

2004年

## 5. Green Chemistry & Engineering Conference (USA;第8回)

アメリカの第8回 GC&E Conference が、6月29、30日に大統領賞表彰と同じくワシントンで開催された。口頭発表が7セッション20件、ポスターが26件であった。主な発表とその要旨を以下に紹介する。

### 1) From Bench top to Commercialization

エチレンプロセスの省エネルギー・グリーン化(グリーンオレフィンプログラム)

M.J.Foral ら (BP Petrochemicals、Aspen Technology)

BP では既に温室ガスの排出を90年基準で10%削減する事に成功しているが、10年後の水準を現在並に維持する方針で各種プロセスのエネルギー消費を改良すべく全社で検討を進めている。本発表では、Aspen Tchnology と共同してアメリカ政府(DOE、Office of Industrial Technology)の補助に基づいてエチレンのエネルギー原単位を最新技術ベースで15%削減する事を目標に検討している「グリーンオレフィン」プログラムを紹介し、問題点を明らかにする。(詳細内容は印刷物になっていない)

メタロセンによる自動車用ポリオレフィンエラストマーの開発

A.Rice, L.Weaver (DuPont Dow Elastomers)

Dow が開発したメタロセン触媒 INSITE 技術によるポリオレフィンエラストマーENGAGE は、Bush 大統領から2002年のNational Medal of Technology を贈られた。

DuPont Dow Elastomers 社は96年に設立され、INSITE 技術のライセンスを受けてエラストマーEngage とゴムNordel を生産しており、累積で10億ポンド以上を自動車から靴にいたる用途に供給してきた。

自動車用途として、まず軽量化のためにバンパーへの採用があり、次いで内装用にコストならびに環境負荷削減に加えて美的見地(デザイン)からの採用が実現している。ABS やポリカーボより10-15%軽量化できデザインの自由度も高まるTPOが用いられてきている。デュアルカラーや木目、皮革調などを低コストで実現している。また、軟質塩ビの置換えも行われる様になっている。可塑剤の添加を要しない等のメリットがある他、機械的物性、リサイクル性、コスト等でもメリットがある。

### 2) CO<sub>2</sub> プロセスの工業化

超臨界連続反応器

B.Walsh, J.R.Hyde, M.Poliakoff (Univ. of Nottingham)

ノッティンガム大学は超臨界CO<sub>2</sub>固定層連続反応器を設置して研究を行ってきたが、その自動化を行い、さらに水素の精密供給を可能とした。

CO<sub>2</sub> 利用マルチプラントの統合化

R.W.Pike ら (Louisiana State Univ. 他)

### 3) Sustainability Partnerships

Green and sustainable manufacturing : meeting the challenge

M.P.Wilkinson (Crystal Faraday Partnership)

Crystal Faraday Partnership は英政府の Faraday プログラムの一環としてグリーンケミストリーに関連する技術移転を推進する機関である。Sustainable Manufacturing Protocol を定めて、グリーンケミストリー技術のロードマップ作成のために提供している。(発表では protocol の概要を説明する、とされているが、内容不詳である)

Value through action : 持続可能な発展と副製品シナジー(BPS)プログラム

A.T.Mangan (U.S.Business Council for Sustainable Development)

By-Product Synergy (BPS)とは、副生物或いは廃棄物を産業間で資源として有効利用することにより持続可能性をたかめることである。U.S.BCSD は持続可能な発展の実現のために産業間協力のプロジェクトを推進する NPO で、WBCSD のメンバーとして BPS 推進を主要な活動の一つとしている。最近のプロジェクトに Gulf BPS project があり、Dow を中心に DOE、EPA の援助でテキサスとルイジアナにある Dow の工場の副製品の有効利用を推進している。

### 4) Small business applications

第3世代の木材保存剤の開発

R.F.Stockel 他 (Novaflex Technologies、USDA Forest Service)

アメリカだけでも2000年一年に4.9億ft<sup>3</sup>以上の木材が消費され2.3億ポンドを超える有毒な保存剤(主としてヒ酸クロム酸化銅、CCA)が用いられているが、CCAは2004年1月以降は住宅用の使用が禁止される。これに代わる安全で生物活性な木材保存剤を開発したが、銅系の第2世代保存剤にコスト的に太刀打ち出来ないのが実状で、産業と消費者の安全/コストの選択という問題に直面している。

グラフィックアートの世界のグリーン化

M.A.Cohen 他 (Ulano Corp)

ニューヨークのブルックリンでスクリーン印刷原版の作製とスクリーン印刷用化学品の製造をしているUlano社は、作製の過程での化学品の見直しと使用削減をグリーンケミストリーの手法で検討した。フィルム塗布を水性エマルジョンに変更して有害物排出を88年からの15年間で99.6%削減、洗浄用溶媒の回収により廃棄物を同じく94.7%減らし、トルエンの使用を87%減らし、排出を80%削減するなどの実績をあげている。

### 5) クリーナープロダクション

クリーナープロダクションプログラムの推進

K.Mulholland (Mulholland & Associates)

アメリカではクリーナー（廃棄物最小化）プロダクションプログラムを EPA / DuPont、NRDC / Dow がモデル的に推進し、短時間の内にかなりの成果をあげた。DuPont は 15 プロセスで廃棄物を 52% 削減し、633 万ドルの投資で年間 1,490 万ドルのメリット、Dow は 26 のプロセスで 35% の廃棄物削減、投資の回収率は 180% であった。また、この結果として、大学での技術者教育、プロセス設計手法、企業内トレーニングを改善する必要があることが指摘された。

#### プロセス分析・制御とグリーンケミストリー

C.Mojica 他 (Pfizer)

ファイザー社では、オンライン分析技術を駆使したプロセス分析技術 (PAT) を薬効成分の製造の監視と制御に適用している。PAT はグリーンケミストリーの 12 か条にもフィットするし、現場のケミストやオペレータの化学反応の理解・監視に役立っている。

危険なサンプルの採取を不要にするばかりでなく、反応の終点の判定、過剰反応の防止などにも有効である。

Energy Cogeneration ;

F.A.Ericson (SC Johnson)

SC Johnson 社のコジェネの採用による電力と天然ガス使用量の削減について。

#### 6) 医薬品への応用

Celecoxib の製造

L.J.Letendre 他 (Pfizer)

代表的 COX-2 (シクロオキシゲナーゼ) 活性阻害剤である Celebrex の活性成分 Celecoxib 製造プロセスは 99 年に初めて上市された際にもかなり効率的なものであったが、その後グリーンケミストリーの原則に基づく見直しによって劇的に改善された。操業の安全性が高くなったばかりでなく、総合収率は 20% 上昇し、エネルギーと水の消費が減り、廃棄物も減少した。

#### 製薬工業におけるグリーンケミストリーと事業戦略

T.Y.Zhang (Eli Lilly)

製薬工業では、製法転換に関しての規制があるために一度工業化されるとなかなかプロセスの改良が難しいので、開発時におけるグリーンケミストリー原則によるチェックが製品のサステナビリティに大きく影響する。

Eli Lilly 社の抗癌剤と糖尿病薬を例に、医薬品の R&D について説明する。

#### 環境にやさしい新規抗生物質製造プロセスの開発

J.M.Williams (Merck)

メルクのカルバペネム系新抗生物質 Invanz の環境にやさしい製造プロセス開発につい

て。

環境にやさしい sildenafil citrate 製造法の開発

P.J.Dunn (Pfizer)

(Green Chemistry 誌掲載に同じ。10 ページ参照)

#### 7) Metrics / Decision Support Tools

化学プロセス産業におけるグリーンケミストリー評価ツール

L.S.Andrews 他 (Rohm & Haas)

精密化学品工業の研究開発においてグリーンケミストリーを推進する為の因子について。持続可能性 / グリーンケミストリーについてマネジメントの目に見える形での支援が必要であり、ロームアンドハース社ではトップがその重要性を十分に認識してボードの中に持続的発展委員会を設けている。

企業の戦略と持続可能性とが方向を一にして、目標と成果を定量する手法を確立し説明可能 (accountable) としなければならない。

グリーン購買の LCR

B.C.Lippiatt (NIST)

EPA の支援により NIST (National Institute of Standards and Technology) は BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) と呼ばれるコストと環境両面から製品を評価する方法を開発した。80 以上の国の 1 万を超えるユーザーが使用している。

BEES は、ISO14040 に示される LCA を用いて、原材料収集からリサイクル・廃棄に至るライフサイクル全般にわたって分析を行い、環境とコスト両面から総合的に評価する。NIST のホームページからダウンロード可能である。

Sustainability Metrics; Development, Use and Challenges

D.Tanzil 他 (Bridges to Sustainability)

AIChE の関係機関である Bridges がサステナビリティメトリックス開発の最近の動向についてまとめた。

グリーンケミストリーデータベース

K.M.C.Dye 他 (Univ. of Massachusetts, Carnegie Mellon Univ.)

グリーンケミストリーのケーススタディプロジェクトにより構築された知識データベースについて。

#### 8) ポスター発表

マイクロ波利用医薬品合成 (2 件)

S.N.Ganguly 他 (Stevens Institute of Technology, NJ)

電子レンジを用いて合成反応を行い、収率上昇、高アトムエコノミーが実現できる。

アスピリン、フェナセチンや抗ハンセン病薬 Dapsone / Acedapson といったポピュラーな薬品の合成に電子レンジを用いた。

炭素 - 炭素結合を作る触媒水素化反応

M.J.Krische 他 (Univ. of Texas)

もっともクリーンな還元剤である水素は、合成反応への利用が限定されていたが、有機金属化合物を経由する手法により、C - C 結合を作る新しい反応が可能になっている。

アルドール縮合や還元的環化縮合反応などの例を多数紹介。

染料増感太陽電池用材料の環境にやさしい合成

A.S.Cannon 他 (Univ. of Massachusetts)

酸化チタンベースの染料増感太陽電池 (DSSCs) は、TiO<sub>2</sub> 半導体の製造に多くのエネルギーが必要であるが、常温での製法を開発した。また、新しい増感助剤を開発した。

グリーンケミストリーを用いた分子設計によるハザードの削減

N.Anastas 他 (Univ. of Massachusetts)

毒性を考慮した階層的知識データベースを用いてハザードの小さい化学物質を設計する事が可能になった。その一部を示す。

化学工業のサステナビリティ 2004

B.R.Beloff 他 (Bridges to Sustainability, AIChE)

2004年2月から3月にかけて AIChE と Bridges が共同で化学企業のサステナビリティに関する調査を行った。結果は近々まとめられて Sustainable Development in the Chemical Industry: Practical Approach として Wiley から本年中に出版される予定である。

Toxicity Control Map : Safer Chemicals 設計のための支援ツール

K.Yano 他 (Yano Research Lab.)

新しい分子設計法 Substructural Balance Method (SBM) を提案、既存物質の急性毒性データを用いて低毒性物質の設計支援ツールとする試み。Substructure として環外の骨格原子数、親脂性炭素原子数、エレクトロンドナーの数、ハロゲンを含む分岐数を採用して毒性マップを作成した。低毒性物質の予測精度は 96.3%。

グリーンプロセスへの回転円盤反応器の利用

M.Vicevic 他 (Univ. of Newcastle, Clarkson Univ.)

回転円盤反応器により担持 Zn(OTf)<sub>2</sub> 触媒による  $\alpha$ -pinene oxide の campholenic

aldehyde への添加反応行い、反応速度、収率などの上昇をもたらされることを見出した。  
流速、混合速度、触媒活性・粒径などに依存する。