

# 素材メーカーの立場から見た LCA

中橋 順一

化学産業は、エネルギー多消費型産業であり温室効果ガス (GHG) も多く排出する。このことだけで、化学産業は地球温暖化問題においてよくない産業といえるのだろうか。化学製品の中には、それがなかったと仮定した場合に使用されるであろう代替製品と比較して、使用段階で、大きな省エネルギー効果を発揮する製品や、再生可能エネルギーの生産に必要な不可欠な製品などがある。このような疑問を解消するため、製品のライフサイクル全体から排出される GHG を代替製品との比較で評価する手法 (LCA 視点での CO<sub>2</sub> 削減貢献量評価) を使って、化学製品を評価し、化学産業が、むしろ、地球温暖化対策にとってなくてはならない産業であることを示した。

キーワード：LCA, Life Cycle Assessment, CO<sub>2</sub>, 温室効果ガス, GHG, 化学

## 1. はじめに

地球温暖化問題については、“気候変動に関する政府間パネル (IPCC)” が国際的に組織され、研究が進められた結果、地球温暖化は進行しており、その主たる原因は、人類が化石資源を燃焼させることにより排出される CO<sub>2</sub> が大気中に放出され温室効果を発揮することが主因である可能性が非常に高いと結論付けられた[1]。

これを踏まえて世界各国の政府が CO<sub>2</sub> 排出を抑制する政策を次々と打ちつつある。その中で、化学産業は、エネルギー多消費型産業、すなわち、CO<sub>2</sub> を大量に排出する産業であるとして、悪者のレッテルを貼られたかのように見える。

## 2. 課題

化学産業は、エネルギーを多く消費し、大量に CO<sub>2</sub> を排出する。このことから、化学産業は地球温暖化問題において、果たして悪い産業であろうか。

そもそも、産業が提供する製品は、サプライチェーンを通じて、最終製品に仕上げられ、それを消費者が使用し、最後に廃棄されて完結する。

それに対して、CO<sub>2</sub> 排出量がうんぬんされるのは、サプライチェーンの一部を切り出した素材産業であったり、エネルギー産業であったりする。

産業がサプライチェーンを通じて製品やサービスを

提供している以上、CO<sub>2</sub> 排出量の評価は、本質的に、サプライチェーン全体から排出される CO<sub>2</sub> 排出量で評価するべきものではなからうか。

## 3. 解決の方法

このような疑問をクリアにするため、化学産業の製品について、LCA (Life Cycle Assessment) の視点で CO<sub>2</sub> 削減貢献量を評価し、化学製品の CO<sub>2</sub> 削減への貢献度を定量的に示した。

LCA 視点での CO<sub>2</sub> 削減貢献量評価について、もう少し、具体的に説明する。まず、化学製品のライフサイクル全体からの CO<sub>2</sub> 排出量を定量的に評価する。次に、その化学製品がなかったと仮定したときに使用されるであろう代替製品のライフサイクル全体からの CO<sub>2</sub> 排出量を定量的に評価する。そして、これらの CO<sub>2</sub> 排出量の差を、化学製品の LCA 視点で見た CO<sub>2</sub> 削減貢献量とした (図 1 参照)。こういった評価を、

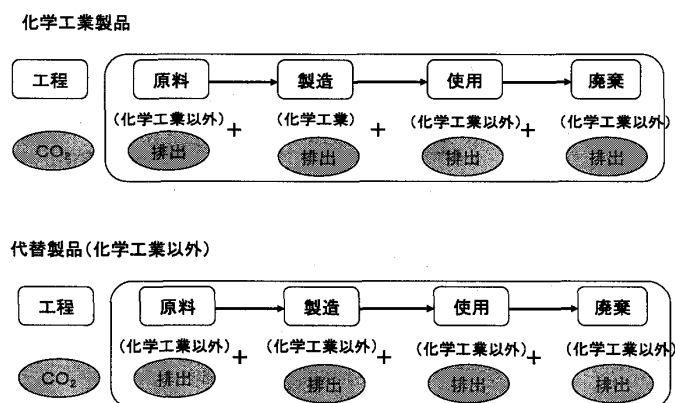


図 1 化学工業製品およびその化学工業製品がなかったとき使用されるであろう代替製品のライフサイクル全体から排出される CO<sub>2</sub> に関する概念図

なかはし じゅんいち

旭化成(株) 環境安全部

〒101-8101 千代田区神田神保町 1-105

① ICCA (International Council of Chemical Associations) および②旭化成(株)で実施したので、これらの評価方法および評価結果を以下に紹介する。

### 3.1 ICCA の LCA 視点での世界の化学製品の CO<sub>2</sub> 削減貢献量評価[2]

2008 年度, ICCA では, Energy & Climate Change Leadership Group を新設し, その下に, LCA Task force を設置して, 世界の化学製品の LCA 視点での CO<sub>2</sub> 削減貢献量を定量的に評価した。結果を報告書にまとめ, 2009 年度, 欧州, 米国, 日本で公表し, さらにコペンハーゲンの COP 15 の会場近くでも公表した。

(注) ICCA の報告書では, 温室効果ガス (GHG) を算定対象としており, 表記も CO<sub>2</sub>e (e は equivalent の頭文字) となっている。本稿の文章中では, 表記の混在による混乱を避けるため, これも CO<sub>2</sub> と表記した。図中の表記は, CO<sub>2</sub>e となっているので, 留意されたい。

#### (1) LCA 視点での化学工業製品の CO<sub>2</sub> 削減貢献量評価の方法

LCA 視点での化学工業製品の CO<sub>2</sub> 削減貢献量の評価は, 実際には, 図 2 に示すような考え方で実施した。図 2 の棒グラフの左端の棒は化学工業製品の使用段階以外のライフサイクル全体からの CO<sub>2</sub> 排出量を示す。左から 2 本目の棒は, 化学工業製品がなかったと仮定したとき使われるであろう代替製品の使用段階以外のライフサイクル全体からの CO<sub>2</sub> 排出量を示す。左から 3 本目の棒は, 化学製品が使用されるときに排出される CO<sub>2</sub> と代替製品が使用されるときに排出される CO<sub>2</sub> の差を示す。右端の棒は, 2 本目と 3 本目の棒が

示す CO<sub>2</sub> 排出量の合計値を示す。右端の棒が示す CO<sub>2</sub> 排出量と, 左端の棒が示す CO<sub>2</sub> 排出量との差が, 化学工業製品の“LCA 視点での CO<sub>2</sub> 削減貢献量”である。

#### (2) 結果の表示方法

化学工業製品の LCA 視点での CO<sub>2</sub> 削減貢献量の評価結果を, 2 つの表現方法で示した。これを, 図 3 に示す。一つ目は, 図 2 の左端の棒と右端の棒が示す CO<sub>2</sub> 排出量の比を 1: X で示す方法である (図 3 の左側のグラフ)。X は, 「化学工業製品が 1 の CO<sub>2</sub> を排出するごとに, X の CO<sub>2</sub> を削減する」という意味を持つ。2 つ目は, もし, 化学工業製品がなかったら, 世界の CO<sub>2</sub> は Y ギガトン/年増加しているであろうという表現である (図 3 の右側のグラフ)。

#### (3) 評価

化学工業製品を, 図 4 に示すように, 8 つに分類し,

Results presented in two ways - Gross savings ratio or X : 1, and net emission abatement

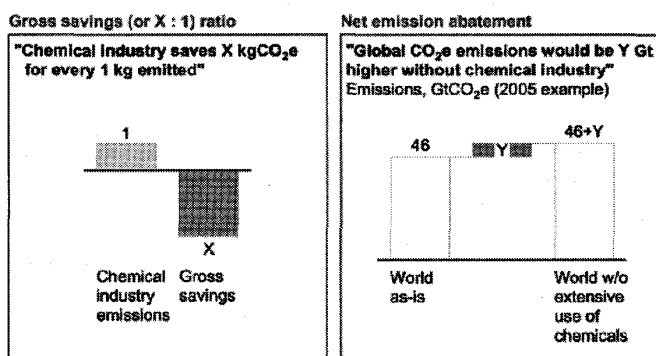


図 3 化学工業製品の LCA 視点での CO<sub>2</sub> 削減貢献量の評価結果の 2 つの表現方法

More than 100 cases evaluated to assess savings from using products of the chemical industry

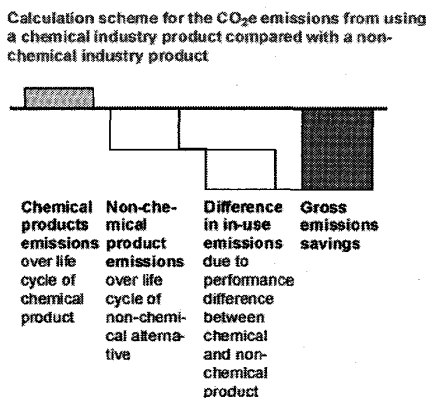
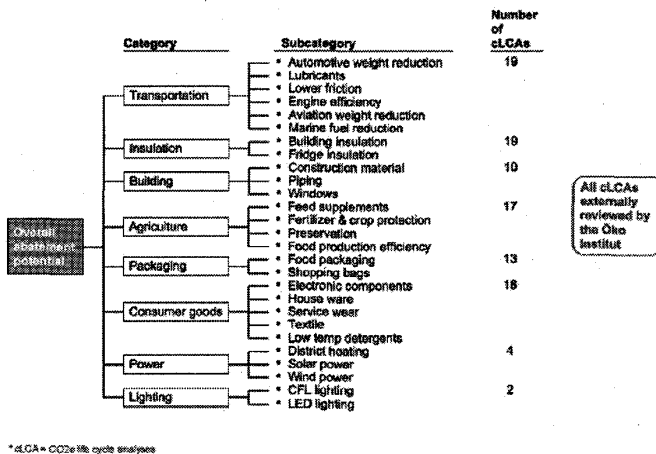


図 2 化学工業製品と代替製品のライフサイクル全体からの CO<sub>2</sub> 排出量の比較評価の手順イメージ

cLCAs\* cover 8 broad end-use areas and were all externally validated



\*cLCA = CO<sub>2</sub>e life cycle analyses

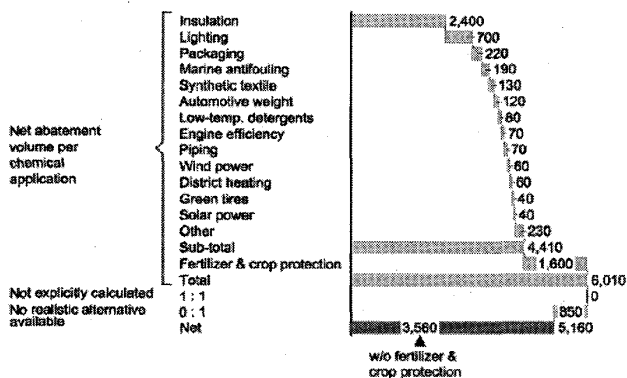
図 4 化学工業製品の類型化と, 分類ごとの LCA 評価対象製品

それぞれの項目ごとに、複数の評価対象製品を設定して、LCA 視点で CO<sub>2</sub> 削減貢献量を評価した。評価方法および結果は、すべて、第三者機関であるドイツのエコインスティテュートの監査を受けた。

#### (4) 結果

分類ごとの現時点 (2005 年度) での CO<sub>2</sub> 削減貢献量を、図 5 に示す。断熱材、肥料・農薬、照明が、CO<sub>2</sub> 削減貢献量が多いことがわかる。断熱材は、住宅やビルに使われる発泡樹脂製の断熱材であり、世界の地域ごと、屋根、壁などの部位ごとに比較相手の代替素材を設定して評価した。肥料・農薬を使った場合、農地の単位面積当たり農産物の収穫量が増加するため、新規に森林を伐採して農地を確保する必要がなくなる。森林は、CO<sub>2</sub> 吸収能力を有するので、肥料・農薬を使用しないで単位面積当たりの収穫量が少ない場合と比較して CO<sub>2</sub> 吸収量を減らさないで済む。照明関係は、LED が、白熱電球に比較して電気効率が低いことがよく知られているが、化学製品が LED には必須であることから、この CO<sub>2</sub> 削減量を評価した。ただし、肥料・農薬に関しては、CO<sub>2</sub> 排出量以外に、窒素富化、水消費、生物多様性などの環境負荷が関係しており、CO<sub>2</sub> だけの環境負荷評価は好ましくないという意見もあるため、肥料・農薬を含めた場合と、含めない場合の両方を図示した。No realistic alternative available は、化学工業製品がなかったと仮定した場合の代替製品が現実には存在しない場合で、この場合は、CO<sub>2</sub> 削減貢献はないとして、化学工業製品のライフサイクル (使用段階を除く) での CO<sub>2</sub> 排出量をそのままマイナス表示した。Not explicitly calculated は、使用段階に CO<sub>2</sub> 削減が見込まれる化

The main contributors are insulation, fertilizer & crop protection, and lighting  
Net abatement 2005  
MtCO<sub>2</sub>e



Source: ICCA/McKinsey analysis

図 5 化学工業製品の分類ごとの CO<sub>2</sub> 排出量削減貢献量

学工業製品であるが、定量的な評価のためのデータ入手が困難な場合で、CO<sub>2</sub> 削減貢献量はゼロであるとした。

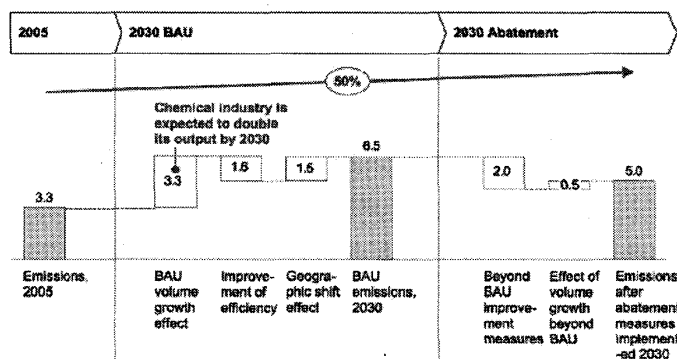
#### (5) 将来予測

世界の化学工業の温室効果ガス (GHG) 排出量の 2005 年度から 2030 年度への推移を図 6 に示した。

化学工業は、2005 年時点で、3.3 Gt-CO<sub>2</sub> (ここで “t-CO<sub>2</sub>” は、GHG に温暖化係数を乗じて、すべて CO<sub>2</sub> に換算した場合の重量をトンで表示した単位) の GHG を排出している。2030 年までには、生産量増大のため、さらに 3.3 Gt-CO<sub>2</sub> の GHG が増大する予定である。省エネルギー努力により、1.6 Gt-CO<sub>2</sub> 減少するが、生産量の増大が、先進国より、アジアなどの開発途上国で多く増大する。これら開発途上国は、先進国と比較してエネルギー効率が低く、同じ量のエネルギーを使用しても CO<sub>2</sub> 排出量は多くなる。このエネルギーあたりの CO<sub>2</sub> 排出係数の地域差の影響で、1.5 Gt-CO<sub>2</sub> 増大する。このような因子をすべて考慮して、2030 年には、6.5 Gt-CO<sub>2</sub> の GHG を排出すると予測される。ここで、通常の省エネルギー以外の GHG 削減策を取り入れることにより、2.0 Gt-CO<sub>2</sub> の GHG を削減できる。GHG 削減対策には、エネルギーを使う機器の新たな導入も含まれているので、その分が 0.5 Gt-CO<sub>2</sub> 増大する。GHG 削減対策まで含めたトータルで、2030 年に 5 Gt-CO<sub>2</sub> の GHG 排出となると予測される。

図 7 を見ると、2005 年時点で、世界の化学工業は、3.3 Gt-CO<sub>2</sub> の GHG を排出しているが、GHG 削減に役立つ製品を供給することにより、製品のライフサイ

BAU emissions almost double due to geographic factors - this increase is reduced by half in the abatement scenario  
Calculated evolution of chemical industry emissions\*



\* From extraction of feedstock and fuel, through production, to disposal  
Source: ICCA/McKinsey analysis

図 6 世界の化学工業の 2005~2030 年の温室効果ガス排出量予測

Gross savings ratio could reach 4.7 : 1 and net emission abatement could reach 18.5 GtCO<sub>2</sub>e (with the fertilizer case) if the appropriate abatement measures are taken

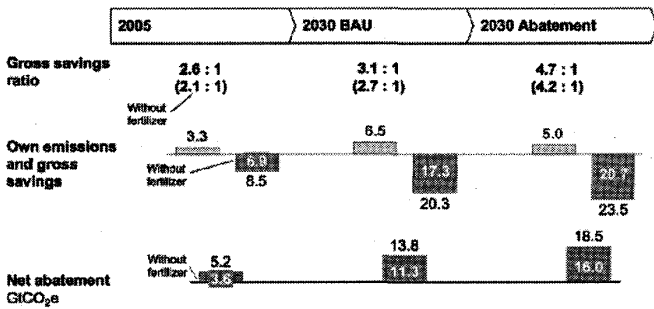


図7 世界の化学工業製品のLCA視点でのGHG削減貢献量の2005~2030年の推算

クル全体で、もしこの製品がなかった場合と比較して8.5 Gt-CO<sub>2</sub>のGHGを削減している。すなわち、化学工業は世界で、実質的に、5.2 Gt-CO<sub>2</sub>のGHG削減に貢献している。特段のGHG削減努力はしないで、省エネ努力のみで推移する(BAU: Business as usual)と、2030年には、6.5 Gt-CO<sub>2</sub>のGHGを排出するが、そのとき、製品のLCA視点でのGHG削減への貢献量は、20.3 Gt-CO<sub>2</sub>であり、実質的に、13.8 Gt-CO<sub>2</sub>のGHG削減貢献となる。GHG削減対策を打つことによって、2030年に化学工業の排出するGHGは、5.0 Gt-CO<sub>2</sub>となり、このときの化学工業製品のLCA視点でのGHG削減貢献量は、23.5 Gt-CO<sub>2</sub>になる。すなわち、実質的に、2030年、18.5 Gt-CO<sub>2</sub>のGHG削減貢献量となる。

### 3.2 旭化成製品のLCA視点でのCO<sub>2</sub>削減貢献量評価[3]

旭化成(株)グループは、ケミカルズ、せんい、住宅、エレクトロニクス、医療・医薬と幅広く事業を手がけているが、この中で、代表的な製品について、LCA視点でのCO<sub>2</sub>削減貢献量を評価した。結果を図8に示す。ホスゲンを使わないポリカーボネートの製造方法は、CO<sub>2</sub>を原料として使うことから、CO<sub>2</sub>を原料としない従来のホスゲン法のポリカーボネート製造方法と比較して、CO<sub>2</sub>削減になる。注射水は、従来、水を蒸留することで製造されていたが、水濾過膜での濾過法による製造では、使用エネルギーが小さくCO<sub>2</sub>削減になる。苛性ソーダの製造方法は、イオン交換膜法、隔膜法、水銀法の3種類の電気分解法が普及している。隔膜法、水銀法と比較して、イオン交換膜法は、使用する電気が少なくすむのでCO<sub>2</sub>削減

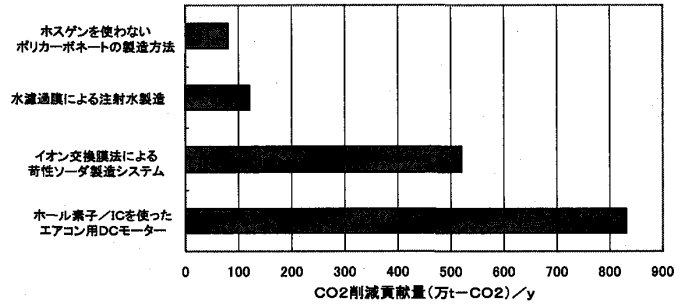


図8 旭化成の代表的製品のLCA視点でのCO<sub>2</sub>削減貢献量

になる。ホール素子/ICは、DCモーターには必須の部品であり、これがないと、DCモーターは作れない。ホール素子/ICがなかったと仮定すると、従来型のACモーターが使われることになるが、この場合、DCモーターより電気効率が悪い。DCモーターは、この電気効率の差によって、CO<sub>2</sub>削減に貢献している。DCモーターを作るには、ホール素子/IC以外にも必須部品があるので、ホール素子/ICの寄与度を考慮した。ちなみに、旭化成グループの2007年度の生産活動からのCO<sub>2</sub>排出量は520万トンであった。ホール素子/ICのCO<sub>2</sub>削減貢献量が820万トンであることを考えると、旭化成製品のLCA視点でのCO<sub>2</sub>削減貢献量が大きいことがわかる。

## 4. 結果

上記したように、ICCAでの世界の化学工業製品のLCA視点でのGHG削減貢献量評価では、世界の化学工業製品が使用段階以外のライフサイクル全体から排出しているGHG量と比較して、世界の化学工業製品のLCA視点でのGHG削減貢献量は、数倍になることがわかった。また、旭化成製品の評価では、旭化成の代表的な製品のLCA視点でのCO<sub>2</sub>削減貢献量は、旭化成の生産活動から排出されるCO<sub>2</sub>と比較して、数倍になることがわかった。

## 5. おわりに

化学工業は、その生産活動において使用するエネルギーに起因するCO<sub>2</sub>を排出している。しかし、一方では、省エネルギーにはなくてはならない製品も数多く供給しており、そういった製品が使用されることにより、CO<sub>2</sub>削減に貢献している。このCO<sub>2</sub>削減貢献量は、化学工業が生産活動から排出しているCO<sub>2</sub>よりはるかに多い。言い換えれば、化学工業は、自身が消費するエネルギーに起因したCO<sub>2</sub>排出量より多く

のCO<sub>2</sub>削減に貢献しており、地球温暖化対策にはなくてはならない産業である。今後、化学産業は、ますます、省エネルギーに貢献する製品（素材、部品など）や再生可能エネルギーを造るための製品（素材、部品など）や、これらを組み合わせたシステムやサービスを供給することで、より多くのCO<sub>2</sub>削減に貢献することが期待できる。このような製品の創出、普及に政策面での支援があれば、化学産業は、さらに地球温暖化対策の加速に大きく貢献できると思われる。

#### 参考文献

- [1] “AR4 SYR SPM,” Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [2] “Innovations for Greenhouse Gas Reductions,” International Council of Chemical Associations July, 2009.
- [3] “CSR レポート 2010,” 旭化成株式会社.