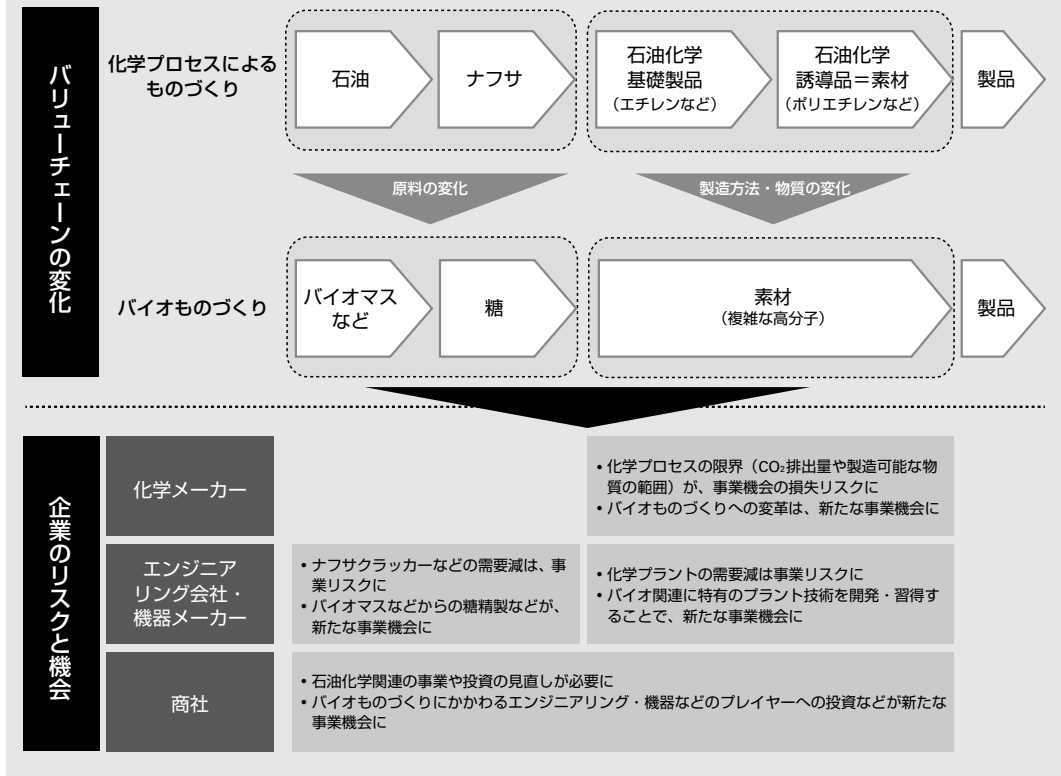
3 企業にとってのリスクと機会

バイオものづくりの拡大により、従来の化学プロセスの置き換えが進んでいくと考えられる。バイオものづくりと化学プロセスにおける製造可能な物質の種類の差異など、それぞれの特性の違いを考慮すると、化学プロセスが完全に淘汰されることは考えにくい。それでも、サステナビリティやセキュリティといったニーズの高まりの中で、一定程度の転換は免れない。

ものづくりにかかわる企業には新たなリスクと機会が生じる。図3では、バリューチェーンの変化と、それに伴うリスクと機会の一例を整理している。

化学メーカーにとっては、化学プロセスの置換は当然大きなリスクである。一方で、研

図3 化学プロセスからバイオものづくりへの転換によるバリューチェーンの変化と、企業のリスクと機会



究開発や他社との提携・買収などによりバイオものづくりへの変革を進めることができれば、大きな事業機会になる。住友化学は、大日本住友製薬との連携によりバイオサイエンス研究所を設立し、微生物工学などバイオものづくりのカギとなる領域の研究を行っている^{注6}。また、米国Ginkgo Bioworks社との提携により、バイオものづくりによる機能化学品の開発を進めている^{注7}。詳細は第II章で述べるが、Ginkgo Bioworks社はバイオものづくりにおけるリーディングカンパニーの1つである。

プラントエンジニアリング業界なども、ものづくりの転換による事業リスクが大きい一方で、バイオものづくりへの適応が事業機会となる業界である。国内の総合エンジニアリ

ング企業大手のIHIプラントは、微生物を利用したバイオケミカルプラントの技術開発や施工を進めている^{注8}。あるいは、キリンエンジニアリング^{注9}のように、食品や飲料の製造のために元来微生物や細胞を利用しているエンジニアリング企業は、バイオものづくりの潮流の中で製造物質の拡大などが検討しやすい。

商社については、三井物産がリードインベスターとしてLanzaTech社に2014年から出資参画した事例は興味深い。現在ではLanzaTech社はバイオものづくりのリーディングカンパニーの1つとして成長しており、2019年には全日本空輸を加えた三者での協業が発表されている^{注10}。

4 国内および海外の動向

各国は、政府が主導する形でバイオものづくりへの取り組みを進めている。日本では、バイオものづくりの基本枠組みとして、2019年（令和元年）に「バイオ戦略2019」^{注11}が内閣府の科学技術・イノベーション推進事務局から示された。ここでは、目指すべき社会像と市場領域を提示し、バックキャストによるロードマップを策定するとともに、産学など多様なプレイヤーのリソースの集約により、30年に世界最先端のバイオエコノミー社会を実現することが全体目標として掲げられた。翌20年には、COVID-19による影響や国際動向を踏まえたアップデート版として「バイオ戦略2020」^{注12、13}、さらに21年には「バイオ戦略フォローアップ」^{注14}が公表された。

また、目的物質の効率的な生産のために、微生物をベースとして遺伝子改変などを行った細胞である「スマートセル」^{注15}にかかわる技術開発を目的として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）によりスマートセルプロジェクト^{注16}が16年度から20年度まで推進された。スマートセルを用いて目的物質を効率的かつ大量に生産するシステムは「バイオファウンドリ」と呼ばれるが、スマートセルプロジェクトにより得られた成果をベースとして、20年度以降はNEDO^{注17}、内閣府^{注18、19}、農林水産省^{注20}、文部科学省^{注21、22}によるバイオファウンドリ基盤整備が進められている。

米国は、この領域において最も先進的である。オバマ政権が12年に発表した「National Bioeconomy Blueprint」では、エネルギーや食糧、環境といった社会課題の解決および経済成長の推進力としてバイオエコノミーを位

置づけた。民間企業の動きも早く、00年代に誕生したGinkgo Bioworks社（09年）、Amyris社（03年）の2社は、現在のバイオファウンドリ業界におけるリーディングカンパニーとなっている。

欧州では、欧州委員会が主導する、21年からの7年間における研究・イノベーションを支援・促進するプログラムである「Horizon Europe」において、バイオエコノミーに関する研究開発の助成を行っている。

中国政府は22年に「第十四次五カ年計画バイオエコノミー発展計画」^{注23}を公表し、35年までにバイオエコノミー分野で国際社会をリードすることを謳っている。

今後10年以内に世界の製造業の3分の1がバイオものづくりに置き換えられ、市場規模が4000兆円に達するとの分析もあり^{注24}、米国や中国は兆円単位の投資を行う方針を掲げるなど、国際的な競争は激化している。

このような政府の後押しを受けながら、上述したサステナビリティやセキュリティといったニーズの拡大と、バイオテクノロジーなどのシーズの充実も背景として、バイオものづくりにさまざまな民間のプレイヤーが参画している。

II バイオものづくり発展のカギとなる3つのポイント

社会経済環境の変化の中で注目が高まるバイオものづくりだが、市場のさらなる発展に向けては3つのポイントが存在する。表2に示す「製造コスト」「微生物の開発」「商用スケールでの培養技術」である。

1 原料の輸送・精製にかかる製造コスト

バイオものづくりで一般的に用いられる植物などのバイオマス原料は、水分の含有量が高い。また、原料として使われない「不要な部分」もあり、輸送コストを押し上げる要因となっている。

微生物の培養、すなわち製造工程は、水溶液中で行われる。水を溶媒として、その中に微生物や原料などが投入されているイメージである。水溶液中で目的物質が生産された後は、目的物質を水溶液やほかの残渣から分離し、精製を行う必要がある。この工程にかかるコストも課題となっている。

対応策としては、バイオマス原料の地産地消が考えられる。つまり、バイオマスの生産地である農場と、バイオものづくりを行う製造プラントを同一地域内に設置し、輸送距離の短縮化を図る^{注25}。あるいは、未活用の賦存バイオマスの有効活用の観点で、利用可能なバイオマス種を拡大するために、バイオマスの前処理などに関する技術開発も一案となる。多様なバイオマスが受け入れ可能となることで、バイオマスの供給地と消費地間の距

離の短縮につながる可能性がある。

分離や精製への対応策としては、分離膜などを活用した効率的な分離精製技術の開発の動きがある。あるいは、排水処理や再利用技術の活用により、水を循環利用させることでコスト削減を図ることも対応案の1つである。

2 目的物質ごとのオーダーメイドでの微生物開発の効率化

目的物質の効率的な生産のために、遺伝子改変などにより作出された微生物は「スマートセル」と呼ばれる。このスマートセルの開発能力は、バイオものづくりの価値の源泉であり、従来の化学プロセスに対する競争力を規定する要因の1つとなる。

スマートセルを開発するためには、目的物質の分子構造などを基に、ベースとなる微生物種の選択、ゲノム設計・代謝（目的物質の合成）経路の最適化、設計に基づいた改変微生物の作成といったプロセスが必要となる。さらに、改変微生物を用いて実際に物質生産を行い、生産された物質やその効率の評価を行う。評価結果は知見として蓄積され、次の

表2 バイオものづくりの現状における課題と対応

	課題	対応
製造コスト	<ul style="list-style-type: none"> 原料となるバイオマスは水分含有量が高く、容積も大きくかさばるため、輸送コストが大きい 低濃度の水溶液として目的物質が生産されるため、分離精製や排水処理のコストが大きい 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスの地産地消による輸送距離の短縮 効率的な分離精製技術や、排水処理・再利用技術の開発
微生物の開発	<ul style="list-style-type: none"> 目的物質ごとにオーダーメイドでの微生物開発が求められる 「ベースとなる微生物種を選択」「改変微生物の設計」「改変微生物の作成」などの一体的な高度化が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 改変微生物設計のプラットフォーム化によるDBTLサイクル全体の効率化 AIやITによる学習能力の向上
商用スケールでの培養技術	<ul style="list-style-type: none"> 商用スケールにスケールアップする際には、生物・化学・物理の3領域での検討が必要 3領域すべてに対応できるプレイヤーの不在 	<ul style="list-style-type: none"> バイオ企業とプラントメーカー企業の連携により、両社の知見を融合

スマートセル開発に活用される。こうした一連の流れは、Design、Build、Test、Learnの頭文字を取ったDBTLサイクルと呼称される。

スマートセルの開発能力の向上、つまりDBTLサイクルの高速化と高度化はバイオものづくりの大きな課題であるが、これに対応する形で微生物設計のプラットフォーム化が進んでいる。その最たる例である米国Ginkgo Bioworks社は、スマートセル開発に資する巨大なデータベースやDX技術を競合他社の買収などにより自社内に集約し、業界最大のプラットフォームの構築を進めている（図4）。スタートアップとの連携による新領域の探索や、メーカーとの連携による実際の物質生産を通じた知見の蓄積にも取り組んでおり、こうした動きもスマートセルの開発能力の向上に資するものである。

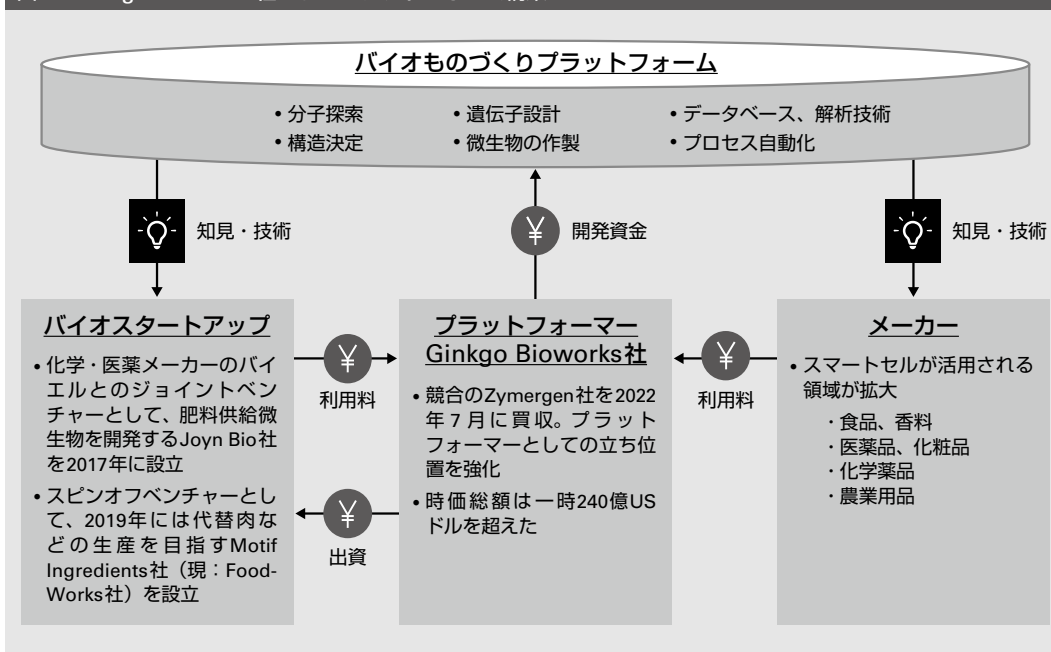
3 生物・物理・化学の融合による商用スケールでの培養技術

スケールアップもポイントとして挙げられ

る。バイオものづくりの初期段階に当たる微生物の開発や培養条件の検討では、一般にマイクロリットル～ミリリットル程度の単位のリアクターで検討が行われる。有用な微生物と培養条件の組み合わせが見つかった後は、数十リットル単位のベンチスケール、数百リットル単位のパイロットスケール、そして大型リアクターを用いた数千～数万リットル単位のセミ商用スケール、数十万～数百万リットル単位の商用スケールへとスケールアップを行っていく。

課題となるのは、スケールアップの段階で検討すべき要素が拡大することである。微生物の開発や培養条件の検討においては、微生物の遺伝子配列やその特性、あるいは培養液の組成や化学反応など、生物・化学領域が主な検討要素となる。一方で、大型リアクターの場合は、その容量の大きさに起因して、内部の圧力や温度の不均一性、あるいは均一性を担保するための攪拌方法といった、物理領域における要素の検討が必要となる。

図4 Ginkgo Bioworks社によるプラットフォーム構築



バイオものづくりは、バイオテクノロジーなどをバックグラウンドとするプレイヤーが主に推進しているが、こうした大規模化に伴う物理領域の検討要素は、従来のバイオテクノロジー分野には含まれないものである。一方で、プラントメーカーなどにとってはバイオプラントが新たな市場領域となるが、プラントメーカーがこれまで主戦場としてきた化学プラントとは異なり、バイオプラントへの参入には新たに生物学領域の知見が必要となる。

そのため、バイオテクノロジーが有する生物・化学の知見と、プラントメーカーが有する物理・化学の知見を融合させる必要性が指摘されている。そうした取り組みの円滑化や大規模化に当たっては、バイオファウンドリ企業とプラント企業の協業や連携を加速させる第3の機能が必要になる、と野村総合研究所（NRI）は考えている。

Ⅲ ネイチャーポジティブの台頭によるバイオものづくりへの影響と求められる対応

1 植物などの

バイオマス原料の座礁資産化

バイオものづくりを牽引する要因の1つとして、サステナビリティが挙げられることを第I章で述べた。昨今、新たなサステナビリティ関連テーマとして、ネイチャーポジティブが台頭してきた。これは、2030年までに生物多様性の損失を止め、回復軌道に乗せることを目指す概念である。

22年12月の生物多様性条約第15回締約国会議（CBD-COP15）では「昆明・モントリオール生物多様性枠組（GBF）」が採択され、

ビジネスにおける生物多様性の主流化についての合意が形成された。これを受けて、わが国では23年3月に「生物多様性国家戦略2023-2030」が閣議決定された。

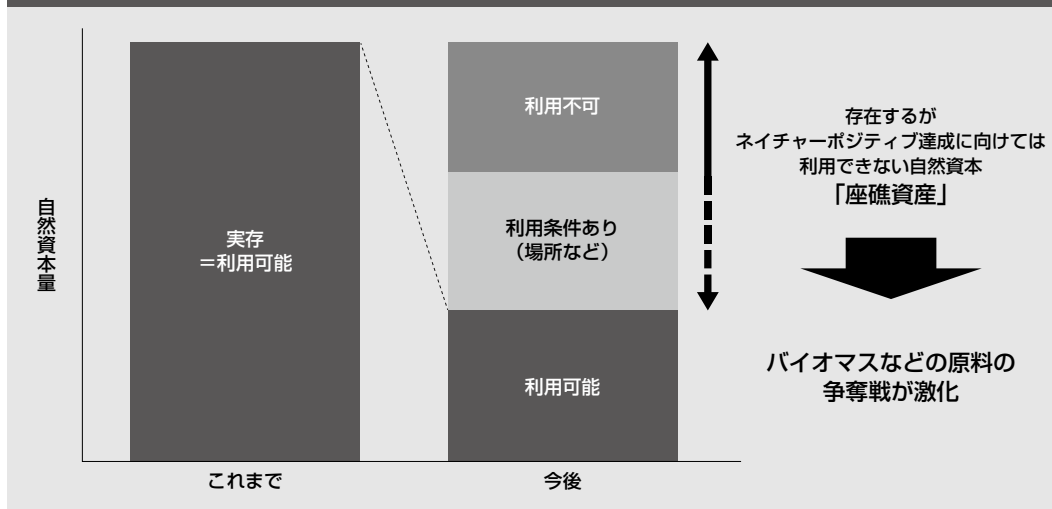
詳細は第一論考で整理したが、欧州では生物多様性がさまざまな形で法的枠組みに既に組み込まれている。GBFの採択を受けて、ネイチャーポジティブを達成するために自然資本の利用に制約を課す動きが今後は各国で広がっていくと考えられる。

サステナビリティテーマとしてネイチャーポジティブに先行するカーボンニュートラルでは、2℃目標を達成するために化石資源の使用量に制限が生まれた。可採埋蔵量のうち、この制限を超えるものが「座礁資産」となったわけである。

ネイチャーポジティブにおいても、同様の流れが想定される。つまり、アクセス可能な自然資本のうち、一部は利用が制約されることになる。また、自然資本の価値は、地域内の生物多様性の状態や自然資本によって異なるため、制約条件は場所によって異なる。こうしたネイチャーポジティブにおける自然資本の座礁資産化のイメージを、図5に示す。

第I章で述べたとおり、従来の化石資源を原料とした化学プロセスによるものづくりから、微生物の活用により植物などのバイオマスに原料を転換することがバイオものづくりの特徴である。この点において、自然資本の座礁資産化がバイオものづくりに与える影響は大きい。原料の利用や供給が制限され、原料コストの増加や生産量の低下がリスクとして想定される。対応策としては、3つの方向性が考えられる。「原料の転換」「原料効率の向上」「自然の状態の可視化」である。

図5 ネイチャーポジティブにおける自然資本の座礁資産化



2 微生物開発によるCO₂や廃棄物への原料転換

バイオものづくりで利用されることの多い微生物として、たとえば大腸菌が挙げられる。こうした細菌の多くは、本来は植物などのバイオマスを炭素源として必要とする「従属栄養細菌」である。一方で、「独立栄養細菌」と呼ばれる細菌はCO₂を炭素源として利用可能であり、植物などのバイオマスの供給を必要としない。

こうした独立栄養細菌を用いたバイオものづくりが、カーボンニュートラルの観点で注目されつつある。大気中などのCO₂を原料とできることから、カーボンリサイクルの手段として有用と考えられる。独立栄養細菌の中では、たとえばエネルギー源として光を必要とせず、高速・高密度で培養が可能な水素細菌などが、産業化のポテンシャルが高いとされている^{注26}。

国内では、2022年10月に経済産業省が「バイオものづくり技術によるCO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」プロジェクト

の研究開発・社会実装計画を策定した^{注27}。これを受けて、NEDOはグリーンイノベーション基金を用いて、有用な微生物開発を加速するプラットフォーム技術の高度化などに取り組んでいる^{注28}。

カーボンニュートラルに資するものとして注目される独立栄養細菌であるが、これはネイチャーネガティブにおける自然資本の座礁資産化への対応策としても有効と考えられる。

同じく原料転換の観点では、廃棄物の利用も想定される。経済産業省が22年から取り組む「バイオものづくり革命推進事業」では、嫌気性細菌による都市ごみや汚泥の活用が検討されている^{注29}。前処理技術の開発や、商業スケールでの実証試験などが今後進められる予定である。

3 生産技術の高度化による原料効率の向上

独立栄養細菌などを用いた原料の脱・自然資本化を、バイオものづくりにおけるすべての物質生産で目指すことは現実的ではない。

植物などのバイオマスを利用する場合は、その効率を向上させることが求められる。

バイオものづくりにおける商用スケールでの技術開発要素の1つとして、「連続培養生産」が挙げられる。従来のバイオものづくりでは、1つの工程が終了してから次の工程に移行する「バッチ生産」が主流であるが、この方法では工程移行やバッチ切り替えの手間から生産速度に制約が生じる。

第Ⅱ章で述べたように、バイオものづくりは生物・化学・物理の3領域にまたがった検討が必要となる点で、工程間をシームレスにつなぐ連続培養生産は技術的なハードルが高い。しかし、生産速度や生産量の向上効果は極めて高く、GEA社やPow.bio社など複数のスタートアップがソリューションを提供している。

連続培養生産は、原料効率の観点でも利点大きい。微生物を培養する場合、一般的に原料などは微生物が消費する量よりも余剰に投入する必要がある。バッチごとにプラント内の残渣を廃棄・洗浄するバッチ生産では、原料効率が制限される。一方、連続培養では消費された原料を都度補充する形となるため、原料の無駄が少ない。

連続培養生産の適用可能領域の拡大や、連続回数の増加に資する技術開発を進めることは、原料効率の向上を通じた自然資本の利用量削減につながり、自然資本の座礁資産化への対応策の1つになると考えられる。

4 原料調達先における 自然の状態の可視化

前述したように、自然資本の価値、あるいは制約条件は場所により異なる。つまり、植

物などのバイオマスの調達先は、大きな観点の1つとなり得る。

たとえば、調達先の農場が絶滅危惧種や希少生物の生息域に隣接している場合は、規制などによる座礁資産化のリスクが高い。また、水資源が限られており、農場での大量の水使用が周囲の生態系に与える影響が大きいと考えられる場合も同様である。

端的に言えば、調達先における植物などのバイオマス生産が、「周辺地域における生物多様性を減少させていない」ことが重要である。仮に現在の調達先が周辺地域における生物多様性の減少をもたらしている場合、こうした状況を改善するためのバイオマス生産のあり方を変更することが必要となる。あるいは、調達先の変更も考えられる。

いずれの場合においても必要となるのは、自然の状態を評価・可視化することである。ただし、企業が自社の調達先において独自にこうした取り組みを行うことは、コスト負担や評価の妥当性が課題となり、ハードルが高い。よって、ここでは国の役割を期待したい。

国や地方自治体は、ネイチャーポジティブの潮流において、自然の保全に向けた取り組みを推進している。一例として、2030年までに陸・海の30%以上を自然環境エリアとして保全することを目指す「30by30」の達成に向けた、OECM (Other Effective area-based Conservation Measures: 自然共生サイト)^{注30}の認定が挙げられる。OECMは、18年のCBD-COP14で「(前略) 付随する生態系の機能とサービス、文化的・精神的・社会経済的・その他地域関連の価値とともに、生物多様性の域内保全にとって肯定的な長期の成果を継続する方法で統治・管理されているもの」と定

義されている^{注31}。

このような自然保全の取り組みに加えて、生態系サービスの「適切な利用」に資する取り組みが有効と考えられる。生態系サービスを全く利用しないことは現実的ではないため、対象地域内の存在する生態系サービスについて、「何を」「どのように」「どのくらい」利用してよいのかについて明らかにする必要がある。

そのための手段として、自然資本や生態系サービスを「測る」ソリューションがスタートアップを中心とした企業から出てきている。国内ではたとえば、琉球大学発のスタートアップ企業であるシンク・ネイチャー社は、生物多様性ビッグデータを用いたAI開発を行っている。Webで一般公開されている生物多様性地図サイト（J-BMP）^{注32}では、地域ごとの生物種数などをマップ上で可視化している。国内ほぼ全種に対応した生物図鑑である「いきものコレクションアプリ」などを展開するBIOME社も、国内の生物多様性を可視化するBiome Viewer^{注33}を公開している。

グローバルでは、たとえば国際連合食糧農業機関（FAO）が提供するWaPORにおいて、地域ごとの水生産能力や消費量が時間軸とともに整理されている^{注34}。森林に関しては、世界資源研究所（WRI）が提供するGlobal Forest Watchは衛星画像やGIS、AIなどの技術を活用して、世界中の森林の状況や変化をリアルタイムで観測・分析している^{注35}。

こうした国内の企業あるいは国際機関がさまざまなソリューションを提供しているが、データフォーマットの標準化は進んでいない。また、データは地域や自然資本・生態系サービスごとに分散している。これらは、自

然の状態の評価・可視化における課題である。

このような現状を鑑みると、国内を対象として自然資本や生態系サービスの一元的なデータベースを作成・管理することが国の役割として想定される。国連は「環境経済勘定・生態系勘定（SEEA）」と呼ばれる環境と経済の相互関係を捉える統計枠組みの国際基準を21年に公表している^{注36}。SEEAでは、環境資産のストックと変動について整理されており、データベース構築において参照すべきものと考えられる。

欧州では、自然資本の価値を適切に評価・管理するためのツールである自然資本会計の開発をEUが進めている^{注37}。また、米国でもSEEAを念頭に置いたうえで、自然資本の価値を適切に評価・管理するためのツールである自然資本会計の設立がバイデン大統領によって22年に指示されている^{注38}。

国内では、環境省がOECMの認定や評価を目的として、「生物多様性見える化システム」構築に向けた取り組みを進めている^{注39}。上述したグローバルの動きを参考にしながら、目的や対象地域をOECM以外にも拡大することなど、取り組みの一層の発展が期待される。これにより、バイオものづくりにかかわる企業は生物多様性や自然の状態に配慮した原料調達が可能となり、ネイチャーポジティブの潮流における国際競争力の向上につながると考えられる。

注

- 1 経済産業省生物化学産業課「バイオ政策の進展と今後の課題について」（2023年5月12日）
<https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/>

- shomu_ryutsu/bio/pdf/016_04_00.pdf
- 2 Amyris社Webサイト「BIOFENE」
<https://amyris.com/ingredient/fene>
 - 3 Amyris社Webサイト「SQUALENE」
<https://amyris.com/ingredient/squalene>
 - 4 旭化成プレスリリース「旭化成、バイオマス原料由来のポリアミド66の実用化検討加速へ」(2022年3月16日)
<https://www.asahi-kasei.com/jp/news/2021/ze220316.html>
 - 5 国土交通省航空局資料「3アプローチの取組状況」(2023年3月30日)
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001600749.pdf>
 - 6 住友化学Webサイト「バイオサイエンス研究所」
<https://www.sumitomo-chem.co.jp/rd/laboratories/bioscience/>
 - 7 住友化学ニュースリリース「住友化学とギンコバイオワークス、バイオものづくりの連携を強化」(2023年7月18日)
<https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/detail/20230718.html>
 - 8 IHIプラントWebサイト「バイオケミカルプラント」
https://www.ipc-ihl.co.jp/business/bio-chemical_plant/index.html
 - 9 キリンエンジニアリングリクルートサイト「工場建設エンジニアリング事業について」
<https://www.kirineng.co.jp/recruit/business/>
 - 10 三井物産トピックス「バイオジェット燃料の製造・供給事業展開に向けたANA、LanzaTech社との協業」(2019年6月14日)
https://www.mitsui.com/jp/ja/topics/2019/1228845_11237.html
 - 11 内閣府「バイオ戦略2019」(2019年6月11日)
https://www8.cao.go.jp/cstp/bio/bio2019_honbun.pdf
 - 12 内閣府「バイオ戦略2020(基盤的施策)」(2020年6月26日)
https://www8.cao.go.jp/cstp/bio/bio2020_honbun.pdf
 - 13 内閣府「バイオ戦略2020(市場領域施策確定版)」(2021年1月19日)
https://www8.cao.go.jp/cstp/bio/bio2020_sijo.pdf
 - 14 内閣府「バイオ戦略フォローアップ」(2021年6月11日)
https://www8.cao.go.jp/cstp/bio/bio_fu_honbun.pdf
 - 15 経済産業省産業構造審議会 商務流通情報分科会 バイオ小委員会「バイオテクノロジーが拓く『第五次産業革命』」(2021年2月)
<https://www.meti.go.jp/press/2020/02/20210202001/20210202001-1.pdf>
 - 16 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 材料・ナノテクノロジー部 バイオエコノミー推進室「NEDOが推進するスマートセル・プロジェクト」
<https://www.nedo.go.jp/content/100923927.pdf>
 - 17 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構Webサイト「カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発」
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100170.html
 - 18 内閣府Webサイト「官民研究開発投資拡大プログラム (Public/Private R&D Investment Strategic Expansion Program:PRISM (プリズム))」
<https://www8.cao.go.jp/cstp/prism/index.html>
 - 19 内閣府Webサイト「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP: エスアイピー)」
<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>
 - 20 農林水産技術会議Webサイト「令和3年度 農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究について」
https://www.affrc.maff.go.jp/docs/project/2021/project_2021.html
 - 21 国立研究開発法人 科学技術振興機構Webサイト
<https://www.jst.go.jp/kisoken/>
 - 22 国立研究開発法人 科学技術振興機構Webサイト「ムーンショット型 研究開発事業 新着情報」
<https://www.jst.go.jp/moonshot/news.html>
 - 23 研究開発戦略センターWebサイト(海外記事検索)「『第十四次五カ年計画バイオエコノミー発展計画』を発表」(抄訳記事公開日2022年5月31日)

- <https://crds.jst.go.jp/dw/20220531/2022053132396/>
- 24 米国連邦広報Webサイト「Advancing Biotechnology and Biomanufacturing Innovation for a Sustainable, Safe, and Secure American Bioeconomy」(2022年9月12日)
<https://www.federalregister.gov/documents/2022/09/15/2022-20167/advancing-biotechnology-and-biomanufacturing-innovation-for-a-sustainable-safe-and-secure-american>
- 25 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター バイオエコノミーユニット「環境・エネルギー分野へ貢献するバイオモノづくりの展開(現状と課題)」(2020年11月17日)
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shomu_ryutsu/bio/pdf/011_04_00.pdf
- 26 経済産業省生物化学産業課「バイオ政策の進展と今後の課題について」(2023年5月12日)
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shomu_ryutsu/bio/pdf/016_04_00.pdf
- 27 経済産業省ニュースリリース「『バイオものづくり技術によるCO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進』プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画を策定しました」(2022年10月27日)
<https://www.meti.go.jp/press/2022/10/20221027004/20221027004.html>
- 28 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「グリーンイノベーション基金事業／バイオものづくり技術によるCO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」
<https://www.nedo.go.jp/content/100958435.pdf>
- 29 経済産業省「バイオものづくり革命推進事業について」(2022年12月)
https://www.meti.go.jp/shingikai/kempatsushin/shinene_sangyo/pdf/023_03_00.pdf
- 30 環境省Webサイト「身近な自然も対象に『自然共生サイト』」
<https://policies.env.go.jp/nature/biodiversity/30by30alliance/kyousei/>
- 31 環境省「生物多様性条約 COP14の主要な決定の概要」
<https://www.env.go.jp/content/900501006.pdf>
- 32 日本の生物多様性地図化プロジェクトWebサイト
<https://biodiversity-map.thinknature-japan.com/>
- 33 バイオームWebサイト
<https://biome-viewer.com/>
- 34 Food and Agriculture Organization of the United Nations Webサイト「WaPOR」
https://wapor.apps.fao.org/home/WAPOR_2/1
- 35 GLOBAL FOREST WATCH Webサイト
<https://www.globalforestwatch.org/>
- 36 氏川恵次「環境経済勘定(SEEA)の概要と国際的な整備・政策的利用状況について」内閣府経済社会総合研究所『経済分析』第206号(2023年)
<https://www.esri.cao.go.jp/jp/esri/archive/bun/bun206/bun206i.pdf>
- 37 European Commission Webサイト「Natural capital accounting」
https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/natural-capital-accounting_en
- 38 米国内務省Webサイト「Natural Capital Accounting」
<https://doi.gov/ppa/natural-capital-accounting>
- 39 環境省Webサイト 申請・手続 入札等情報 請負業務 入札公告一覧(役務)「令和5年度生物多様性見える化システム(仮称)構築に向けた要件定義書作成及び調達支援等業務〔総合評価落札方式〕」
https://www.env.go.jp/kanbo/chotatsu/chotatsu_01318.html

著者

中田北斗(なかたほくと)
野村総合研究所(NRI)サステナビリティ事業コンサルティング部シニアコンサルタント
専門はサーキュラーエコノミー、ネイチャーポジティブなどにかかわる政策、環境ビジネスの戦略立案・実行支援など