

## 《 講演 4 》

### バイオリファイナリー産業の実現へ向けて

(財) 地球環境産業技術研究機構  
理事・バイオ研究グループ  
グループリーダー  
湯川 英明

#### 1. はじめに

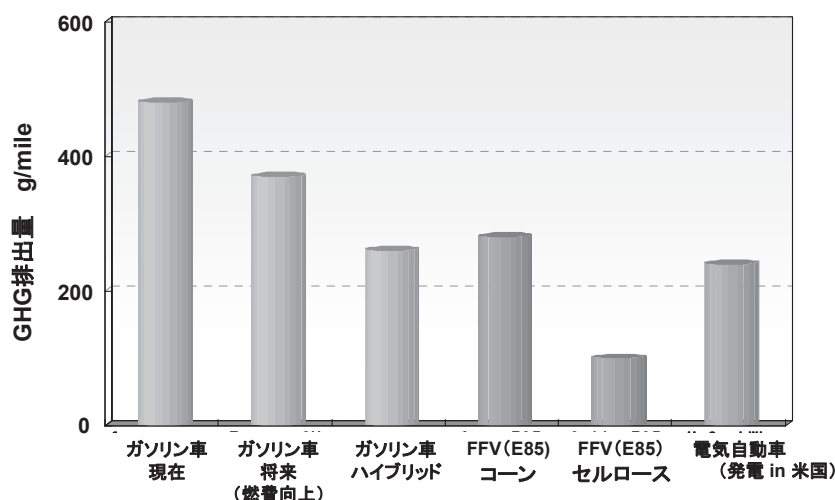
バイオリファイナリーは、数年前に米国エネルギー省により作られた新規造語であり、バイオマス資源からの化学品・エネルギー製造に関する技術、新規産業を意味している。提唱された当初は、米国内においてもオイルリファイナリーとの対比程度の位置付けであったが、最近では米国を含め各国において、広く産業界やメディア等に認識されている。

米国では 1990 年代より“バイオリファイナリー”の概念は、21 世紀の革新技术として IT と並び、国家戦略として技術開発が強力に推進されてきた。IT 産業は周知のごとく大きく開花したわけで、今まさにバイオリファイナリー産業が黎明期を迎えたのが米国の状況である。IT 産業の発展にはベンチャー企業の活躍が大きく貢献したが、バイオリファイナリー分野においても、すでに多くのベンチャー企業が誕生し、それら企業群への各種ファンド等の単年度の投資総額は、IT 関連企業へのそれを上回っているとされる。

本講演ではバイオリファイナリー産業の黎明期の現状と今後の展望を述べ、併せて RITE における研究開発の状況も紹介したい。

#### 2. バイオ燃料：Take off を迎えるセルロース・エタノール

近年のバイオ燃料の生産急増は、食料・飼料作物の価格高騰を永続させる要因との指摘や、栽培地拡大による環境破壊など、現状バイオ燃料の負の側面は強く認識されている。このような状況に対し、非可食資源である農産廃棄物やエネルギー作物（スイッチグラス等）に由来するセルロース類を原料とするバイオ燃料製造は、食料との競合を回避・軽減し、さらに、LCA（Life Cycle Assessment）評価からも二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出削減に高い効果が示されるなど、クリーンな燃料として期待されている（図 1）。



出典: DOE(Argonne National Laboratory) GREETモデル

図 1 自動車の技術別 GHG 排出量

セルロース原料のバイオ燃料の嚆矢はエタノールであり、2011年から2012年にかけて、少なくとも10を超える企業でデモ生産が計画されている（表1）。

表1 セルロースエタノール実証計画 in 米国

企業	生産開始時期	醗酵方法	生産規模 (万kL/y)	酵素供給元	微生物
POET (Broin)	2011 → 2011	C5C6同時	9.5	Novozymes	<i>Z. mobilis</i>
Vercipia (Verenium/BP)	2010 → 2012	2段発酵	13.6	自社酵素	<i>E. coli</i> KO11 <i>K. oxytoca</i> BW34
BP (Verenium)	2009 → 2009	2段発酵	0.6		<i>E. coli</i> KO11 <i>K. oxytoca</i> BW34
Mascoma	2009 → 2012	CBP	7.6	Genencor, 自社酵素	Yeast Thermophilic anaerobe
Bluefire Ethanol Inc.	2009 → 2012	C5C6同時	7.2	酸加水分解	Yeast
Abengoa	2011 → 2012	2段発酵	4.4	Novozymes, Genencor, Dyadic, DSM	
DuPont Danisco Cellulosic Ethanol	2012 → 2010	C5C6同時	0.1	Genencor	<i>Z. mobilis</i>
American Energy Enterprises	2010 → mid 2010	C5C6同時	5.7	酸加水分解	Yeast
Pacific ethanol	2009 → 4Q, 2010	2段発酵	1.0	Novozymes	Yeast Thermophilic anaerobe
KL Energy / Western Biomass Energy	2007 → 2008	C6のみ利用	0.6	Novozymes	Yeast

### 3. 拡大するバイオリファイナリー産業：グリーン化学品

バイオ燃料生産量（エタノール生産とともに、パームオイルや植物油由来のバイオディーゼルの生産）の近年の急拡大は、世界規模の食糧価格の高騰、熱帯雨林等の環境破壊を誘発し大きな批判を招いている。この影響は、バイオプロセスによる化学品生産にも及んでいる。すなわち、バイオ化学品製造においても、非可食バイオマス資源からの製造が必須との企業判断となった（図2）。食糧価格の高騰以前においては、膨大なバイオマス量を必要とするバイオ燃料は非可食バイオマスからの製造が将来は必須であるが、バイオ化学品は量的にも少ないことから、澱粉等の食料資源の転用も問題は少ないとみられていたのである。当然のことながらバイオ化学品製造においてはより高度の技術開発が求められるのであるが、バイオリファイナリー産業の観点からはより大きな産業規模となることから、今後の重要性は確実に高まるとみなされている。バイオプロセスによる化学品の名称も、バイオ化学品という言葉より、最近では、“グリーン化学品”の名称が定着している。

グリーン化学品分野においては、対象とする製品は、当初はDu Pontのプロパンジオール生産計画に代表されるごとく、既存の石油化学プロセスでは経済性を有するコストでの製造が困難な製品群であった。これに加えて、1～2年前からの新しい動きが、“石油化学からグリーン化学への変革”である。当初のファインケミカルズ分野から、化学品全般のグリーン化が重要視され、プラットフォームとして、C2化学品はエタノール、C3化学品としてプロパノール、C4化学品としてブタノール類、さらに、今後は各種カルボン酸、アミン類、芳香族類が期待されている。

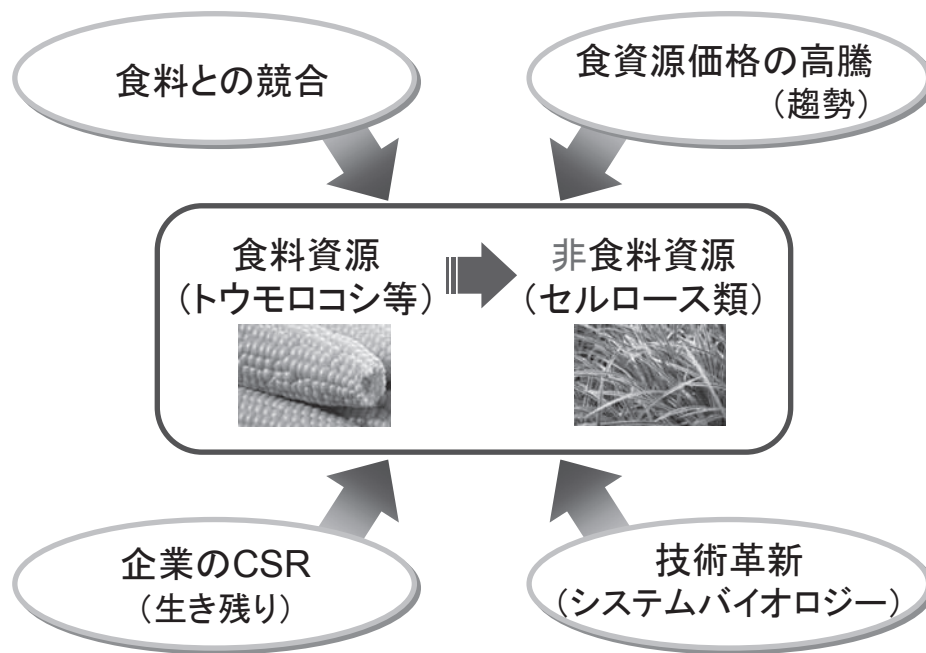


図2 非食料資源へのシフト現象

#### 4. おわりに

バイオリファイナリー分野における世界レベルの技術開発競争は、激化・拡大し続ける。我々はこれまでに、コリネ型細菌を用いた、新規コンセプトに基づく高生産性バイオプロセス「RITE バイオプロセス」の基盤技術を確立している。この技術をベースに企業との共同技術開発による、バイオリファイナリー産業の早期実現を図るべく努力していきたい。