



シリーズ “世界で進むバイオエコノミー①”

## 米国におけるバイオエコノミーの展開 —ABLC Global 2018における注目企業の動き—

加藤 知彦<sup>1</sup>・藤島 義之<sup>2</sup>

バイオエコノミーとは何か？本誌『生物工学会誌』の96巻10号の談話室<sup>1)</sup>でも紹介されたが、2009年のOECDのレポート“Bioeconomy to 2030, Designing a Policy Agenda”をきっかけとして世界に広まり、現在ではおよそ50か国の国々で脱化石資源依存社会を実現するための戦略が作られている。

本解説シリーズで3回にわたり、バイオエコノミーの現状がどうなっているのか、ということについて、米国、欧州、OECDの動向について解説したい。

第1回目では、米国におけるバイオエコノミーの活動について述べてみたい。

### はじめに

米国のバイオエコノミーの取組みとしては、2012年のオバマ政権の1期目の終わりの“National Bioeconomy Blueprint”の策定に遡る。米国エネルギー省(DOE)で示されている目標では、2030年に10億トンのバイオマスを用いて化石由来燃料の25%を代替、2,300万トンのバイオ由来製品と850億kWhの電力供給、170万人の雇用を目指すという目標を定め、研究開発投資、官民のパートナーシップ、市場への移行、規制対応、政府による優先調達(BioPreferred)、人材育成といった取組みを総合的に推進することが示されている。

Advanced Bioeconomy Leadership Conference (ABLC) は、Biofuel Digest社主催で開催されており、National Bioeconomy Blueprintが発表された翌年の2013年まではAdvanced “Biofuels” Leadership Conferenceであったものが、2014年からはAdvanced “Bioeconomy” Leadership Conferenceに改称されている。改称に伴い、燃料以外の化学製品、食品、環境などもバイオエコノミーの範疇に入るようになり、現在のABLCは広範囲をカバーする。

同会議は、バイオエコノミー関連企業における最新の技術や市場情報、国や政府機関による政策動向、ファイナンスの情報提供だけでなく、こうした企業や大学・研究所のネットワークの場として位置付けられる。

本稿では、米国企業を中心とするバイオエコノミー活動について2018年11月に開催されたABLC Global 2018での動きについて報告する。

### ABLC Global 2018概要

当該イベントでは、150の機関から発表が行われるが、その多くはベンチャー企業や核となるシーズ技術を持つ大学・研究所である。当該イベントで、パートナー企業や投資家を探したいところが多く、企業トップによる非常に熱のこもったプレゼンテーションが行われる。多くは米国籍のベンチャー企業であるが、欧州籍企業もいくつか存在する。

アジェンダは公開されているため、詳細を知りたい方は同イベントのURL<sup>2)</sup>を参照されたい。今回の場合、初日は、国際エネルギー機関(IEA) Bioenergyとの連携イベントで、二日目が、ABLC単独イベント、三日目がDOEとの連携イベントとなっている。当該イベントのアジェンダから、俯瞰図を模式的に示したのが図1である。

化学品や燃料への変換技術だけでなく、農業、原料供給、サプライチェーンといった、バイオマス供給側での課題解決を目指したもの、バイオマスを有効に利用するための前処理技術、熱処理技術、それに加えて、最終製品としての食糧・栄養のセッションもあり、バイオエコノミーを総合的に実現するために多様な取組みが紹介されていることが特徴である。セッションの構成からも、バイオエコノミーの機会を利用して、大きなビジネスの

著者紹介 <sup>1</sup> 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 環境・化学ユニット (研究員)  
E-mail: katohtmh@nedo.go.jp

<sup>2</sup> 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 海外技術情報ユニット (研究員)  
E-mail: fujishimasy@nedo.go.jp

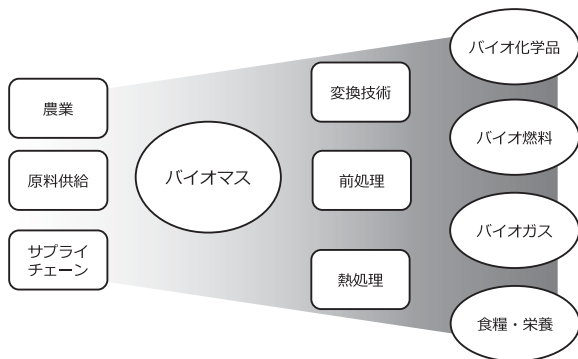


図1. ABLC Global 2018におけるセッションの構成

実現を目指す多種多様な企業が存在することを窺うことができる。当該イベントのプレゼンテーション資料は、後日参加者に提供されるため、情報収集の場としても有効に機能する。また、企業の経営層クラスのメンバーが多く出席するため、ネットワーキングの場としてもまたとない機会となる。

### 注目機関

ここからは、バイオエコノミーへの取組みを行う注目機関を紹介する。これらは筆者がABLC Global 2018において、バイオマスの利用技術や変換技術を中心に聴講した企業・大学であり、これ以外にも多くの企業の発表があったことを改めて注記させていただく。

① **JBEI (米国)** ローレンスバークレー国立研究所 (Berkeley Lab) にある Joint Bioenergy Institute (JBEI) は、バイオ燃料に関する革新的な研究を支援するための4つのDOEバイオエネルギー研究センターの1つであり、DOEの研究所や民間企業のコンソーシアムによって、産業レベルの研究開発において立ちはだかるさまざまな問題点を克服するために、基礎レベルから応用まで検討することを目的に設立されている。

JBEIは、イオン液体技術による前処理技術、バイオプロセスの遺伝子組換え技術、バイオ変換触媒の評価技術を核として有している。草本系バイオマスや木質系バイオマスなどのさまざまな原料資源に関して、前処理技術、バイオプロセス、化学プロセスから最終製品までの一貫評価技術を構築している。

JBEIの報告によると、発明の開示、特許出願、ライセンス、特許登録ともに右肩上がりで伸びており、民間企業と多様な形で連携を行っており、その数は50社にも上っている。バイオテクノロジー企業である Amyris 社が、同研究所の施設内に研究所を設けるなど、JBEI がイノベーションのハブとして、有効に機能していることを窺い知ることができる。

② **Lanzatech (米国)** Lanzatechは、一酸化炭素 (CO) と水素を効率良くエタノールに転換する菌を用い

て、中国で高炉ガスを利用したエタノール製造の商用化に成功している。この他、南アフリカ、ベルギー、インドでも商用化が計画されている。日本国内でも、積水化学と組み、埼玉県寄居町で都市ゴミからエタノールを作る実証プラントを建設している。菌の増殖性に優れるため、生産性が高いのが特徴であると報告されている。さらに、エタノールからジェット燃料の製造プロセスも有しており、バイオ燃料系の新興企業として注目の企業となっている。

③ **Anellotech (米国)** 非可食性バイオマスの芳香族骨格を利用した BTX (ベンゼン・トルエン・キシレン) の製造技術を有しており、スケールアップ実証を実現している。同社には、サントリーや豊田通商も出資している。非可食性バイオマスから熱化学変換で燃料やポリマー用の BTX を製造し、その残渣は、CO ガス原料として回収し、副産物への転換を狙っている。最終的に目標とする製品は、100%バイオマス由来の PET である。すでに、1200時間の運転を行っており、フランス企業である IFP Energies nouvelles 社に BTX のサンプル出荷を行っていると報告されていた。

④ **SIERRA Energy (米国)** ロバスト性の高い合成ガス経由の化学品・燃料の製造プロセスを開発している。バイオマスの他、都市ごみなどを対象として、50 t/日の実証に成功している。同社のコア技術はガス化装置、ガスクリーン装置、回収装置、およびそれらを運転する管理技術である。プロセスは高いロバスト性を有しており、産廃、都市ゴミ、廃家電、バッテリー、タイヤ、バイオマス、危険処理物なども処理可能としている。合成ガス由来の燃料や化学品を回収するほか、熱や電気、レアメタルなども回収して、経済性を高めたプロセスを実現している。

⑤ **VELOCYS (米国)** バイオマスや都市ごみを原料として、フィッシャー・トロプシュ (FT) 合成により、液体燃料を製造するプロセスを開発している。同社のコア技術は、ガス化と FT 合成技術である。農務省のファンドを受け、ミシシッピ州で実証プラントを動かしており、すでに20か月ほどの実証データを取得していると報告されていた。

⑥ **Ensyn (米国)** 再生可能なセルロース系バイオマス原料から、高収率でバイオクルードを生産する商業用熱変換プロセスを有している。バイオクルードは、再生可能な「ドロップイン」ガソリンおよびディーゼルを製造するためのリファイナリー原料や香料などを製造するための化学原料として利用される。リファイナリーに持っていくことで、投資コストを抑えられ、内部収益率の向上に寄与するとしている。

⑦ **VERTIMASS (米国)** バイオエタノールからの、エチレンを経由する芳香族化合物や脂肪族炭化水素製造

を検討している。DOEのバイオ系触媒の研究プロジェクトで、国研・大学・民間のコンソーシアムであるChemCatBioの成果を活用している。米国内で安価かつ豊富に存在しているエタノールを高付加価値化することで、採算ベースを高めることが可能になるとしている。

⑧ **Zymergen (米国)** 高機能バイオ化学品の高効率製造プロセスに関して、機械学習による製造実験の自動化を実現している。日本のソフトバンクなどから、出資を得ている他、ターゲット化合物は明かされていないが、多くの個別企業と共同開発を行っている。また、米国防高等研究計画局 (DARPA) から次世代材料の開発で資金提供を受けている。同社の強みは、生物プロセスに加えて、徹底的に自動化されたプラットフォーム、ビッグデータの解析技術である。

⑨ **Amyris (米国)** 発酵プロセスによって、高機能バイオ化学品とその誘導体を開発している。糖類を原料に、工業的に実績のある変成酵母で処理することで *trans*- $\beta$ -ファルネセン (farnesene) を製造し、このファルネセンを用いて幅広い特殊化学品である化粧品・潤滑油・ビタミンE・香料などを製造する。次のターゲットケミカルについて、DARPAを含めてさまざまな機関と検討中とのことであった。

⑩ **Opus12 (米国)** 同社は、スタンフォード大学発のベンチャー企業であり、CO<sub>2</sub>の電気化学的還元手法を確立し、CO<sub>2</sub>をCOに高効率に転換することを可能にした。CO以降については、DOEの資金を活用して、他企業との連携により、燃料・化学品の製造プロセスの開発が進められている。

⑪ **Avantium (オランダ)** フルクトース経由のFDCA (フランジカルボン酸) の製造プロセスを検討している。FDCAは、PET代替として期待できるポリエチレンテレフタレート (PEF) の原料になる。PEFは、PETと比較して、ガスバリア性が高いなどの特徴があり、次世代バイオポリマーとして期待されている。日本の東洋紡や三井物産とも連携して、PEFの実用化が検討されている。

⑫ **American Process (米国)** 同社はセルロースナノファイバー (CNF) のメーカーであり、従来は、CNFの単品生産であったが、経済性を高めるため、DOEからも資金援助を受けて、ジェット燃料とCNFの併産を目指したプロセスを開発している。同プロセスでは、化学変性の少ないリグニンが得られ、リグニンを利用することで経済性を高めることが可能と報告されていた。

⑬ **SWEETWATER (エストニア)** 同社の特徴は、革新的な成分分離の前処理技術である。20秒程度で前処理が完了するため、変性が少なく、発酵阻害物質などが発生しにくいのが特徴である。糖やセルロースナノファイバーやリグニン成分など、すべての成分が有効利

用できるのが特徴である。

⑭ **Bio Base Europe (欧州)** 欧州において、バイオマス利用のためのスケールアップに必要な検討をサポートする組織である。原料バイオマスから、前処理、変換 (バイオ・化学)・スケールアップに向けた実験が可能になっており、欧州におけるJBEIのような組織といえる。コンソーシアム型タイプのプロジェクトやパイラテラルでのプロジェクトのいずれでも受けることは可能とのことであった。

⑮ **POET (米国)** 同社は、米国のコーンエタノールの製造企業である。コーンエタノールは、すでにガソリンよりも安くなっている。現在は、10%程度のエタノールをガソリンにブレンドしているが、年間を通じて、エタノールを15%導入するガソリンを実現することも可能であるとしている。コーンは、品種改良や生産性の向上により、単位ha当たりの収穫量は伸びており、農地面積は増えていないことから、食糧と競合することはないと報告されていた。余剰エタノールについての売り先は米国内だけでなく、中国・ブラジル・日本などがあり、エタノール製造は今後も伸びると報告されていた。

## 俯瞰分析

ABLC Global 2018における注目機関としてあげた企業などを俯瞰したものを図2に示す。多様な製品群に対して、多様なアプローチによる検討が進められていることが分かる。一社単独では難しい部分については、DOEなどの資金を得て、他機関とアライアンスを組んで開発を進めている。

米国では、コーン由来のエタノールが豊富であり、このエタノールをガソリンにブレンドして利用する他、化学変換によるジェット燃料などへの利用についても検討が進められている。この他、米国に強みを持つ、バイオテクノロジーを利用した企業についてもさまざまな企業が存在する。特に、Zymergen社はバイオテクノロジーに加えて、機械学習といったAI・IoTを取り入れており、注目すべき企業であると考えられる。また、合成ガスの利用についても、FT合成だけでなく、発酵技術を利用した企業などで複数の経路が検討されている。さらには、こうした一貫製造プロセスを評価する仕組みとして、JBEIがイノベーションのハブとして、有効に機能するなど多様なアプローチを実現している。

こうした米国のベンチャー企業が活発であるのは、米国におけるイノベーションエコシステムが有効に機能しているからであると考えられる。図3にバイエコノミー分野における米国イノベーションエコシステムを示す。米国のベンチャー企業には、人材・技術・資金面を、さまざまな形で支える仕組みが確立されている。

大学や国立研究所が、シーズ技術の提供や優れた人材



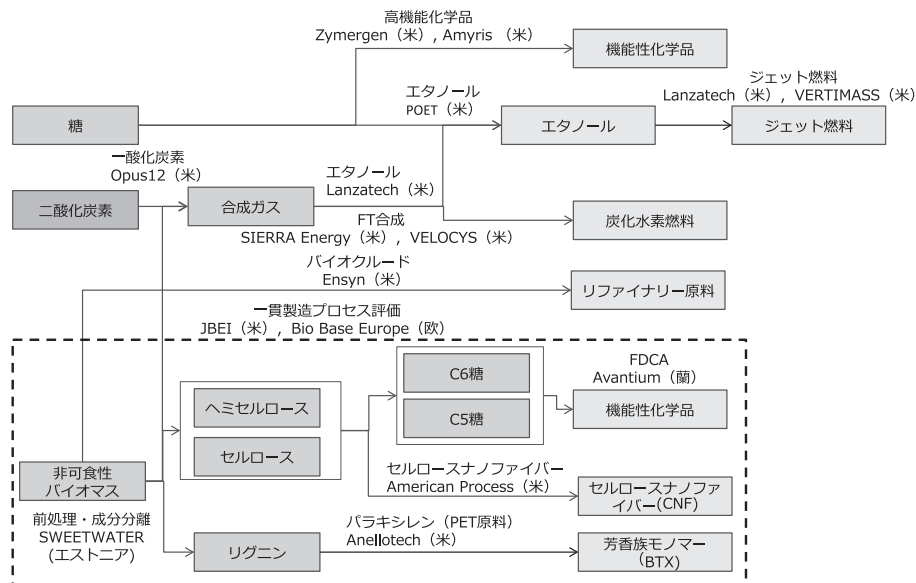


図2. ABLC Global 2018 注目企業俯瞰図

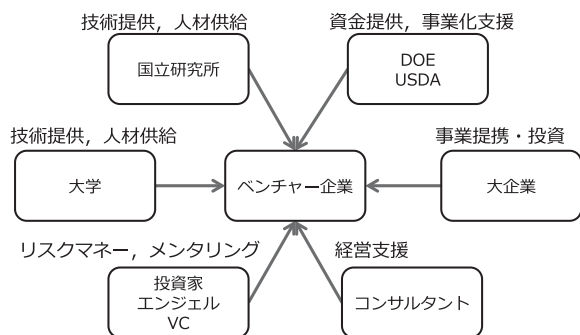


図3. バイエコノミー分野における米国イノベーションエコシステム

の供給を担い、経営面をコンサルタントが支え、DOE, USDAといった政府機関、エンジェル投資家やベンチャーキャピタルがリスクマネーの資金提供を行っている。こうしたイノベーションを支える素地がバイオエコノミーの分野を支え、低炭素社会の実現や新産業創出の新たな潮流となっていると考えられる。

また、米国は、バイオエコノミーを総合的な概念で捉え、投資家や大企業などとビジネスを実現する市場メカニズムを活用したビジネス拡大を実現しようとしている。そのため、特定の分野や技術に絞ることなく、全方位的なアプローチを取っているのも特徴としてあげられる。

### おわりに

米国ではトランプ政権になり、バイオエコノミーの活動に対する予算が削減され、DOEが掲げた目標への達成状況についても当初予定より遅れていると言われている。しかしながら、トランプ政権に異を唱える政府機関

の努力、州政府の独自の活動、バイオエコノミーをビジネス機会と捉えている野心的な企業の努力、ポストシリコン産業としての投資家の意欲が現在のバイオエコノミー活動を支えていると考えられる。

米国のバイオエコノミーは、従来ある大企業による活動もさることながら、設立から10年以内のベンチャー企業がけん引している感がある。それぞれが特化した技術を保有し、ABLCのようなカンファレンスでネットワークを作り、バリューチェーンを作っているものと見える。研究開発ステージについても基礎を得意とするもの、応用を得意とする企業など、さまざまなプレーヤーが切磋琢磨している。また、技術は囲い込むものではなく、ビジネス機会と捉えたパートナーに対しては、技術を開示して仲間を増やすことに熱心である。特に、米国はベンチャー企業が多いため、ビジネス拡大を目指した熱量が大きく、スピード感が非常に速いということも大きな特徴である。

これら米国のビジネスモデルは、日本型の大企業が基礎研究から販売まで手掛け、一気通貫で新素材を市場に出すというスタイルとは対照的なビジネス構造を持っていると言える。

意欲的な企業活動、企業と企業をつなぐネットワーキング活動については本報告の通り旺盛である。今後も米国の動向からは目が離せない。

### 文献

- 1) 藤島義之：生物工学, 96, 608 (2018).
- 2) ABLC Global 2018: <http://biofuelsdigest.com/ablcglobal/index.php/agenda/> (2019/4/24).