

第1章

エネルギーと熱管理

第1次石油危機（第1次オイルショック、1973年）ならびに第2次石油危機（1979年）を契機として、「エネルギー危機」とか「省エネルギー」という言葉がさかんに使われるようになった。石油資源国である中東諸国^{注1}が産油制限や価格アップ^{※1-1}などをしたために、当時、石油の輸入のほとんどを中東諸国に依存してい

た日本では、深刻な問題となったのがエネルギー危機である。

近年では、アメリカ同時多発テロ（2001年）による石油価格の著しい高騰や、東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所の事故（2011年）による原子力発電の政策見直しなど、エネルギー状況の大きな変動は、各種産業に著しい影響をもたらした。日本の経済を大きく左右させる一要因となっている。

一方で、エネルギーについては、資源そのものの枯渇の問題や、その使用による地球環境汚染の問題などもあり、様々な困難に直面していることも認識しておかなければならない。

このような背景から、今までのエネルギーの使用状況を見直し

表1-1 エネルギー源の分類とその種類

鉱物系燃料 (化石系燃料)	石炭系	天然	固体	泥炭、亜炭、褐炭、れき青炭、無煙炭
		天然	気体	天然ガス（主としてCH ₄ からなる坑内ガス）
	加工	固体	コークス、コーライト、練炭、ピッチ、ピッチコークス	
		液体	コールタール、低温タール、モーターベンゾール、タール重油、人造石油、メタノール	
石油系	天然	液体	原油	
		気体	天然ガス	
	加工	固体	石油ピッチ、石油ピッチコークス、パラフィン	
		液体	ガソリン、灯油、軽油、重油	
生物系燃料	植物系	天然	固体	木材（燃料）、かれ草
		加工	固体	木炭、樹脂、木ロウ
	動物系	天然	液体	アルコール、木タール、松根油、脂肪油
		加工	液体	木炭発生炉ガス
特殊燃料	1	天然	固体	該当事項なし
		加工	固体	脂肪油とその加工物
	2	天然	液体	同上
		加工	液体	同上
	3	天然	固体	核燃料
		加工	液体	同上
4	天然	固体	水力	
	加工	液体	同上	
5	天然	固体	風上	
	加工	液体	同上	
6	天然	固体	地熱	
	加工	液体	潮汐力	

（寺田 清：燃料・燃焼および窯炉）

て、エネルギーの有効な利用および使用の低減を図ろうとするのが省エネルギーである。今後の産業界の発展のためには、エネルギー消費体質の改善はなくてはならないものといえるだろう。

そこで、エネルギー資源についての一般的な知識と鉄鋼業界におけるエネルギーの使用状況について、ここでしっかりと理解し、省エネルギーの必要性を再認識しておく必要がある。

第1節 エネルギー資源についての一般的な知識

一般に、エネルギーといえば、エネルギー源として直接使用される一次エネルギー^{※1-2}、しかも熱源となる燃料資源をいう場合が多い。表1-1にエネルギー源の分類とその種類を示す。このうち、実用的な一次エネルギーとしては、化石燃料が主体であり、表1-2に示すように世界の一次エネルギーの消費量は著しく増加している。これに対して、日本のエネルギー消費量は2000年ぐらいまでは増加傾向にあったが、官民一体の省エネルギー化や産業構造の変化などにより、それ以降はほぼ横ばいとなり、2010年あたりから、むしろ減少傾向にあるのが特徴である。

表1-2 世界の一次エネルギー消費量の推移（石油換算）

区分	1980		1990		2000		2010		2015	
	[百万ton]	[%]	[百万ton]	[%]	[百万ton]	[%]	[百万ton]	[%]	[百万ton]	[%]
石炭	1,811	27.3	2,243	27.6	2,379	25.3	3,634	29.8	3,840	29.2
石油	2,983	44.9	3,158	38.8	3,588	38.2	4,080	33.5	4,331	32.9
ガス	1,293	19.5	1,766	21.7	2,185	23.3	2,887	23.7	3,135	23.8
原子力	161	2.4	453	5.6	584	6.2	626	5.1	583	4.4
水力	384	5.8	489	6.0	601	6.4	784	6.4	893	6.8
その他	7	0.1	28	0.3	51	0.5	170	1.4	365	2.8
計	6,639	100.0	8,137	100.0	9,388	100.0	12,181	100.0	13,147	100.0

（経済産業省 資源エネルギー庁：平成28年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2017））

一方、エネルギー資源の埋蔵量についていえば、現状の生産量および消費量のペースでいくと、石炭は約110年分（発熱量の低い石炭（亜炭や泥炭）も含めると約3,000年分）あるが、石油は約50年程度で枯渇してしまうと予測されている。

日本のエネルギー供給の状況を見てみると、一次エネルギーの自給率はわずか7%（2015年）と非常に低く、エネルギー源のほとんどを海外に依存している状況にある。特に石油の海外依存度は99.7%（2015年）となっており、その自給率はほぼゼロに等しい。なお、石油の主な輸入先（2015年）としては、中東諸国

注1 アラビア湾（日本ではペルシャ湾と呼んでいる）沿岸のサウジアラビア、クウェート、イランなどのアラブ諸国をいう。

※1-1 ガイドブック1-1を指す。今後、この表記を見れば、本書の後半にあるガイドブックにおいて、該当する場所を参照するようにすること。

(82.5%)、ロシア (8.1%)、インドネシア (2.2%) などがある。

このようなことから、長期的、総合的かつ計画的な視点に立って、エネルギー政策を着実に遂行することが求められており、それを受けて、2002年に「エネルギー政策基本法」が制定されている。この基本法に基づき、2003年に第一次計画、2007年に第二次計画、2010年に第三次計画が策定され、第三次計画では2030年に向けて、エネルギー自給率ならびに化石燃料の自主開発率の倍増を目指すことが定められた。ところが、東日本大震災をはじめとして、エネルギーを巡る環境が大きく変化しており、現在、その環境の変化への対応に迫られている状況にある。

第2節 鉄鋼業におけるエネルギーの使用状況

日本の鉄鋼業におけるエネルギー種別消費量とその構成比を表1-3に示す。^{※1-7}ここからわかるように、石炭系燃料が全エネルギーの約80%以上を占めている。これに含まれる原料炭およびコークスは、高炉製鉄用原料として使用され、それらから副生する高炉ガス、コークス炉ガス、転炉ガスが燃料として利用される。電力は各種圧延機や動力機械設備の動力源および電気炉製鋼の加熱源として欠かせない。重油などの石油系燃料は、自家発電用ボイラー^{注1}、および圧延鋼材の加熱や製品の熱処理などを行う熱設備用の熱エネルギー源として、直接燃焼して使用される。

表1-3 日本の鉄鋼業におけるエネルギー種別消費量とその構成比 (2016年)

項目	単位	消費量 [PJ ^{注2}]	構成比 [%]
石炭系		1,837	84.6
電力系		211	9.7
石油系		123	5.7
合計		2,172	100.0

(日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計要覧 2018年版 出所：日本経団連)

鉄鋼業におけるエネルギー消費量は、日本の最終エネルギー消費量の約12.3%^{※1-8} (2015年) にあたる量であり、大量のエネルギーを消費しているといえる。

注1 ボイラーとは、燃焼室で燃料を燃焼させ、それによって得られた熱を压力容器内の水に伝えて、蒸気や温水を得る装置をいう。

注2 PJ (ペタジュール)：熱量の単位で、1PJは10¹⁵Jである。

また、電力使用量も非常に多く、日本全体の電力使用量の約7.2% (2015年) を占めている。このようなことから、鉄鋼業は国内最大規模のエネルギー消費産業といわれており、エネルギー危機を契機として、鉄鋼各社は省エネルギーに本格的に取り組んできた。^{※1-9}現在では、日本の鉄鋼業におけるエネルギー効率は、世界最高水準ともいわれているが、現状に甘んじることなく、今後もより高効率化を目指して、省エネルギーに取り組んでいかなければならない。

省エネルギーを達成するために、科学的に検討したり、さまざまな技術を適用していくのが**エネルギー管理**である。鉄鋼業における省エネルギーには、生産プロセスの改革によるエネルギーの有効活用も必要であるが、種々のエネルギー管理技法を自由自在に使って熱エネルギーの損失を抑制し、燃料原単位^{注3}を低減させることが実際には効果的である。そのためには燃料および燃焼についての知識をもったうえでエネルギー管理技法を習得しておく必要があり、以下、各章にてそれらを勉強してもらいたい。

なお、地球環境問題への国際的取組みとして、2015年に第21回気候変動枠組条約締約国会議 (COP21) がパリで開催され、気候変動抑制に関する多国間の国際的な協定 (パリ協定)^{※1-10} が採択された。これは、1997年に採択された京都議定書以来、18年ぶりとなる気候変動に関する国際的枠組みであり、2020年以降の地球温暖化対策を定めたものである。パリ協定においては、各国が、温室効果ガスの排出量の削減目標を作成、提出、維持する義務と、削減目標を達成するための国内対策をとる義務を負っており、日本も2030年までに、2013年比で、温室効果ガスの排出量を26%削減することを目標に掲げている。国内最大規模のエネルギー消費産業である鉄鋼業においては、国内での温室効果ガス排出量の削減に取り組んでいくのはもちろんのこと、世界各国とも国際連携をとって、地球規模での温暖化対策に貢献していくことが求められる。^{※1-11}



近年、中国やインド等のアジア諸国において、電力需要の増加に伴って火力発電所での石炭消費量が増加しており、世界全体での石炭貿易量も増加傾向にある。石

注3 本文 86 ページ参照。

炭の輸入量は世界全体で約13億tonであり、そのうち日本の輸入量は14.5%を占めている。なお、一般炭、原料炭ともにオーストラリアからの輸入が大半を占めている。ただし、石炭は化石燃料の中でも二酸化炭素の排出量が最も多いため、その使用量を低減させる必要があるといえる。

世界の石炭貿易量（2015年）

輸出国	〔百万ton〕	〔%〕	輸入国	〔百万ton〕	〔%〕
オーストラリア	392.3	29.9	インド	221.8	16.8
インドネシア	368.4	28.1	中国	204.1	15.4
ロシア	155.1	11.8	日本	191.6	14.5
コロンビア	82.0	6.3	韓国	135.1	10.2
南アフリカ	77.3	5.9	台湾	65.8	5.0
アメリカ合衆国	67.1	5.1	オランダ	56.8	4.3
その他	168.9	12.9	その他	448.5	33.9
合計	1,311.1	100.0	合計	1,323.8 ^①	100.0

（経済産業省 資源エネルギー庁：平成28年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2017））

（注）① 各国・地域の輸入量を積み上げたもので、輸出货量合計とは一致しない。

日本の主な石炭輸入先（2015年）

一般炭 ^①			原料炭 ^②		
輸入国	〔千ton〕	〔%〕	輸入国	〔千ton〕	〔%〕
オーストラリア	85,760	76.5	オーストラリア	36,705	50.2
インドネシア	11,837	10.6	インドネシア	20,944	28.7
ロシア	10,998	9.8	カナダ	6,266	8.6
カナダ	1,738	1.6	アメリカ合衆国	4,246	5.8
アメリカ合衆国	1,095	1.0	ロシア	3,768	5.2
中国	503	0.4	中国	94	0.1
その他	159	0.1	その他	1,045	1.4
合計	112,092	100.0	合計	73,068	100.0

（経済産業省 資源エネルギー庁：平成28年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2017））

（注）① 一般に燃料として用いられる石炭であり、主に発電用燃料として使われる。

② コークスの原料として用いられる石炭である。

練習問題

1 日本の一次エネルギーの需給事情と自給率について簡単に述べよ。

2 鉄鋼業で使用されている一次エネルギーにはどのようなものがあるか。