

第2世代バイオエタノールの商業化動向

◆2030年頃でも第2世代バイオエタノール製造は進展していない予測

近年、世界でバイオエタノールはカーボンニュートラルな原燃料として需要が増えている。現在の主用途は自動車用燃料であるが、今後はSAF（持続可能な航空燃料）用途も拡大する見込みだ。また、再生可能な基礎化学品の原料としても期待されている。

バイオエタノールの生産は米国とブラジルの2カ国で世界の7割を占める。米国ではトウモロコシ、ブラジルではサトウキビとトウモロコシが主な原料である。こうした食料や飼料にもなる農作物を原料とした第1世代バイオエタノールは、増産するには農地確保や作物の成育期間が必要で、量的な限界がある。

さらなる増産のために、ワラや茎などの農業残渣や廃木材などを原料とする第2世代バイオエタノールが注目されている。10年頃から欧米や日本などで技術開発の取り組みが盛んになり、15年前後から商用化の動きもでていた。ところが、「OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032」によると、32年においても第2世代の生産技術は未確立のため、第1世代のみの前提で、32年のバイオエタノール世界生産量は23年の1.3倍にしかならない予測となっている。

◆第2世代バイオエタノールは収益性確保が課題

世界の第2世代バイオエタノール工場の稼働状況を調べたところ、商業化した事例が6件見つかったが、半数が収益性を確保できず、工場閉鎖や稼働停止となっていた。収益性向上のためには、原材料を安価かつ安定的・大量に確保すること、また生産工程においては、前処理工程のコスト抑制や、糖化工程の酵素コスト抑制などがポイントと言われている。第2バイオエタノールは、「木質系バイオマスのリグノセルロース構造を一部破壊する前処理→糖化→糖にならないリグニンの分離→発酵」というプロセスで生産する。前処理工程は、第1世代には不要であるが、第2世代には糖化や発酵工程での収率向上に関わる重要な工程である。また酵素を使った糖化法では、第1世代と同じ糖化設備を利用できるが、でんぷん用の酵素は利用できないため、酵素調達価格が高くなるケースが多い。

ハイライト

稼働中の3社のうち、2社はブラジルでサトウキビ畑の農業残渣を原料としており、規模が大きい。まず、グリーンテック企業のGranbioは、工場のあるアルゴラス州で原料のサトウキビのワラなどの農業残渣を回収する物流システムを構築し、前処理技術にも強みを持つ。またバイオリファイナリー技術・知的財産権を持つAmerican Processを買収したことで、技術力強化による生産効率向上が期待されている。さらに、22年には農業技術開発のNuseedとバイオエタノール原料用のエネルギーサトウキビの共同開発に合意している。

ブラジルのもう1社は、大手バイオエタノール企業のRaizenであり、第2世代バイオエタノール生産に貯蔵施設などの第1世代用の設備を一部利用できるほか、原料が自社の農業残渣というメリットが大きい。

残る1社はイタリアの化学企業Versalisで、20年にイタリア北西部の町、クレシェンティーノで第1世代バイオエタノールを使った医療用消毒剤の製造を開始している。第2世代の生産は、22年に同サイトで、バイオサイエンス企業のDCMから取得した酵素技術と自社の製造技術とを統合して開始した。この工場はバイオマス発電による電力と副生物のバイオガスによる蒸気をエネルギーとし、また工程で使用する水をリサイクルするなど、持続可能性を高めている。

世界の主要「第2世代バイオエタノール」生産工場

【稼働中】

企業名	工場所在地	稼働年	生産能力/年	主な原料	備考
Granbio	ブラジル アラゴアス州	2014年	8万2千 キロリットル	サトウキビのわら、 バガス（搾りかす）	2019年、バイオリファイナリー、バイオ燃料などの分野の技術と知的財産権を持つAmerican Processを買収。
Raizen	ブラジル サンパウロ州	2015年 第一工場 2024年 第二工場	11万キロリットル	サトウキビのわら、 バガス（搾りかす）	Shellとブラジル製糖・バイオエタノールCosanとの合併企業。2026年までにさらに2工場拡大を発表。
Versalis	イタリア クレシェンティーノ	2022年	2万5千トン （約3万2千 キロリットル）	リグノセルロース系 バイオマス	独自プロセス技術PROESAとDSM（バイオサイエンス）から買収した酵素技術を統合して商用化に成功。

【工場閉鎖、または稼働停止】

企業名	工場所在地	稼働年	生産能力/年	原料	備考
POET-DSM	米国 アイオワ州	2014年稼働 →2019年停止	2千万ガロン （約7万6千 キロリットル）	トウモロコシ茎葉	POET（エタノール製造）とDSMの合併。米国発の商業化であった。米国環境保護庁の再生可能燃料の輸送燃料に対する最低添加義務量（RVO）引き下げで需要減。運用効率を見直すために停止と発表。
St1	フィンランド 3施設	2017年稼働 →2023年閉鎖	—	おがくず、木くず	原料の安定的確保、収益性向上の目的が立たず閉鎖。
Clariant	ルーマニア ポタリ	2022年稼働 →2023年閉鎖	5万トン （約6万3千 キロリットル）	農業残渣	Shellと複数年のオフテイク契約をしていた。

※生産能力の（ ）内はキロリットル換算した参考値。

（各社ホームページ、ニュースリリースよりARC作成）

◆日本は大手製紙が中心となって2030年頃商用化に向け実証段階へ

日本では第2バイオエタノール工場の商業用設備稼働の事例はまだなく、大手製紙が中心となって、27～30年の商用化を目標に技術開発や実証に取り組んでい

ハイライト

る。デジタル化などの影響で国内の紙の需要は減少傾向であり、製紙業界は豊富なパルプを活用して、バイオリファイナリー分野への事業拡大を図る方針である。大手製紙企業は、古紙や廃木材、自社社有林の木材など原料を安定的に確保可能なこと、また、前処理工程はパルプ製造工程を活用できることなどの強みがある。各社の取り組みをみてみると、バイオエタノールの製造のみならず、バイオ由来の樹脂材料、食品、医薬品などの原料になる製品も同時に生産するプロセス技術開発の取り組みも行っている。

王子製紙は24年度後半稼働予定の実証プラントで、木質パルプ由来のエタノールと糖液の生産に取り組む。糖液は繊維、ゴム、プラスチックなどの原料や食品、医薬品にも活用できる。大王製紙は単一設備で、エタノール、化粧品や食品用途に利用可能なアミノ酸、生分解性のあるバイオ樹脂原料を生産する実証に取り組んでいる。日本製紙も、詳細の発表はないが、バイオエタノール製造で副次的に発生するCO₂や発酵プロセスの残渣の有効利用に取り組むとしている。

製紙業以外では、24年3月にTOPPANとENEOSが古紙を原料としたバイオエタノールの製造実証を開始すると発表している。TOPPANはリサイクルが難しいとされる防水加工された紙やノンカーボン紙などの難再生古紙も前処理工程で原料化する技術を持ち、ENEOSは製造工程で原料をつぎ足しながらエタノールを抽出できる製造効率の高い連続生産プロセス技術を持つ。両者で高いコスト競争力のある国産バイオエタノールの生産を目指す。

【石井由紀】

日本国内の「第2世代バイオエタノール」生産に向けた動き

企業名	所在地	稼働年	生産能力/年	原料	備考
王子製紙	鳥取県 米子工場	2024年度後半 実証プラント稼働予定	1千キロリットル	木材	木質由来の糖液とエタノールの製造実証に向けてプラント建設中。糖液はプラスチックやゴム、繊維、燃料の原料に、エタノールはSAFの原料とする。木材パルプを糖化する酵素を高効率に回収して再利用する独自技術を持つ。
	—	2030年量産目標	10万キロリットル		
大興製紙 (レンゴー子 会社)	静岡県 富士市	2027年目標	2万キロリットル	廃木材	SAF用途。2024年2月、NEDO事業で第2世代バイオエタノールの生産実証事業開始を発表。2024年3月、レンゴーが業務提携先であり、廃木材に適した糖化酵素の開発・製造技術を持つbitsを買収を発表。
日本製紙 住友商事 GEI	—	2027年目標	数万キロリットル	木材	2023年2月、国内初のセルロース系バイオエタノール商用生産およびバイオケミカル製品への展開に向けた協業について3社で合意。GEI (Green Earth Institute) は東京に本社を置くバイオリファイナリー企業。
TOPPAN ENEOS	—	2026年 実証プラント稼働予定 (2030年以降事業化)	300リットル	古紙	2024年3月 古紙を原料とした国産バイオエタノール事業化に向けた実証事業開始を発表。TOPPANの難再生古紙を前処理するプロセスとENEOSの高効率な連続生産プロセスを組み合わせる実証運転を実施し、2030年度以降の事業化を目指す。
大王製紙 GEI	—	(2030年までに 技術確立)	—	古紙	2社でNEDO事業「製紙産業素材を活用したバイオ燃料・樹脂原料等の商用生産に向けた研究開発・実証」に2024年から本格的に取り組む。単一設備で複数の化成原料の生産が可能な設計プロセスを取り込んだ実証を実施。

(各社ホームページ、ニュースリリースよりARC作成)