

コ ラ ム

量より質のエクセルギー

エネルギーという言葉は、しばしば意味が混同されて使われていると思うことがある。というのもエネルギー保存則、すなわち熱力学第一法則によると、エネルギーは不生不滅であつてその形態を変えこそすれ、その量は一定不変のはずである。ところが、一方では省エネルギーのため「エネルギーを大切にしよう！」という。一体、不生不滅であるはずのエネルギーをどうやつて大切にすればいいのだろうか¹⁾。

オイルショック以降、エクセルギー (Exergy) という言葉が目につくようになった。エネルギーの質を表す概念だという。語源はギリシャ語の Ergon (仕事) に、「外へ」の意味を持つ接頭語 ex をつけ、「取り出せる仕事」という意味である。

次のような理科の問題がある²⁾。「60°C のお湯 1 kg と 0°C の水 1 kg がある。二つを混ぜると 30°C のぬるま湯 2 kg になった。0°C を基準にすると混ぜる前後の熱量はそれぞれ何 kcal か。」いわずもがな答えはいずれも 60 kcal である。しかし、実際、日常生活において我々は両者は等価であると感じているだろうか。答えは否である。お湯からぬるま湯は容易に作る事ができても、熱を加えることなく 30°C から 60°C に変換することはできないからである。これをエクセルギーで計算してみる。混合前は、5.76 kcal、混合後は 3.07 kcal となり両者の違いを明確に表現できる。これは、エクセルギーが経験則である熱力学第二法則に基づいているからである。

排熱回収の場合も同様である。1000°C で 100 m³ のガスと 100°C で 1000 m³ のガスから熱回収することを考えれば、どちらが回収効率がよいかは自明であろう。にもかかわらず熱量 (エンタルピー) 計算では同等に扱ってしまうのである。

さらに、エクセルギーの大きな利点は、地球上の環境 (25°C, 1 atm) を基準にとることによつて、温度、化学、圧力、混合のエネルギーを同一基準で取り扱う

ことができることである。温度エクセルギーは、高温のみならず氷点下も扱うことができ冷凍プロセスの解析にも利用されている。地球上に存在する Fe₂O₃、Al₂O₃、SiO₂ などの化学エクセルギーは零であるが、還元が進むにつれて Fe₃O₄ (23.16)、FeO (28.36)、Fe (87.99) と順次高い値を持ちエクセルギーが蓄積されていく様子がわかる。また、Fe よりも C (98.12) は高い化学エクセルギーを持ち、Si (203.81) はさらに高い値を持つことは興味深い。括弧内の数字はいずれも kcal/mol である。

近年、洞窟での圧力エネルギーの貯蔵が注目されているがこの発想はまさに圧力エクセルギーに基づいていると言える。さらに、高気圧のときに圧力をため込んで、低気圧のときにそれを吐き出すという発想も生まれてくる。また、純物質は高いエクセルギーを持っているが、川の水 (真水) が海 (塩水) に流れ込む時に大きなエクセルギー損失が生じていることを指摘した人がいた。これらのエクセルギーの回収は、今のところ少なくとも経済的には採算が合わないが、どんな所にどれだけのエクセルギーが潜んでいるかを知っておくことは有益であろう。

話を元に戻し、エネルギーという言葉について考えてみる。「省エネルギー」について考える時、我々はエクセルギーという言葉は知らなくとも、知らず知らずのうちにエクセルギーの概念で考えていたことに気づく。なぜならば「使えば減る」エネルギーこそ、まさにエクセルギーといえるからである。

鉄鋼業は量から質の時代に入ったと言う。エネルギー評価においても量的評価 (熱収支、エンタルピー収支) から、質的評価 (エクセルギー収支) に代えてみてはいかがであろうか。

参考文献

- 1) 石谷清幹:「熱管理士教本」(1977) [共立出版]
- 2) 沼野正博:「図解熱エネルギー工学入門」(1982) [オーム社]

(東北大学 選鉱製錬研究所 八木順一郎)