

バイオエコノミーの世界の議論

藤島 義之

バイオエコノミーとは何か？本誌の96巻10号の談話室¹⁾、また97巻6号²⁾および7号³⁾の解説にて紹介したが、2009年のOECDのレポート“Bioeconomy to 2030, Designing a Policy Agenda⁴⁾”をきっかけとして世界に広まっているコンセプトであり、政策、および政策を実施するためのアクションプランとなってきた。

本解説シリーズ連載の最終回となる今回は、世界におけるバイオエコノミーの議論の現状と、OECDやグローバルバイオエコノミーサミットなどの国際団体の動向や合成生物学に関する新団体について解説したい。

1. OECDにおけるバイオエコノミーの議論

OECDがレポートを出したのは2009年であったが、バイオ素材を原料とする経済活動についてはそれまでも議論が行われており、またその後もさまざまな報告書が作られ、多くの政策立案者に読まれている。

過去に遡ると、2001年の“The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability”という報告書⁵⁾や2009年の“Metrics to Support Informed Decision-making for Consumers of Biobased Products⁶⁾”，その後の“Policies for Bioplastics in the Context of a Bioeconomy⁷⁾”，2014年の“Biobased Chemicals and Plastics”などが産業のためのバイオエコノミーとして語られ、2018年には2009年の

レポートのアップデートとなる“Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy⁸⁾”が最近の総括として発表されている。

現在のOECDにおける活動では、2019～2020年のバイオ、ナノ、統合技術ワーキングパーティー (BNCT) における活動計画 (表1) においても、プロジェクト3にてバイオエコノミーの定義を定めること、また、バイオエコノミー推進のための合成生物学のインフラ整備が進められることとなっている (プロジェクト1のサブプロジェクト2)。特に合成生物学のあり方については、バイオエコノミーは単なるバイオマスの活用だけではない、という点でどのように基準を決めるか、再現性を確保するか、安全性を担保するかなどを中心に議論が進められている。

バイオエコノミーのクリアな基準ができれば各国の政策や活動を評価する基準ができることになり、より効果的な政策の導入が可能になってくる。

2. グローバルバイオエコノミーサミットについて

グローバルバイオエコノミーサミット (GBS) は2015年と2018年にドイツのベルリンで開催された世界でもっとも大きなバイオエコノミーの会議である。なぜ、ドイツがそのような会議をリードしていくのか？という

表1. OECDのBNCTワーキングパーティーの2か年計画 (2019–2020の活動計画)

プロジェクト1	プロジェクト2	プロジェクト3
統合技術に関する協調的プラットフォーム	責任あるニューロテクノロジーのイノベーション	サーキュラーバイオエコノミーの実現
1) 個別医療のためのバイオバンク、ゲノミックス ①バイオバンクと遺伝子研究のレビュー ②遺伝子発明のライセンス方法に関するレビュー 2) 合成生物学推進のためのインフラ整備 3) 統合技術のための先端材料	ニューロテクノロジー (神経工学) における責任あるイノベーションのための原則	国ごとの持続性、循環性を強調したバイオエコノミーのレビュー作成のための指標作り 過去提言のレビュー：持続可能なバイオベースプロダクトの評価

著者紹介 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

点については、ドイツのバイオエコノミーに対する長い歴史によるものと思われる。

2010年の時点でドイツはバイオエコノミー研究戦略⁹⁾を発表しており、その後2013年に国家戦略¹⁰⁾を出すという流れとなった。ドイツとしても、戦略を基に他国とどのようにコミュニケーションをとり、ドイツの成果の波及を目指すか、ということも踏まえて世界的な会合を行うこととしたものと思われる。しかしながら、ドイツの市場獲得のための手段というアプローチは取らず、20か国の科学技術エキスパートを集める国際アドバイザリーコミッティー (IAC) を作り、内容を吟味して、2015年の11月の第1回GBSに臨んだ。900名ほどの政治家、学者、役人を各国から集め、バイオエコノミーがなぜ必要かを議論した。2015年は、国連のSDGsが採択されたのが9月、COP-21でパリ協定が採択されたのが12月ということもあり、バイオエコノミーはSDGsやCOP-21に貢献する、というコミュニケを採択して終わった。

日本は第1回GBSには組織的な参加をしなかったが、第2回については経済産業省生物化学産業課を窓口として、IACにより行われる準備会合から参加し、メインの会合に2名のシンポジストと個別セッションを2つ共同企画することを任された。このような会議への対応も、主催国であるドイツとの継続的な対話が功を奏している可能性がある。第2回GBSでは、バイオエコノミーは何をするかということを中心議題として議論が行われた。

第3回のGBSについても現在、さまざまな議論が国際アドバイザリーボードにより行われている。日程は2020年11月19、20日に行うことが決まり、場所も同じくドイツのベルリンとなっている。第1、2回と異なる点は、第3回についてはドイツが単独でホストせず、パートナー国を募って共同開催したい、という意向がある点である。第3回の主な論点としては、バイオエコノミーをどのように行うか、ということがドイツのバイオエコノミーカウンスル共同議長から提案されている。

GBSの大きな特徴としては、世界をまとめる会合として40名ほどの国や地域、国際団体を代表するIACを作り、世界のためのバイオエコノミーのあり方を議論して2年に一度の国際会合に臨んでいる点と言える。そのため、バイオエコノミーを広くカバーする領域を見渡し、参加するどの地域、どのレベル (政治家、役人、企業、アカデミア) にも有用な情報を提供できる。IACメンバーはそれぞれの国や団体の代表というよりも、バイオエコノミーという新しいコンセプトを推進するうえでの、政策面、環境面、技術面、地域面など、それぞれの専門的な見地から助言を行うシンクタンクのメンバーのような

趣がある。バイオエコノミーのさまざまな国際会議で顔を見かけるようなメンバーからなっており、ハブの一つとして重要なものと思われる。

3. その他のバイオエコノミー系の会合

GBS以外にバイオエコノミーを国際的に議論しているのは主だったところで、Biofuture Platform¹¹⁾、International Bioeconomy Forum¹²⁾、International Sustainable Bioeconomy Working Group¹³⁾があるとGBS事務局は捉えている。

Biofuture Platformは2016年からブラジル政府が中心となり、主にバイオ燃料を中心とするバイオエコノミーを語る政策系の会として存在する。バイオ燃料製造のための産業、研究、関連技術を議論するが、バイオエタノールのあり方、化学産業のあり方、スケールアップのための必要技術などの政策がどうあるべきかを議論している。しかしながら、会の方向性についての議論が不十分と言う声もあり、会議のファシリテーターは今後国際エネルギー機関 (IEA) が中心となって進めることとなっている。この会議には日本は参加していない。

International Bioeconomy Forumは2016年からEUのHorizon 2020を核として進められている会議で、各国政府の研究イノベーションに関わる公的資金団体が集まって協調部分を進める議論と内容の取りまとめを行うものである。現在、EUとカナダを議長として議論が進められているが、植物の健康、森林バイオエコノミー、ICT、マイクロバイオームをワーキンググループの題材として取り上げている。欧州がGBSにならってその当時に関連する国々に声をかけて始まった会なので、規模は小さい。ワーキンググループがそれぞれの項目に対して産業化のための仕組みや研究開発イノベーションに対する公的資金投入のあり方を議論しているが、議論の規模が大きくないことから単独でバイオエコノミーをカバーするということには至らず、成果の公表の場をGBSに求めようという動きがある。この会に日本からはNEDOがオブザーバーとして第2回全体会合に参加した。

International Sustainable Bioeconomy Working Groupも2016年にFAOにより組織され開始した団体である。11か国からの公的、私的団体の参加で成り立っている。サステナブルなバイオエコノミーの定義などを決めるスタディーを2017-21のスケジュールで活動している。現在、ドイツ、OECD、EU、北欧、南アフリカ、マレーシアと議論しているがまとまってきていない。これまでに世界の50の国、地域でバイオエコノミー戦略が出されているが、その考え方が統一されていないため、定義/

基準, モニタリング, 社会的な指標を9月までにつくり議論するとしている。FAOとしてはフードファーストとしてバイオエコノミーを見ている。この会には日本は参加していない。

4. Global BioFoundry Alliance

Global BioFoundry Alliance¹⁴⁾はその前身となる会合が2018年に英国ロンドンで行われ、Allianceとしてサインして意見交換する会議が2019年5月に行われた。特徴はアカデミックな合成生物学研究者が集まって産業化に必要な要素を議論して共通領域について解決していくとすることである。

ここでの認識は、バイオエコノミーを推進するための技術はバイオテクノロジーであり、今の言葉でいうと合成生物学 (Engineering BiologyやSynthetic Biology) が牽引するものとされている。しかしながら、実験室レベルでは合成生物学は成果が出ているが、それが産業に結びつきにくいのはなぜか、ということを経験課題として解決するものとしている。この分野において英国インペリアル大学が進めるSynbicate¹⁵⁾と米国のiGEM¹⁶⁾やEngineering Biology Research Consortium (EBRC)¹⁷⁾の取組みが目につくところであるが、中国とシンガポールのプレセンスも大きく見受けられた。日本からはNEDO事業のスマートセルプロジェクト¹⁸⁾に参画している神戸大学のバイオ工学生産研究室が立ち上げ時のファウンダーとして参画している。

5. 国際団体の比較と相互の関連

バイオエコノミーを議論する国際団体として、もっとも歴史が長いものがOECDであり、GBSという独自のプラットフォームを作ったのがドイツであると言える。OECDの先進国の政府系メンバーがバイオエコノミーのための科学技術政策の企画や執行に係る材料をつくったり提供したりするという位置づけに対し、GBSは先進国以外を含め、産学官の広いステークホルダーのエキスパートがバイオエコノミーのあり方を議論するシンクタンクと見ることができる。その他の団体は比較的歴史が浅く、GBSでの議論を見て特定分野を中心とする議論を開始し、GBSのパーツ形成のために存在している感がある。現在の日本はOECDとGBSには存在感を示して参加することができているので、日本の考える理想を広めることも可能である (表2)。

OECDでは、バイオエコノミーの捉え方、その遂行のモニタリング法や、科学技術政策としての有効性、ベストプラクティスの共有といったことが議論されている。前出のGlobal BioFoundry AllianceやEBRCには、合成生物学に係るエキスパートが集まるので、それらとの連携も興味深いものとなろう。一方、第3回のGBSに向けて、ドイツのバイオエコノミーカウンシル事務局もOECDやGlobal BioFoundry Allianceに対し、バイオエコノミーを進めるためのツールとしての合成生物学の産業化などに関するセッションをやる可能性について

表2. 国際団体の比較一覧

	OECDのBNCT	GBSのIAC	Biofuture Platform	International Bioeconomy Forum	International Sustainable Bioeconomy Working Group	Global BioFoundry Alliance
加盟国	OECD加盟国	モロッコ、インド、マレーシア、フランス、英国、オーストラリア、ドイツ、中国、ブラジル、ノルウェー、ニュージーランド、ナミビア、オーストラリア、ロシア、タイ、アルゼンチン、スウェーデン、日本	アルゼンチン、ブラジル、カナダ、中国、デンマーク、エジプト、フィンランド、フランス、インド、インドネシア、イタリア、モロッコ、モザンビーク、オランダ、パラグアイ、フィリピン、スウェーデン、英国、米国、ウルグアイ	欧州、カナダ、ニュージーランド、米国、中国、インド、アルゼンチン (オーストラリア、韓国、日本がオブザーバー)	アルゼンチン、ブラジル、中国、ドイツ、イタリア、カザフスタン、マレーシア、オランダ、南アフリカ、米国、ウルグアイ	英国、デンマーク、米国、カナダ、オーストラリア、日本、中国、シンガポール
国際団体	BIAC	IICA, UNESCO, GGGI, ECLAC, SAIS, OECD, WHO	WHO, IEA, IRENA, UNCTAD, UNIDO, SEforALL	FAO, BIOEAST	EC, OECD, CIAT, SEI, UNEP, WWF, WBCSD, FAO	
議長 (中心的な国)	OECD事務局 (英国出身)	ドイツ	ブラジル→IEA	欧州とカナダ	FAO	英国、米国
日本の関与	経済産業省生物化学産業化とNEDOが参加	経済産業省生物化学産業化とNEDOが参加	参加せず	NEDOがオブザーバー参加	参加せず	神戸大学が参加、NEDOがオブザーバー参加

バイオエコノミーの国際議論の現状

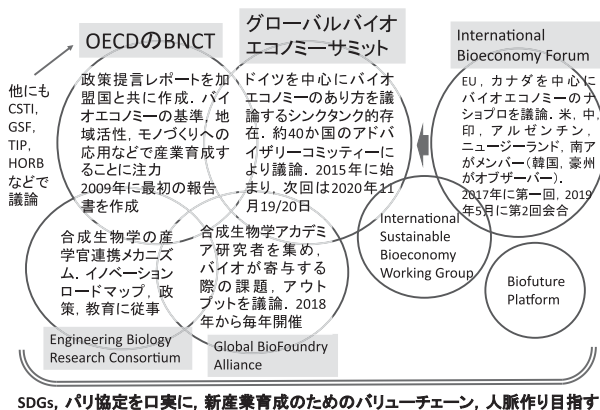


図1. バイオエコノミーの国際議論の現状

打診している。このように国際団体の連携が進むことにより、バイオエコノミーにおける合成生物学、さらにはそれを産業化するための生物工学が重要となってくる(図1)。

6. おわりに

日本は1970年台のオイルショック以降、資源の多様化、エネルギーの多様化、省エネに産学官が一丸となって取り組んできた。地域創生としても農林水産省が中心となって進めたバイオマスタウンからバイオマス産業都市、内閣府から出されたBT戦略、バイオテクノロジー戦略大綱、そして6月に出された新バイオ戦略はどれも世界のバイオエコノミー戦略と比較しても劣るものではない。

日本には麹と酵母を共生発現して造らせるお酒に関しても2000年以上、味噌や納豆も平安時代からの歴史があり、自然の力を活用することは生活と食品産業の一部となっている。また、発酵産業もアミノ酸や核酸などについて50年以上実施してきた歴史があり、年間数万トンスケールの生産をルーチンで行うことができる会社がいくつもある。日本の生物工学関連団体が本気になれば世界のどこにも負けない未来社会が作れるのではないかと考えたい。

直近では2020年に東京オリンピック、2025年には大阪万博が日本で開催される。大阪万博のテーマは「命輝く未来社会のデザイン」である¹⁹⁾。諸外国に日本の持つ技術の美しさを見せることができれば幸いである。生物工学の粋を結集して生物機能を輝かせ、脱化石資源社会の実現につながるサステナブルなバイオエコノミー社会の一端を紹介できれば日本のバイオ産業の逆襲につながられるかもしれない。万博が終わると国連SDGsのターゲットである2030年はもうすぐである。

日本にはさまざまな知恵がすべてのアカデミアの分野にある。その知恵、つまりは要素技術をバリューチェーンとしてつなぐことができれば、これまで単独ではできなかったことができるようになると思われる。バイオエコノミーとは、言い換えれば地球に負担をかけない新しいバリューチェーンを作るための各国の競争と共同作業であると捉えられる。日本も生物工学会がベースとなって議論が活発になれば幸いである。

文 献

- 1) 藤島義之：生物工学, **96**, 608 (2018).
- 2) 加藤知彦, 藤島義之：生物工学, **97**, 368 (2019).
- 3) 波多野淳一, 藤島義之：生物工学, **97**, 442 (2019).
- 4) The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264056886-en>. (2019/6/17).
- 5) The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability, <https://www.oecd.org/sti/emerging-tech/1947629.pdf> (2019/6/17).
- 6) Metrics to Support Informed Decision-Making for Consumers of Biobased Products, OECD Publishing, <https://www.oecd.org/sti/emerging-tech/42400999.pdf> (2019/6/17).
- 7) Policies for Bioplastics in the Context of a Bioeconomy, OECD, DOI: <https://doi.org/10.1787/5k3xp9rrw6d-en> (2019/6/17).
- 8) Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy, OECD, <https://doi.org/10.1787/9789264292345-en> (2019/6/17).
- 9) National Research Strategy BioEconomy 2030, https://www.pflanzenforschung.de/files/4514/7886/1937/German_bioeconomy_Strategy_2030.pdf (2019/6/17).
- 10) National Policy Strategy on Bioeconomy, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/NatPolicyStrategyBioeconomy.pdf?__blob=publicationFile (2019/6/17).
- 11) Biofuture Platform: <http://biofutureplatform.org/about/> (2019/6/17).
- 12) European Commission: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=ibf> (2019/6/17).
- 13) Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/energy/bioeconomy/en/> (2019/6/17).
- 14) Global Biofoundries Alliance: <https://www.biofoundries.org/> (2019/6/17).
- 15) SynbiCITE: <http://www.synbicite.com/> (2019/6/17).
- 16) The International Genetically Engineered Machine (iGEM) Foundation: https://igem.org/Main_Page (2019/6/17).
- 17) The Engineering Biology Research Consortium: <https://ebrc.org/> (2019/6/17).
- 18) Focus NEDO, No. 70, 特集スマートセルインダストリー, <https://www.nedo.go.jp/content/100884792.pdf> (2019/6/17).
- 19) 経済産業省： <https://www.meti.go.jp/policy/exhibition/osaka2025.html> (2019/6/17).