

## 米国のバイオプロセス関連シンポジウム

### 「39<sup>th</sup> Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals (SBFC)」概要紹介

徳安 健

#### 1. はじめに

標記シンポジウムでは、今年もバイオプロセスに係る最先端研究発表が行われる (<https://sim.confex.com/sim/39th/meetingapp.cgi>、2017年2月22日付)。日本人研究者の発表者は、現時点で、大学、研究機関及び企業からの数名となっている。本稿では、SBFCの活動を紹介し2017年大会のプログラム概要を示す(要旨もHPから読めます。)。本年は、約90件の口頭発表と300題を超えるポスター発表が行われることとなる。公式にはポスター発表は締め切られているが、事務局と交渉してでも、最新情報を収集・発表する機会を是非生かして頂きたい。

#### 2. 本シンポジウムの概要

##### 1) 運営体制

2017年5月1~4日にサンフランシスコでの第39回目の開催となるSBFCは、米国工業微生物・生物工学会が主催する世界最大規模のバイオプロセス関連シンポジウムとして、毎年、4月下旬~5月上旬に米国内で開催されている。前回の2016年度大会では、米国エネルギー省(DOE)エネルギー効率・再生可能エネルギー局に加えて、ノボザイムズ、メガザイム、アドバンスバイオ、アイオジェン、YSI、カツェン、デュポンが後援している。

##### 2) 参加者の顔ぶれ

DOE傘下のバイオプロセス研究機関として、米国再生可能エネルギー研究所(NREL)、オークリッジ国立研究所(ORNL)、グレートレイクス・バイオリサーチセンター(GLBRC)、バイオエネルギー・サイエンスセンター(BESC)、ジョイント・バイオエネルギー研究所(JBEI)の研究者が集合し、米国プロジェクトの最新成果を発表する場となっている。また、米国農務省(USDA)傘下の農業研究部局(ARS)研究機関からの参加もみられる。本会では、世界最先端の取組として、米国内外で長くバイオマス糖化・発酵工程を研究してきた、Bruce Dale教授、Jack Saddler教授、Charles E. Wyman教授、Thomas W. Jefferies教授、Guido Zacchi教授、Lonnie O. Ingram教授、M. R. Ladisch教授、Michael E. Himmel教授、Liisa Viikari教授、Peter Biely教授らが、現在もその活性化に貢献する。北欧からの参加者も多く、主に木質原料の前処理・糖化、LPMO研究等の議論に貢献している。米国外からは、欧州、南米諸国、中国、韓国及び日本を中心に、重鎮から若手学生まで多くの参加者が集い、近年は600名を超える参加者で盛り上がる。

### 3. 2017年度のプログラム概要

(著者仮訳。専門用語、略語等の意味は上記 HP でご確認ください。)

\*\*\*\*\*

#### 【5月1日（一日目）】

セッション1：前処理1 ー細胞壁改変と変換工程へのインパクトー

- ・持続的バイオエコノミーへの移行：イオン液体処理によるセルロース系バイオリファイナーの経済性解明
- ・BS か no BS か ー堆肥からのエタノール製造
- ・前処理によるバイオマスと水の相互作用変化が高基質濃度効果を弱める：高基質濃度下での酵素加水分解により適した前処理に向けて
- ・天然または変異型のポプラを熱化学的前処理に供した際の構造・形態の in-situ 中性子散乱法による解析
- ・*Clostridium thermocellum* によるスイッチグラスの生分解に対して4種類の前処理が及ぼす効果
- ・2D T<sub>1</sub>T<sub>2</sub> <sup>1</sup>H-NMR によるリグのセルロース系バイオマスの前処理が構造・化学組成に及ぼす影響の解明
- ・ポプラ及び麦わらに対する水熱処理がリグニンとヘミセルロースの化学構造に対して異なった効果を及ぼす

セッション2：バイオプロダクト1 ー糖及びリグニンからの化成品と高分子ー

- ・バイオ燃料と化成品の製造のための *Zymomonas mobilis* の改変
- ・*Clostridium autoethanogenum* のガス発酵型株の代謝工学による多様な原料からの低炭素燃料と汎用化成品の製造
- ・代謝工学的に改変した *Escherichia coli* による芳香属化合物の高効率製造
- ・高品質炭素繊維のためのリグニンの生物学的分画と改変
- ・ユーカリ及びサトウキビ由来のリグニンを用いた最高の高分子化合物
- ・多様な広葉樹剤を用いて3種類の低分子化工程を適用した場合の芳香族モノマーの最高収率を決定するリグニンの特性について
- ・コーンストーバーでは、再生可能燃料基準（RFS）における量と温室効果ガス削減値の要求を同時には満たせない

ポスターセッション1

(現時点で163件、詳細はHP上でご確認ください。)

\*\*\*\*\*

#### 【5月2日（二日目）】

セッション3：バイオプロセスと分離

- ・パイロット規模での実証試験から技術開発者が学べる／学ぶべきこと
- ・リグノセルロース系バイオマスの加水分解時における力学の役割
- ・バイオマスの加水分解時及び脱水時における触媒性の膜
- ・セルラーゼ製造糸状菌の好氣的発酵におけるスケールアップのためのスケールダウン
- ・バイオリファイナリー残渣のリグニンからのジェット燃料製造時における技術経済性評価
- ・コーンストーバーの生物変換工程における重要なプロセスパラメーターのリアルタイム解析のためのオンライン近赤外・誘電分光分析
- ・D3 RIN (Renewable Identification Number) のジレンマ – 管理下に置かれた繊維質及び定量困難性

#### セッション 4：前処理 2 – リグニン及びリグニン製品の操作 –

- ・リグニン由来の深共融溶媒によるバイオマス前処理
- ・イオン液体を用いた前処理・加水分解工程、そして生成物及びイオン液体の回収と精製工程との統合
- ・イオン液体、希酸、水蒸気爆砕及び AFEX 法で前処理したコーンストーバーを用いた、分解抵抗性を示すオリゴ糖蓄積に関する比較研究
- ・スイッチグラスバイオマスの高付加価値化のための先進的二段階オルガノソルブ前処理法
- ・イオン液体中でのリグニンの触媒的酸化及び低分子化
- ・木質系バイオマスを用いた糖及びリグニンの変換系の最適化のための金属触媒による酸化的前処理法
- ・バイオリファイナリー構想内でのリグニンの位置づけ：挑戦かあるいは好機か

#### セッション 5：酵素 1 – 酵素工学と特性解析 –

- ・野生型酵素の広域スクリーニング及び蛋白質工学による改良型 AA9 酵素の開発
- ・LPMO の反応機構に関する新たな考察
- ・*Pleurotus ostreatus* 由来の LPMO の異種宿主による生産とリグのセルロースの分解における機能の解明
- ・糸状菌における統合的な多機能セルラーゼ系の構築、生産と機能評価
- ・非セルロソーム型セルラーゼ複合体の構成成分の同定と解析
- ・C1/5/6 バイオリファイナリーのためのデザイナーナノスケール蛋白複合体
- ・極限環境でのセルラーゼ機能改良：温度と阻害のバリエーションに打ち勝つ

#### セッション 6：バイオプロダクト 2 – エタノールを超えて –

- ・油脂蓄積酵母によるバイオマスからの脂質製造

- ・バイオによる 2-ブタノール製造工程の開発
- ・バイオによるトルエンの製造を可能とする新規細菌性酵素（フェニルアセテート脱炭酸酵素）の発見
- ・バイオ由来化成品製造のための高収率発酵とフレキシブル触媒とのカップリング
- ・糸状菌と細菌の連携によるセルロース系バイオマスからの乳酸製造統合バイオプロセス
- ・アップフロー嫌気性汚泥床反応装置でのホエーからのカプロン酸生産
- ・藻類バイオマスからのバイオ燃料とバイオ製品の生産のための統合プロセス

## ポスターセッション 2

（現時点で 149 件、詳細は HP 上でご確認ください。）

\*\*\*\*\*

### 【5月3日（三日目）】

#### セッション 7：原料 1 –植物細胞壁化学のインパクト–

- ・ 2016 Billion-Ton の報告及び原料混合における重要な前提が及ぼす影響
- ・バイオマス原料の分解と付加価値化を改善する遺伝子工学の戦略
- ・分解抵抗性が低減した COMT 発現量抑制スイッチグラスを 4 年間栽培した際のリグニン構造の変化
- ・ポプラのバイオマスの微生物による加水分解は、植物細胞壁構造におけるセルロースとリグニンの共存によって制限を受ける
- ・バイオマス中の多糖組成を最適化する
- ・ケナフ、スイッチグラス及びバイオマス用ソルガムと比較した際の工業用麻のバイオ燃料・バイオ製品への変換特性
- ・多様な原料の比較研究によるヘミセルロース高含有率の原料並びに微生物によるバイオ燃料製造に影響を及ぼすヘミセルロース分解阻害物の同定

#### セッション 8：菌株 1 –開発、特性解析及び応用–

- ・リグノセルロースからのバイオ燃料と再生可能化成品を製造するための油脂蓄積細菌 *Rhodococcus jostii* RHA1 の代謝改変
- ・ *Clostridium thermocellum* への耐熱性の高エタノール生成経路の導入
- ・油脂蓄積酵母 *Lipomyces starkeyi* の遺伝子工学的有用性を増すための有効なプロモーターの特性解明
- ・ *Ralstonia eutropha* H16 及び *Pseudomonas putida* KT2440 における芳香環代謝及びバイオ燃料製造の連結
- ・発酵的レドックスバランスによる *Escherichia coli* の内在性 2, 3-ブタンジオール経路の選択

- ・生澱粉をエタノールへ変換する澱粉分解系統合バイオプロセス用酵母
- ・D-キシロース発酵酵母からの新たな糖トランスポーターのクローニング

セッション 9：特別講演 —IEA Task 39 との共催— 先進バイオリファイナーの商用稼働に向けた取組の進捗状況

(詳細未定)

セッション 10：特別講演 —ハイブリッドテクノロジー—

- ・ガス発酵：大規模なゴミから有価物への変換
- ・天然ガスの生物変換：商業的に魅力があるガスから液体技術へ
- ・メタンの生物変換によるものづくり：バイオガスからバイオポリマーへ
- ・多段階発酵の統合とスケールアップ
- ・新たな Vertimass 社の触媒：エタノールからの再生可能ジェット、ディーゼルとガソリンブレンド製品そして高付加価値副産物の製造

\*\*\*\*\*

【5月4日（四日目）】

セッション 11：バイオプロダクツ 3 —多様なプラットフォーム—

- ・改変型のメタン資化性生体触媒を用いた天然ガスからの工業製品製造
- ・1, 3-プロパンジオール製造強化のための炭素パルスによる *Lactobacillus diolivorans* のレドックス基幹系の改変
- ・油脂蓄積酵母 *Rhodospiridium toruloides* による高効率なテルペノイド系バイオ燃料の製造
- ・セルロース由来の製品と燃料に対して真剣に取り組む。セルロース系原料からの再生可能化成品を作るため製造工程規模のプロセスを開発するため、Amyris 社、Renmatix 社、Total New Energies USA 社と DOE が連携したメガバイオ共同開発を紹介、
- ・抽出的発酵工程の開発による *Megasphaera elsdenii* の揮発性脂肪酸生産強化
- ・極限性好塩菌 *Haloferax mediterranei* を用いた PHA 生産における窒素の影響
- ・嫌気性混合栄養微生物を用いたバイオケミカルとバイオ燃料の収率向上

セッション 12：菌株 2 —合成・システム生物学—

- ・代謝工学への適用のための、頑強で再現性がありハイスループットで定量的なプロテオミクス解析手法の開発
- ・モデリング情報に基づくエンジニアリングによって、シアノバクテリアのリモネン生産を効率化できる
- ・合成オルガネラ経路でのテルペン生合成と貯蔵の共区分化
- ・無細胞系での代謝工学によるリグニンの高付加価値化の加速

- CRISPR/Cas9によるゲノム編集と *Yarrowia lipolytica* の迅速なエンジニアリングのための遺伝子制御ツール
- *Hypocrea jecorina* のための有効性が高く定量が容易な多種蛋白質生産プラットフォーム
- *Yarrowia lipolytica* の脂肪酸応答エレメントの発見と菌株改変と動的制御を可能とする精密制御された脂質応答プロモーターの構築のための活用

#### セッション 13：酵素 2 – 相乗効果と構造機能相関 –

- LPMO を含むセルラーゼ製剤による効率的セルロース糖化のためのプロセス条件の最適化
- LPMO による光誘導型の糖酸化 – 機能性と加水分解酵素との協奏作用 –
- バイオマス分解時における AA9 酵素とセルラーゼとの協奏的相互作用のメカニズムに関する考察
- ポリフェノールオキシダーゼにより活性化されたリグニン構成単位が酵素的な多糖酸化を促進する
- *Trichoderma reesei* 由来 Cel7A の糖結合モジュールの分子改変
- *Trichoderma reesei* 由来 Cel7A の O-グリコシル化の役割解明
- 酵素投入量低減と加水分解効率化が可能な酵素カクテル設計のための、広葉樹（アカシア及びポプラ）の分解時におけるセルロース分解酵素とキシラン分解酵素の両コアセット間の協奏作用

#### セッション 14：原料 2 – 生育、収穫及び加工処理のインパクト

- 品質改良された原料のコスト：どこまで良ければ十分なのか？
- 糖とエタノールへの変換のためのスイッチグラスの圃場での生産性
- スイッチグラス由来加水分解物の発酵性に及ぼす収穫日の影響
- コーンストーバーの品質変動と前処理条件に及ぼす影響
- 原料混合が原料供給と生物化学的変換時における効率に及ぼす影響
- 熱化学的変換時における原料特性制御のための原料調合
- 草本系原料の収集、輸送と加工のための一連の先進的供給設備の構築と実証

\*\*\*\*\*

#### 4. おわりに（著者所感）

SBFC では、原料、前処理、糖化、発酵の各要素工程、そしてその統合システムに関して、多岐に亘る研究成果が発表される。そのような中で、多くの参加者の興味をひく斬新な成果が口頭発表演題として選抜される。また、セッションのタイトルも時代の変化に対応して少しずつ変わっている。2016 年大会では、口頭発表の全 20 セッションのうち、プロセス関連が 3 セッション、そして製造物関連が 4 セッション開催

された。今年は、総数を 14 セッションに減らしつつ、ほぼ全セッションで生物工学的成果を前面に出すとともに、「天然ガスの発酵変換」、「エタノールから炭化水素へ変換」のような先進的取組も紹介している。この変化は、本会の基本的役割でもある、「バイオテクノロジーの潜在力への強い期待を思い出させる」ための、主催者側からのメッセージとも読み取れる。

バイオマス分解酵素に関しては、本年度も LPMO がホットである。国内地域でのバイオプロセス構築時にも、LPMO を含む高性能なバイオマス糖化酵素の供給がコスト低減に及ぼす効果は大きい。担子菌は多数の LPMO を持ち、担子菌研究は日本人が強みをもつ。国内外の多くの研究者が LPMO を扱う中で、誰が革新的糖化技術を世に出すのか期待したい。また、発酵研究では、具体的な代謝工学研究成果や油脂蓄積微生物に係る発表が目立ち、好熱菌、好塩菌などの極限微生物に係る成果発表も散見する。これらの発酵生産・代謝制御技術も日本が強い。バイオエコノミーという掛け声の下に有価物発酵生産のもつ潜在力に注目が集まる中で、世界をリードする好機とも思える。