

中国の石油化学産業のエネルギー消費効率に関する研究
-中国石油化工集团公司、中国石油天然気集团公司を対象として-
A Study on the Efficiency of Energy Consumption in
Petrochemistry Industry of China
-A Study Targeted Sinopec and CNPC-

元 帥

指導教員 影山和郎 教授

辻 信之 客員准教授

1. 研究の背景と目的

先進国と新興国の CO₂ 排出量は年々伸びて行く、そんな時代の中先進国は CO₂ 排出量の削減を提唱している。

新興国の中でも中国が急成長と成し遂げていて、石油化学産業も伸びている。しかし、それとともに CO₂ 排出量も増え続けている。近年中国は環境保全の意識が高まり、エネルギー消費効率を向上させる取組みも始めた。エネルギー消費効率の指標とするエネルギー消費原単位を求めたいが、中国の企業は殆どのデータを非公開にし、また、合同調査を拒否してきたため、大変難しいのである。

ちなみに、エネルギー消費原単位というのは 1 物理単位の製品を作るために消費するエネルギー量（物量ベース）あるいは GDP・生産額当たり消費するエネルギー量（金額ベース）のことである。

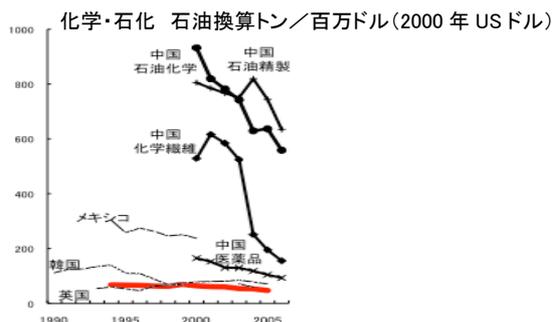
また、今迄の研究では中国の石油化学全体のエネルギー消費原単位についての物は

存在していたが、石油化学製品ごとのエネルギー消費原単位についての物はなかった。

そこで、本研究では中国の石油化学産業を代表出来る 2 大石油グループを対象に、限られた公開データⁱⁱⁱを用いて、新しいモデルを構築し、中国の石油化学産業における製品ごとのエネルギー消費原単位（物量ベース）、2009 年の最新データから生産額当たりエネルギー消費原単位（金銭ベース）の 2 種類のエネルギー消費原単位の試算を行う。その結果を用いて、中国石油化学産業におけるエネルギー消費効率の向上を検証する。

2. 日中の石油化学産業の現状

中国の石油化学産業は 2 大グループがメインであり、石油原油の加工量は中国石油化学産業の約 8 割であるⁱⁱⁱ。



注：赤の線が日本

図 1 金銭ベースでの化学・石化産業エネルギー消費原単位の日中比較 ⁱⁱⁱ

1990年から2006年の生産額エネルギー消費原単位は低下しつつあるが、先進国とはまだ格差があるⁱⁱⁱ。一方、日本は依然と低レベルのエネルギー消費原単位を維持し続けているⁱⁱⁱ。従って、先進国の代表として日本をピックアップし、中国の原単位を算出したあと、比較をしてみたい。

3. 中国の石油化学産業におけるエネルギー消費原単位の試算

□ 研究範囲と使用するデータ

製品ごとのエネルギー消費原単位の算出に用いる研究範囲は石油化学製品の製造過程のみにする。

生産額当たりエネルギー消費原単位の算出に用いる研究範囲は石油化学製品を製造している企業とする。

まず、中国の2大石油グループが出版した2009年度の年鑑ⁱⁱから石油化学を行っている子会社をピックアップし、利用できるデータを集めた。また、会社名、石油原油の加工に使われた消費エネルギー消費原単位、石油原油の加工量、生産額、製品の項目、製品ごとの生産量などについて整理した。

データの完全度などについて厳選した結果、製品ごとのエネルギー消費原単位を算出する際は16社の子会社を対象に、生産額当たりのエネルギー消費原単位を算出する際は22社の子会社を対象とする。

□ 製品ごとのエネルギー消費原単位の試算

まず、各子会社における「石油原油の加工におけるエネルギー消費原単位」、「石油原油の年間加工量」を基に子会社が年間生産に使われているエネルギー消費量を算出する。その次に、生産している製品項目及び生産量のデータを利用し、子会社の年間利用したエネルギー量との関係で方程式を立てる。続いて、複数の方程式による連立方程式を立てる。本研究の基本手法は年度のエネルギー消費量を製品ごと生産量の基準に基づいて配布する「アロケーション」である。この手法を基に、製品ごとのエネルギー消費原単位を求めるモデルを3つ立て、24通りのシナリオを通して、最小二乗法を用いて試算する。モデルその1が以下となる。

$$E_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$$

E_i : i社の総エネルギー消費量
 a_{ij} : i社/製品の生産量
 x_j : 製品のエネルギー消費原単位
 $x_j > 0$
 $i=1,2,\dots,m$
 $j=1,2,\dots,n$
 $m \geq n$

モデルその2:

$$E_i = \sum_{j=1}^{n'} a_{ij} x_j + b_i x_{n'+1}$$

E_i : i社の総エネルギー消費量
 a_{ij} : i社/製品の生産量
 x_j : 製品のエネルギー消費原単位
 b_i : i社製品以外の「その他製品」の生産量
 $x_{n'+1}$: 製品/以外の「その他製品」の製造エネルギー消費原単位
 $x_j > 0, x_{n'+1} > 0$
 $i=1,2,\dots,m', j=1,2,\dots,n'$
 $m' \geq n'$

しかし、以上のモデルに適応するデータが存在しなかったため、変数を減らす試み

で以下のモデルを作成した。

モデルその 3 :

$$E_i = \sum_{j=1}^{n'} a_{ij} x_j + b'_i$$

E_i : 社の総エネルギー消費量
 a_{ij} : 社/製品の生産量
 x_j : 製品のエネルギー消費原単位
 b'_i : 社製品/以外の「その他製品」のエネルギー消費量
 E'_i : 社の総エネルギー消費量から製品/以外の「その他製品」のエネルギー消費量を差し引いた後のエネルギー消費量
 $x_j > 0$
 $i=1,2,\dots,m'$
 $j=1,2,\dots,n'$
 $m' \geq n'$

$$b'_i = E_i \times \frac{\text{子会社}i\text{の「その他製品」の生産量}}{\text{子会社}i\text{のすべての製品の生産量}}$$

$$E'_i = E_i - b'_i$$

$$E_i = \sum_{j=1}^{n'} a_{ij} x_j$$

試算を行うプロセスの中で、各モデルについて検討し、シナリオを立て、試算を行う。モデルごとに改善したポイントを考え、より現実の値に近いエネルギー消費原単位の算出に努めた。

□ 生産額当たりエネルギー消費原単位の試算

まず、記載している各子会社においての「生産額当たりエネルギー消費原単位」、「生産額」、「石油原油の年間加工量」のデータを収集し、表でまとめた。

次に必要となる換算を経て、生産額の合計と年度のエネルギー消費量の合計を求める。

$$\text{グループの年度の生産額あたりエネルギー消費原単位} = \frac{\text{グループの年度の生産における総エネルギー消費量}}{\text{グループの年度の総生産額}}$$

$$\text{グループの年度の生産における総エネルギー消費量} = \sum (\text{各子会社年度の原油加工のエネルギー消費原単位} \times \text{各子会社年度の石油原油の加工量})$$

グループの年度の総生産額 = 各子会社の年度生産額の合計

続いて、これらのデータを上の数式を用いて生産額当たりエネルギー消費原単位を算出する。

4. 結果の考察

表 1 製品ごとエネルギー消費原単位 (物量ベース)

シナリオ	製品項目 (TJ/万吨)						
	ディーゼル燃料	ガソリン	灯油 ¹	軽油 ²	石油コークス	液化石油ガス	resnorm
15	31.3135	28.6319	49.5153	95.5303	120.835	N/A	2.90E+06
18	21.0532	13.70186154	3.1094	N/A	N/A	255.8643	2.19E+06
19	3.2079	66.04381868	14.9875	N/A	162.5022	N/A	2.09E+06
20	34.2642	31.63978132	7.1801	82.8048	N/A	N/A	2.88E+06
21	29.2558	35.56958132	8.0719	N/A	138.4681	0	6.02E+06
22	21.8586	16.99755275	3.8573	225.4375	N/A	0	2.06E+06
23	29.9856	31.07661868	7.0523	112.1497	143.6255	N/A	7.33E+06
24	31.6914	33.79063956	7.6682	109.3928	130.6824	0	6.55E+06

¹ Jet Fuelと(或は) Keroseneを含む
² 中国の「軽油」はナフサを示しているため、日本の「軽油」とは意味が違う
 注: N/Aはシナリオに含まれていない製品項目を指す

製品ごとエネルギー消費原単位の算出：データの不十分がメインの原因で、結果にかなりのばらつきが生じた。更に、日本のデータを参考に、ガソリンのような精製工程が多い製品のエネルギー消費原単位が逆に精製工程の少ない灯油より少ないことから、以上の結果は現実とかけ離れていることが判明された。入手できるデータ iii を基に製品ごとのエネルギー消費原単位を求めるのは困難であることが判明された。

2009 年度の生産額当たりのエネルギー消費原単位の算出：

結果は生産額当たりエネルギー消費原単位は 0.62 石炭換算トン TEC/万元となり、石油換算は 605.93TOE/millionUSD。

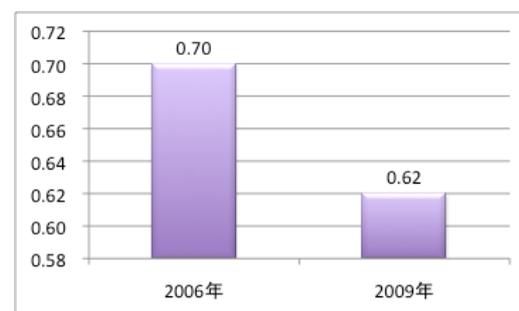


図 2 中国石油化学産業の生産額当たりエネルギー消費原単位

(石油産業活性化センターivより作成)

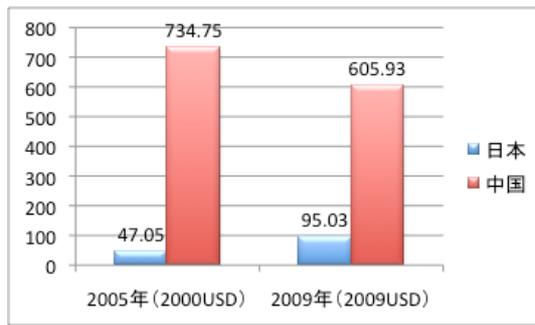


図 3 日中石油化学産業の生産額当たりエネルギー消費原単位

(経済産業省^v、電力中央研究所のデータⁱⁱⁱより作成)

以上の結果から、中国石油化学産業における生産額当たりエネルギー消費原単位は低下していて、日本との格差も縮まりつつあることが判明された。

5. 結論

本研究において、中国 2 大石油グループの子会社に関する限りある公開データを用いて、中国の石油化学製品個別のエネルギー消費原単位（物量ベース）を求める新たな試みを行った。しかし、データの不十分を感じ、個別の製品のエネルギー消費原単位を生産量に基づいてアロケーションすることが難しいと判明された。また、中国のデータに不完全な所が存在することも判明した。

一方、2009 年度中国石油化学産業の生産額当たりのエネルギー消費原単位の算出の結果を用いて、全体のエネルギー消費原単位の国内での比較と先進国日本との比較が実現でき、中国石油化学産業におけるエネルギー消費効率の向上を検証する事が出来た。

ⁱ中国石油化工集团公司年鑑 2010 版編委会, 2010 年 10 月, 『中国石油化工集团公司年鑑 2010』, 中国石化出版社

ⁱⁱ中国石油天然気集团公司年鑑編委会, 2010 年 12 月, 『中国石油天然気集团公司年鑑 2010』, 石油工業出版社

ⁱⁱⁱ星野 優子, 杉山 大志, 「世界各国のエネルギー起源 CO₂ 排出量の長期トレンドの分析」, 『電力中央研究所報告』 Y09023, 2010 年 5 月,

入手先

<<http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/Y09023.html>> (参照 2011-6-1)

^{iv} (財団法人) 石油産業活性化センター, 2000 年 3 月, 『石油製品油種別 LCI 作成と石油製品環境影響評価調査報告書』, (財団法人) 石油産業活性化センター

^v 「原単位表」, 2009 年, 経済産業省資源エネルギー庁, 入手先

<<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/energy/kekka/21/21result-2.htm>>, (参照 2011-8-15)