

2002年

5. 2002年のグリーンケミストリー (C&EN誌から)

アメリカ化学会の発行する C&EN 誌が昨年 11 月 25 日号で特集した Green Chemistry Progress Report からいくつかのトピックスを紹介する。

学会・大学の動向

ACS (アメリカ化学会) を始めとする国内外の研究発表会でグリーンケミストリー (以下 GC とする) が独立のセッションとして取り上げられている。

学術誌では、Science や Accounts of Chemical Research が GC の特集を出し、他にも論文の分野として GC を設ける雑誌が出てきている。イギリス化学会の “Green Chemistry” 誌は発刊 4 年目を迎え、アメリカの GC 大統領賞は 7 回目となった。

大学では、少数ではあるが GC の学位を与えるところが出てきているし、GC 研究所を設けたところもある。GC 研究センターもアメリカの GCI (Green Chemistry Institute) 以外にイギリス、日本、イタリア、オーストラリアに出来ている。こうして大方のケミストにとって GC はポピュラーなものになってきている。

重要技術課題

最近の重要課題としては、

-) 再生可能原料の利用
-) 酸素による直接酸化
-) 分離技術
-) 触媒

が挙げられている。

しかし、進展は余りに遅すぎる、との批判が出始めている。たとえば、アメリカの化学産業界と学会が作成した「Vision2020」では、目標の一つに化学工業のエネルギー消費を 30% 削減する事を掲げ、また、2020 年には有機化学品の 25% を再生可能原料から製造するとしているが、今のところこれを充足するような技術の芽は殆ど見えていない。

また、先のヨハネスブルグサミットでも Agenda21 を達成する事を再確認はしたが、実質的な行動には移っていない。歩みが遅い原因の一つに、化学産業界が石油化学の居心地に満足しており、植物油等の再生可能原料が必ずしも現在の技術体系にフィットしないのでその方向に変化することに乗り気で無い事が挙げられている。「ケミストは石油化学の体系で考える事に慣れすぎた」との指摘もある。

唯一の例外と言って良いのが Cargill Dow のポリ乳酸 (PLA) である。トウモロコシ原料のこの材料は 2002 年の GC 大統領賞を受け、天然繊維と合成繊維のギャップを埋める最初の材料と云われ、衣料、カーペットから食品包装、園芸・農業用途まで用途が広がっている。PLA は製造の為にエネルギー消費が (石油系に比べて) 20-50% 少なく、生分解性があり、モノマーへの分解も極めて容易といわれる。年産 14 万トンのプラントが操業しており 2006 年には世界中で 50 万トンの販売が見込めるといふ。

プロセスの改良 (intensification)

GC の普及を早める可能性の一つがプロセス改良である。バッチを連続にして効率を上げ

てプラントサイズを小さくするだけでも環境負荷は減り、安全性が高まり、経済性も改善される筈であるのにどうして実現しないのだろうか。

イギリス化学工学会の雑誌 The Chemical Engineer 8月号に掲載された論文では、化学産業の保守性が論じられている。たとえば、医薬品製造では、新プロセスの採用による6ヶ月の生産開始遅れが製品の全ライフに亘る収益を半減させるとの例がある事から、企業は新プロセスよりは実績のあるプロセス(バッチ式)を採用したがる傾向がある。さらに「前例主義」も化学産業の特徴で、自社の既存技術に類似していないかをスタディーしてそれを利用しようとする傾向がある。また、プロセス改良の成果は(成功も失敗も)公表されない事が多い。プロセス改良は技術だけではなく、財務や営業の支援も得なければ出来ない事なので、なかなか研究サイドのGCの成果だけでは実現しないのだろう、としている。

グリーン度の評価

GC自身の進歩にも拘わらず、ケミストやケミカルエンジニアには何がグリーンなのかが良く分かっていない、という問題もありそうである。

アトムエコノミー

Stanford大学のTroost教授によって1991年に導入されたアトムエコノミーの考え方は反応の選択率と共にGCの重要なポイントである事は確かであり、Troost教授は今年もAcc. Chem. Res.誌掲載の論文で再確認している。

Eファクター

さらにDelft工科大学のSheldon教授のEファクターがある。これは、廃棄物量と製品量の比で、廃棄物量は原料量と製品量の差で表わされる(原料には溶剤やエネルギーも含まれる)。ただし、Eファクターでは廃棄物の質を無視しているとして、さらにunfriendliness factor Qを用いた環境指数EQが提案されている。Qの決定には議論の余地があるが、評価法の検討は化学産業の重要な課題になると考えられている。

評価法には未だ問題が残るにしても、アトムエコノミーの考え方から、均相・酵素反応が研究の重点の一つになってきているばかりでなく、溶媒も関心の高い分野である。

精密化学や医薬品産業でのGCへの関心は確実に高まっていると、Sheldon教授は確信している。

特許分析

一方で、バルクケミストリー関係では適当な指標がない事も事実で、色々な試みはあるが、その中でアメリカ化学会(ACS)は特許の分析を行っている。

化学の研究論文にはGCという用語が出て来る頻度は増えているが、特許の表題や要約には殆ど見られないのが現状であり、多くのGC技術は未だ企業秘密として公開されないレベルであるようである。種々のキーワードを探索し苦勞の結果、83年から2001年の3,235件のアメリカ特許がGC関連とされ、その65%がアメリカ、24%がヨーロッパ、8%が日本の出願であった。

経時的には、80年代半ばまでは70件/年、89年から94年の間に年92件から251件に増加、95年以降は年平均267件前後となっている。(なお、化学関係のアメリカ特許は2001年で年間45,788件である)

急増した 90 年代初めはモントリオールプロトコール、スーパーファンド、クリーンエア
アクト、汚染防止法等の改訂・制定があった時期である。また、EPA が GC と環境設計プロ
グラムを打ち上げた時期でもあった。(それ以降、環境関連の規制で大きな変更は行われて
いない)

この結果から推測して、GC は環境規制に対応する手段として実行されてきたのではない
かと ACS では分析している。

GC の効果

EPA は 1996 年の第 1 回以来の GC 大統領賞受賞技術の効果をまとめているが、合計で年
間約 80 万トンの化学物質の削減があったとしている。削減された物質には、クロロフルオ
ロカーボン、揮発性有機物質、残存性・毒性・蓄積性物質が含まれている。

また、650 百万ガロン (約 250 万 kl) / 年の溶剤、380 億ガロン (約 1.4 億 kl) / 年の
水、90 兆 Btu (約 23 兆 kcal) / 年のエネルギー消費、43 万トン / 年の CO₂ 排出の削減効
果があるとされている。