

2003年

4. AIChE (アメリカ化学工学会) 年次大会

2003年11月16 - 21日に開催されたAIChEのAnnual Meeting(サンフランシスコ)のグリーンメトリクスに関するグループ(TG Sustainability and Life Cycle)の概要は以下の通りである。

Annual Meetingの全体の参加者は、6千名程度と推定され、11月16日夜から21日まで33のグループ(基礎化学工学、分離、混合など)で約600の口頭発表セッション(各セッション6-8件の発表)とポスター発表(件数不詳)が行われた。口頭発表は討論を含めて1件当たり20~30分で、予稿集は印刷物ではなくCD-ROMになっている(印刷物は後日発行)ので、会場では参照することが出来ない。(しかも、CD-ROMには全ての講演が収録されている訳ではなかったことが、後で分かった)

会場は、大は1000人以上を収容する大ホール(Ball Room)から50人程度の小部屋まで様々であったが、小さな会場が多かった様である。Sustainability and Life Cycleの部屋は50人程度の小部屋で、音響も悪くあまり良い環境ではなかった。演者はほぼ全員が自分のPCを持参してパワーポイントを使って講演をしていた。

(1) Sustainability and Life Cycle グループの発表

このテクニカルグループでの発表は、Topical Conferenceとして行われ、4日間にわたり7つのセッションが開かれた。合計の発表件数は43件(内2件取消あり)でMetricsとその応用に関しては19件の発表があった。発表者の所属は大学が19件(内1件取消)と半数に近く、次いでコンサルタントの11件、政府関係(カナダ1件を含む)が8件、コンサルタントを除く企業は僅か5件(実際には4件)のみであった。

なお、AIChEからの直接の発表はなく、関係するBRIDGESの発表2件はコンサルタントに分類している。この種のセッションの特殊性かもしれないが、コンサルタント(会社)による発表が多いのが(アメリカの)特徴であると云える。

セッションの参加者は多くて60名(満員)、通常40名前後であった。

Sustainabilityは、社会・経済因子のweightが大きく、特にsocietal factorに関心が移っている。また、Energy=自動車燃料であることは驚きであった。

表 1 TG Sustainability & Life Cycle における発表

セッション	件数	発表者所属			
		大学	官公庁	コンサルタント	企業 (除コンサルタント)
152 Sustainability in Energy Systems	6(1)	3(1)	2	1	
154 Sustainability Metrics	6	3	1	2	
155 Sustainability Metrics	6	2	2	2	

153 Economic Aspects of Achieving Sustainability	6	1		3	2
156 Integrated Environmental Systems	5(1)	3	1		1(1)
157 Integrated Environmental Systems	7	4	1	2	
158 Application of LCA to Sustainable Designs	7	3	1	1	2
合計	43(2)	19(1)	8	11	5(1)

()内は発表キャンセル件数(内数)
(この表にはセッション 146 を含まない)

(2) 主な発表の概要

1) セッション 152 Sustainability in Energy Systems 及び

セッション 153 Economic Aspects of Achieving Sustainability (11月17日)

152a Cleaner Production - Why is it not practical ?

(Kenneth Mulholland & Associate)

廃棄物(waste)を減らせば全てのプロセス特性は向上するとして、廃棄物の流れの解析(waste stream analysis)を推進する。DowのMichigan Waste Reduction Project、韓国のCleaner Production Programがある。

152b LCA of Gasoline Alternative - MTBE & Ethanol (EPA)

MTBEとエタノール添加によるガソリン代替の環境インパクトを、process chain approachによるLCAで検討した。解析には、TRACI(Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impact)を用いた。(講演要旨なし)

(注) TRACIについては、展示会EPAブースでも紹介していたが、内容についてはEPAの研究所NRMRLのJane Bareにコンタクトせよとの事。

なお、www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/iam_traci.htmでTRACIのソフトとマニュアルがダウンロードできる。

152c ディーゼルエンジンのアイドリング削減のLCA (Rowan Univ.)

ディーゼルトラックは、運転手の長時間連続勤務規制の為に休憩中に運転席の暖房のためにアイドリングをする必要がある(アメリカには冬季極寒の地もある)。この間のオゾン発生/酸性雨/スモッグ/温暖化ポテンシャルのLCAを行い、電子装置によるエンジン停止制御の効果を見た。

153b Economics of Sustainability (Solutia Inc.)

化学会社 (Solutia - 元 Monsanto 化学部門) として、排水のリサイクル再使用によるエネルギー削減と環境負荷低減を試みた 3 例につきアセスメント結果を紹介。排水のリサイクルが必ずしも経済的に良い結果をもたらすとは限らないことを示した。

153c Sustainable Development Performance Assessment (BRIDGES)
AIChE の Metrics の適用に関する実証グループの発表。

153e Building a Sustainable Future with Innovative Technology (UOP)
化学工業の Sustainability を高める為に必要なプロセス技術に関して、エンジニアリング会社である UOP が環境 / 経済 / 社会の 3 因子からアセスメントを行った。UOP 水素化技術、C1 ケミストリー (MTO プロセス) 再生可能原料 (バイオ燃料、カーギルダウのポリ乳酸) を扱い、プロセス産業としての化学工業が Sustainable Development について十分な考慮をする必要があることを示した。

153f Site Issues in Locating New Chemical Plants in or near Municipality
(Practical Sustainability, LLC)
都市近郊における化学プラントの立地について。アメリカでも立地に関する社会評価が大きなテーマになっている事を感じさせた。

2) 154&155 Sustainability Metrics & (11月18日)

Green Metrics ではなく、Sustainable Metrics としている点、単に既に技術的な評価ではなく、経済的、社会的因子を重視する視点が見えている。これは、技術評価が十分に出来るようになったからとは思えず、最終判断を複雑にして economics や societal value に逃れようとする姿勢もある様に思える。

154a Corporate Sustainable Metrics (Natural Logic)
環境レポート作成のコストを benefit に結びつけるために、metrics を利用すれば可視化できる merit がある。これによって、エネルギー / 材料 / 水 / 排出物の状況は勿論、労働力その他の問題点も把握しやすくなり、環境レポートも意思決定に有効なツールとなる。

154b 代 DuPont の Metrics (?)(DuPont)
(本来 National Research Council の講演がある筈であったが、取消になり、穴埋めに DuPont 社の人講演)

アメリカ国内でも 200 300 の企業内 metrics が用いられており、AIChE の方法や、National Academy of Engineering の方法 (www.nap.edu/) がベースになっている。DuPont でも、toxicity、energy、recycle などの項目からなる metrics を用いて、顧客の opportunity を増すような検討をしている。ユーザーでの軽量化、廃棄物削減、リサイクル性などを考慮した商品開発を進めている。

154c Sustainability Metrics & Practice (Univ. of Surrey, UK)

欧州各国（英、独、オランダ、スウェーデンなど）での metrics の状況についてデルファイ法を用いて調査した（対象は academia および化学工業界）。Sustainable development に重要な技術として、触媒 / 燃料電池 / プロセス intensification / 超臨界反応などが上位に挙げられた。また、重要な項目として、経済・法規制 / sustainability tool & technology が挙げられた。

154d Application of a Modified Production Quality Tool for Environmental Impact Assessment (Univ. of California, Davis)

無鉛ハンダの評価を例に、Impact Matrix 法による環境評価について。

Quality Function Deployment (QFD) (Yoji Akao 法) をベースに、評価手法を開発した。emission と toxicity に焦点を合わせて、元素（合金でなく）に注目、強い hazard に着目して matrix score を作成、rating する。QFD は有効であり、今後更に応用範囲を拡大したい。

（注）Yoji Akao 法は、赤尾洋二・水野滋により 60 年代から研究され、70 年代に提案された品質機能展開の考え方であり、英語に翻訳されて QFD 法として国際的に通用している。例えば、右記を参照；<http://www.is.esi.yamanashi.ac.jp/services/qfd/>（山梨大）或いは、

<http://www.tamagawa.ac.jp/GAKUBU/KOUGAKU/IndEng/ohfujii/Contents/mame/mame2.htm>
I#mame26（玉川大）

154e Sustainability Metrics & Process Mapping Methodologies (BRIDGES)

AICHe / DOE により作成された Metrics をベースに、BRIDGES は自動計算ソフト BRIDGESwork™ を開発し、11 月に公開した。（というが、未だ公開されていない様である）さらに入出力を容易にする為に、プロセスマッピング法を用いる事を提案する。

境界条件を明確にしたブロックフローダイアグラムを作成し、物質・エネルギー・水の入力と製品・副生物の出力（logistics の出力を忘れない事）を入れる。人に対する毒性は発ガン性の有無のみとして、metrics をアウトプット当りで示す。

実施例として、無水マレイン酸プロセス評価を示すが、最終的な判断は cost で行う様である。（www.bridgestos.org）

154f Hierarchical Life Cycle Assessment (Oklahoma 州立大)

Green から Sustainability へとパラダイムが変化しているがそのコンセプトは依然として曖昧である、その metrics も色々提案されているが、いずれも indicating ではあるが measuring にはなっていない。

Hierarchical LCA（階層的 LCA。stackable LCA とも云う）は優れた方法であるが、全てのケースに有効な metrics は無いと考えるべきで、アセスする目的に応じて項目を採用 / カスタマイズする必要がある。標準 metrics を決定するにはグループ内での広い参加と

同意が必要である。

155a Creating Sustainable Businesses and Economics (Natural Logic)
waste に注目してモノとエネルギーの流れを解析する Metabolic Flow Analysis (MFA)
について。

155c Sustainability, Options Theory and Off-line Quality Control
(Univ. of Illinois)
Fisher Information を用いる sustainability 解析の話であったが、理解出来なかった。
田口玄一氏の Off-line QC (86) の紹介もあった。オフライン QC については、下記参照；
<http://www.ne.jp/asahi/qequick/study/DonyuHen.pdf>

155f Thermodynamic Metrics for Sustainability (Ohio 州立大)
metrics を exergy で表現しようとする方法。(エネルギー以外の因子が何故 exergy で表現できるのか理解出来ず)

3) 156&157 Integrated Environment Systems & (11月19日)

156a The Status of Life Cycle Assessment as an Environmental Management Tool
in the US (US EPA NRMRL)

EPA の NRMRL (National Risk Management Research Lab) における LCA に関する最近の研究状況。一つは、Inventory データに関するもの、もう一つは Impact modeling に関するものである。

データに関して EPA は、LCAccess (www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess) というサイトを立ち上げている。これ自体にはデータベースは無いが、LCI Global Directory を通して各種の DB にリンクしている。また、Impact modeling に関しては、解析ソフト TRACI を開発した。www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/iam_traci.htm でダウンロードできる。

LCA には勿論限界があるが応用範囲は広がっており、特にヨーロッパのアクティビティが高く、多国籍企業が意思決定に用いている。EPA もこれを推進している。

156b Thermodynamic Input-output LCA of the 1997 US Economy with Application to
Electricity Generation (Ohio 州立大)

exergy (エクセルギー) を用いる熱力学的入出力解析法 (TIOA) により、97 年のデータを用いて 491 のセクターからなるアメリカ経済の分析を行った。1 ドルの経済活動の為に約 $1.8E13$ sej (?) の ecological なインプットが必要とされる。

157c Integrated Design and Control for Environment (IDCfE): A Hierarchical
Optimization Approach (Wayne 州立大、ミシガン州)

プロセスの最適設計に関する IDCfE の手法について。システムの安定性と排出物の最少

化の視点から評価する。これは通常経済、環境、技術の面でも最適になる。

157d Considering Environmental and Safety Factors for Sustainable Design
(McSwain Engineering)

シートベルトバックルの材料の信頼性に関する failure analysis。

157e Some Simulated Scenarios for Complex Sustainable Systems (US EPA)
Fisher Information を用いる解析について。EPA の NRMRL の大きな仕事になっている。

4) 146 Innovation in Green Chemistry and Sustainable Process Development -
Measuring and Making it

158 Application of Life Cycle Assessment to Sustainable Designs (11月20日)

セッション 146 は、Metrics ではなくプロセス開発に関するセッションであるが、研究開発段階での排出推算などの手法を用いて評価する手法に関する報告があった。

セッション 158 は、Metrics グループの最後のセッションで、Metrics を評価だけではなく改善のためのツールとして使おうという傾向が特に強く感じられた。

146a Analyzing the Sustainability of Green Process : Methods for Evaluating the
Four E ' s (US EPA)

4 つの E (Efficiency、Energy、Environment、Economics) に関する metrics によるプロセス評価法 GREENSCOPE (Gauging Reaction Effectiveness for the Environmental Sustainability of Chemistries with a Multi-Objective Process Evaluator) について。トルエンの酸化プロセスを例に示した。

146b Application of Life Cycle Assessment in Developing of Chemical Processes
(Univ. of Cincinnati)

プロセス開発中のアセスメント法について。排出の予測を $\log(E) = a + b_1N_1 + b_2N_2 + \dots + b_5N_5$ なる経験式で行う (a, b_i は係数。E は CO₂、SO₂、等の排出、Ni は反応器の数、流体分離操作の数、等) 方法。最終的には、Eco-Indicator と称する単一の指標で表わす。

Eco-Indicator = (環境効果) × (規格化係数) × (validation 係数)

例として VCM プロセスを評価し、オキシクロリネーション法の Indicator 0.06 に対して、新法 (エタンの直接塩素化) が 0.01 となり、新法が環境にはずっとやさしい事を示した。

146c Evaluation of Water Recycling Options at a Semiconductor Fabrication Plant
using Process Simulation (Intelligen)

Lucent Technologies の半導体製造プラントでの水のリサイクル再利用 (ゼロエミッション) をプロセスシミュレーションにより検討。コストは 10% アップするが、限られた資源であるので再利用の意味は大きい。

146d Selective Oxidation of Light Alkanes by a Substrate-Versatile Solid Catalyst (California Inst of Tech など)

シェブロン、BP などのサポートによる研究。エタン、プロパン、ブタンなどの過酸化水素による直接酸化で酢酸等を作る Nb / ピリジン系の固体触媒の検討。

146f Catalytic Oxidation of a Hydrocarbon in Liquid Phase Reaction (Degussa)
Cr / ピリジン系固体触媒によるテトラリンの酸化による医薬原料テトラロンの合成について検討。

158a New Land-Use Metrics to Allow for More Sustainable Decisions on New Plants (Domani)

土地 (立地) に関する metrics を第 6 の基礎 metrics として提案。北米 1 万か所以上のサイトデータを用意している。

158b BASF Eco-efficiency Method as Sustainable Decision Tool (BASF)
Eco-efficiency による評価を経営の意思決定に用いた例を紹介。

158c Exergy Analysis of Process Sub-Module for Sustainable Design (Ohio 州立大)

Exergy を用いる LCI データ集積とプロセス解析・設計について。(Material / Energy / Waste / Toxicity / Pollutant を一括して Exergy で表わすとの事であったが、この点は理解出来なかった)

158d LCA Comparison of Chemical-, Mechanical-, and Bio-Pulping Processes (Washington Dept of Ecology)

各パルプ製造プロセス (化学的、機械的、Mechano-Chemical、バイオ) について、水及びエネルギーに注目して LCA を実施、プロセスの merit 比較をした。バイオ法 (fungus でチップを前処理する) は従来法に比べてエネルギー消費 / 環境負荷を減少させる。

158e 半導体製造プロセスでの NF_3 による Chamber クリーニング (アリゾナ大学)
半導体プロセスにおける Chamber クリーニングに C_2F_6 に代わって NF_3 を用いる方法を LCA で検討。

(半導体製造は dirty で、チップ 1 個当り CO_2 発生は 25kg であるとの事であったが本当であろうか? また、この日、IBM が元従業員から化学汚染で提訴されたとのニュースが伝えられた)

158g 医薬品製造における EHS LCA の応用 (GSK)

医薬品有効成分（API）合成の cradle to gate 分析を行い、使用する溶媒の選択がキーであると事を明らかにした。GSK では、FLASC(Fast LA for Synthetic Chemistry)と Solvent Selection Guide を作成しており、さらに LCA を cradle to grave に拡張する事を検討中であるという。