

わが国石油産業のエネルギーフロー

Energy Flows in Japan's Oil Industry

小川 芳 樹*

Yoshiki Ogawa

1. 石油産業が担うエネルギーフローの全体像

2回の石油危機の発生に対して、わが国は「脱石油」のスローガンを掲げ、石油代替エネルギーの導入を促進した。第1次石油危機の勃発した1973年度に1次エネルギー国内供給の約75%を占めた石油供給は、省エネルギーおよび代替エネルギーの進展によって第2次石油危機後の1985年度には約55%まで低下した。その後は1986年に起こった原油価格暴落を転機として、石油構成比の低落傾向には歯止めがかかり、現在までほぼ横這いしないし微増傾向が続いている。1994年度時点で、石油供給はなお約56%の構成比を占めており、その意味では、エネルギーの太宗を担う役割を現在も保持し続けているということが出来る。

わが国の1994年度における1次エネルギー段階、精製段階から消費段階に到る石油のフローを、原油、NGL、石油製品合計、ガソリン、ナフサ、ジェット燃料油、灯油、軽油、A重油、BC重油、潤滑油、オイルコークス、その他石油製品、製油所ガス、LPGの各油種に分けて、表1にまとめる。この表は、わが国における石油供給フローの全体像を概括的に示しており、原油の生産段階、原油、石油製品の輸入段階、原油から石油製品への精製段階、消費者に対する種々の石油製品の流通・販売段階で、石油産業が一連の供給チェーンを形成して様々な活動を行っている。

この報文では、石油産業が係わりを持っているエネルギーフローの特徴を、1次エネルギー段階、精製段階、消費者への流通・販売段階に分けてみていきたい。石油産業が取り扱っているエネルギーの約90~95%は、消費者に対する供給のために原油から石油製品へ転換する原料に相当するといえる。石油産業自身も原油の生産から販売・流通まで石油の供給活動に応じて様々

なエネルギーを消費してわが国のエネルギーフローに係わっているが、これは取り扱っているエネルギー全体の約5~10%に相当するとみられる。海外からの原油輸送や国内での石油製品の流通でもそれなりのエネルギー消費があるが、詳しい統計がわかっていないので、ここでは石油産業のエネルギー消費で最も大きな部分を占める製油所を中心としたエネルギー消費についてまとめる。

2. 1次エネルギー段階における石油産業のエネルギーフローの特徴

2.1 わが国の石油産業による原油生産

わが国の国内原油生産は、1994年時点で86万2,527klと原油供給量のわずか0.3%に過ぎない。第1次石油危機の起こった1973年には81万7,522kl（原油供給の0.3%）であるので、現時点は第1次石油危機前の国内原油生産と同程度の水準を保っているといえる。わが国の原油生産は、過去30年間にわたって単純に横這いであったわけではなく、第2次石油危機後の1981年には45万2,551kl（原油供給の0.2%）まで低下した。その後、1990年代に入って新たな開発が進み、国内の原油生産は過去の水準をようやく回復した。

高度な油田技術の開発と低コスト化が進んでいるので、今後もわが国で原油増産が見込まれる可能性がないわけではない。しかしながら、国内原油生産が全体の原油供給の0.5%未満で、わが国に必要なほとんどすべての原油を海外から持ってこなければならないというエネルギーフローの大勢に大きな変化は起こりそうにない。

わが国石油産業による原油生産としては、国内の他に自主開発原油ということで海外の産油国に進められている原油生産がある。わが国は、古くから自前原油も持ちたいということで、政策的に海外での原油生産を奨励し、公的資金による開発支援も幅広く行っている。後述の原油輸入構成でも述べるが、わが国の

* (財)日本エネルギー経済研究所 総合研究部研究主幹第3研究室長

〒105 東京都港区虎ノ門4-3-13 秀和神谷町ビル

表1 石油産業によるわが国の石油フローの全体像(1994年)

(単位:原油換算100万kl)

	原油	NGL	石油製品 合計	ガソリン	ナフサ	ジェット 燃料	灯油	軽油	A重油	BC重油	潤滑油	オイル コークス	その他 石油製品	製油所 ガス	LPG	合計
国内生産	0.86		0.00													0.86
輸入	267.92	5.05	57.50	1.34	20.27	3.23	2.08	1.22	1.13	4.72	0.09	3.86			19.56	330.47
輸出			-22.40	-0.76	-0.28	-6.03	-0.35	-1.76	-1.61	-10.87	-0.49		-0.23		-0.02	-22.40
在庫変動	-0.12		-2.06	-0.44	0.05	-0.09	-0.57	-0.31	-0.14	-0.30	0.02		-0.04		-0.24	-2.18
1次国内供給計	268.66	5.05	33.04	0.14	20.03	-2.89	1.16	-0.85	-0.61	-6.46	-0.38	3.86	-0.27		19.31	306.75
石油精製 製油所自家消費	-247.63	-1.50	249.78	45.54	15.62	7.02	26.32	44.62	28.60	55.47	2.84	0.60	6.78	10.23	6.12	0.64
	-0.03		-12.14	-0.10	-0.18		-0.14	-0.14	-0.10	-2.20	-0.04	-0.03		-9.10	-0.11	-12.16
統計誤差	0.00	0.00	-0.71	0.14	-0.23	0.10	-0.56	0.33	-0.23	-0.45	0.05	0.00	0.03	-0.13	0.23	-0.71
消費部門合計	21.00	3.55	269.97	45.73	35.24	4.23	26.78	43.97	27.66	46.36	2.47	4.43	6.55	1.00	25.56	294.52
産業部門計	21.00	3.55	132.05	0.11	35.24		8.49	10.64	16.15	42.15		4.43		1.00	13.85	156.60
電気事業者	21.00	0.37	24.49		0.17			0.18		23.63					0.51	45.86
自家発電			12.42		1.02				0.46	9.41		0.78		0.61	0.14	12.42
都市ガス他			4.23		0.27		0.01			0.02		0.39		0.39	3.15	4.23
農林水産			12.12				3.23	3.40	5.40	0.09						12.12
建設			6.17				1.17	4.30	0.69	0.01						6.17
化学工業		3.18	40.14		33.61		0.34		1.18	1.54		0.56			2.92	43.32
窯業土石			3.98				0.11	0.01	1.06	1.77		0.78			0.25	3.98
鉄鋼			3.62				0.33	0.03	0.60	1.10		0.80			0.77	3.62
紙パルプ			3.25				0.11		0.47	2.43		0.15			0.09	3.25
食料品			2.38						2.05	0.33						2.38
繊維			2.38				0.01		0.93	1.26		0.03			0.16	2.38
非金属			1.94				0.19		0.99	0.46		0.03			0.27	1.94
金属機械			1.82				0.40	0.08	0.79						0.56	1.82
その他産業			13.11	0.11	0.18		2.59	2.63	1.52	0.12		0.92			5.03	13.11
民生部門計			40.08				18.30	0.06	9.70	2.17					9.85	40.08
家庭用			20.51				13.01								7.50	20.51
業務用			19.57				5.29	0.06	9.70	2.17					2.36	19.57
運輸部門計			88.83	45.62		4.23		33.28	1.80	2.04					1.86	88.83
旅客用			54.76	41.13		3.69		8.09							1.86	54.76
貨物			34.06	4.49		0.54		25.19	1.80	2.04						34.06
非エネルギー			9.02								2.47		6.55			9.02

出所:通産省資源エネルギー庁長官官房企画調査課編、「平成7年版 総合エネルギー統計」のデータから作成。

注:製油所自家消費は、エネルギー生産需給統計年報の自家消費の数字を用いており、エネルギー消費動態統計年報の数字とは相違がある。

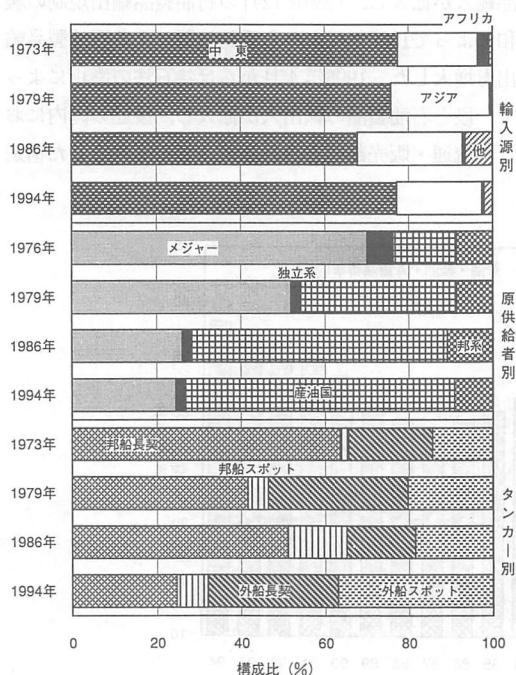
石油開発会社による海外生産原油で、1994年度にわが国が輸入した原油は約2,498万klで、原油供給全体の9.1%に相当している。第1次石油危機の1973年時点でも約2,500万klの開発原油が輸入されていた。産油国の減産に合わせて開発原油の輸入が減少し、構成比が6%台に低下したこともあったが、最近では9%台に回復した。

資源面で有望な鉱区は、石油メジャーや産油国自身が抑えているので、わが国は自主開発原油に非常に大きな力を注いでいるが、この面からも石油産業に係わる現在のエネルギーフローに画期的な変化が起こることは考えにくい。

2.2 わが国の石油産業による原油輸入

わが国の石油供給フローの99%以上が海外からの石油輸入に依存している。わが国の石油輸入は世界全体の石油貿易の約15%を占めており、大きな重みを持っている。わが国の原油輸入構造の変化を、輸入供給源別、原供給者別、用船タンカー区分別に分けて、図-1にまとめる。

この図をみるとわかるように、わが国における原油輸入の最大の特徴は、輸入供給源別にみた時に中東に対する輸入依存度がきわめて高いことである。1994年時点の原油輸入における中東依存度は約77%であった。



出所：石油連盟、「内外石油資料各年版」のデータから作成。

図-1 わが国石油産業の原油供給におけるフロー

第1次石油危機が発生した1973年時点の原油輸入に占める中東依存度は約78%であったが、第2次石油危機後の1985年には原油供給源の多様化を図ったこともあって、中東依存度は約69%まで低下した。1986年の原油価格暴落によるエネルギー価格の低迷を受けて拡大し始めた石油需要の下で原油輸入の中東依存度は再び上昇傾向を示している。経済成長に伴って石油需要が急拡大しているアジア途上国と共に、わが国の中東原油への輸入依存度が増大していることは、今後のエネルギーフローの確保という視点から非常に大きな問題となりつつある。

図-1の2番目には原供給者別の原油輸入構成の変化を示す。統計が古いところは整備されていなかったもので、1976年のデータまでしか遡ることができない。第2次石油危機前の1976年における原油供給をみると、8大メジャーズが原供給者である輸入が約70%を占めていた。産油国の国営石油会社は約15%に過ぎない。第2次石油危機を経て原油価格が暴落した1986年までに、原油輸入における原供給者構成は大きく変化した。1986年の構成は、産油国の国営石油会社が約60%を占めたのに対して8大メジャーズが約26%まで低下して、完全に逆転している。その後から現在まではそれほど大きな変化は起こっていない。すでに述べたように、わが国の石油開発会社による供給も7~10%程度の構成比で推移しており、それほど大きな変化となっていない。

原油の輸入フローの変化は、原油を運ぶ外航タンカーの用船形態によっても起こっている。その変化の様子を図-1の3番目に示す。1973年の構成比をみると、日本船籍のタンカーを長期用船して輸送するケースが約64%を占めていたのに対して、外国船籍のタンカーは長期用船が約20%、スポット用船が約14%となっていた。途中で多少上がったたり下がったりは生じているが、1994年時点では、日本船籍のタンカーが約32%と減少したのに対して、外国船籍のタンカーは長期用船約31%、スポット用船約37%と全体で70%近くまで構成比が増している。日本船籍のタンカーを長期用船する方式から外国船籍のタンカーをスポット用船する方式へシフトしてきている様子がよく分かる。

これまで海外からわが国への原油輸入フローの構造変化を輸入供給源、原供給者、輸送タンカーといった視点から眺めてきたが、この他に、原油のAPIや硫黄分といった性状からもみることができる。わが国の石油産業は、こういった原油輸入フローの様々な視点を

加味しながら供給チェーンを形成して、原油の安定的な調達に努めているのである。

3. 石油製品の精製段階におけるエネルギーフローの特徴

3.1 わが国の製油所における石油製品生産パターン

海外からの輸入原油がわが国に到達すると、石油産業の係わるエネルギーフローの中で大きな位置を占めるのは、製油所における石油製品の生産である。1973年度から1994年度までに、わが国の製油所で起こった石油製品の生産パターンの変化を、図-2に示す。この図をみると、石油危機を通じてわが国の石油製品の生産パターンがダイナミックに変化し、エネルギーフローにおける石油産業の役割もそれに応じて変貌したことがわかる。

すでに述べたように、石油危機の発生によってわが国では脱石油という形で代替エネルギーの導入が図られたが、その中心となって需要が大幅に減退したのは産業部門および発電部門の重油消費であった。実際に、1973年に45%近くもあった重油の生産得率が、1985年までに20%近くまで低下してしまう結果となった。いわゆる石油製品の軽質化が進んだということである。

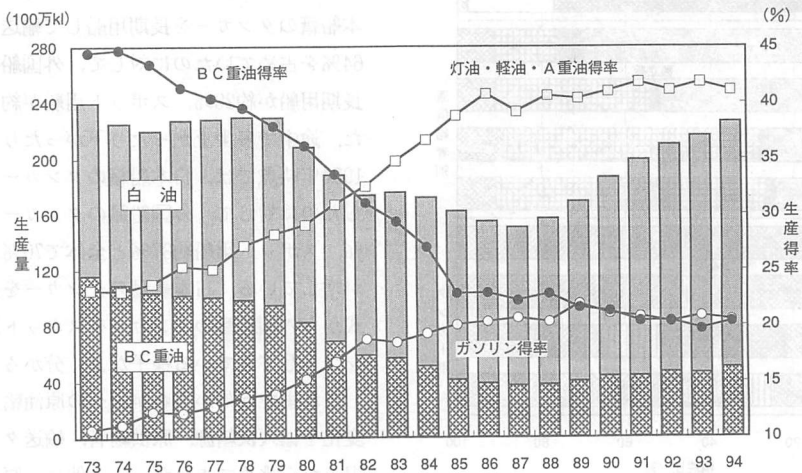
石油製品の軽質化が進んだのは、すでに述べた重油需要の減退の他に、石油代替の効きにくいガソリンや軽油を中心とした輸送用燃料の需要が相対的に伸びた結果でもある。

このような石油製品需要の軽質化に対応して石油産業は大幅な分解設備を導入する必要が生じた。第1次

石油危機からの20有余年にわたって、石油産業が導入に努めた分解設備の中心は、FCC（流動接触分解装置）である。また、石油製品の物量的なフローの中には必ずしも明解な形で現われないが、この間に軽油や重油の低硫黄化など環境に配慮した石油製品の高品質化も進んだため、製品の軽質化に対する設備対応の他に、製品の高品質化に対する設備対応も同時に行なうことが必要となった。

石油製品の軽質化や高品質化を引き起こした石油フローの変化は決して小さいものではない。石油産業の生産活動は、全体のエネルギーフローの中で、重油を中心として発電・産業部門への安定供給に軸足を置いた内容のものから、輸送部門や民生部門に幅を広げて国民生活に深く根ざす内容のものに変化してきたとみることができる。

わが国は、原油を大量輸入して国内の製油所で石油製品を生産する方式を石油製品供給フローの基本としてきたが、石油製品需要の軽質化や高品質化が進む中で、石油製品の過不足を調整するために石油製品の輸出入活動も次第に活発となってきた。実際に、表1の石油製品輸出入で示されるような石油のフローが種々の製品に関して生じている。1985年12月には特定石油製品輸入暫定措置法（特石法）の成立を受けて石油製品輸入が拡大し、1986年12月の石油製品輸出規制の緩和によって1980年代末から受託精製による石油製品輸出も増大した。1996年4月からは特石法の廃止によって一段と石油製品の輸出入が拡大し、後述の国内における流通・販売部門と合わせて、じっくりとした構造



出所：通産省資源エネルギー庁、「エネルギー生産・需給統計年報各年版」のデータから作成

図-2 わが国の石油製品生産パターンの変化

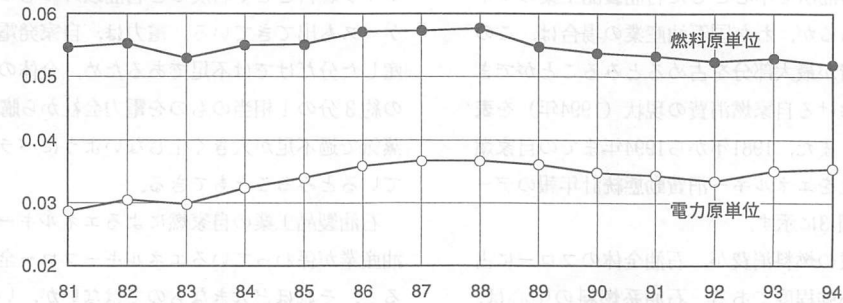
表2 石油製品工業の用途別石油消費の現状 (1994年) (単位: 原油換算100万kl)

	受入	消 費					
		合 計	ボイラ用	ボイラ用以外に使用したもの			
				計	原料用	直接加熱用	その他用
合 計	0.000	12.708	3.935	8.773	0.613	7.487	0.674
石油系燃料計		12.416	3.644	8.772	0.613	7.485	0.674
ガソリン		0.000		0.000			0.000
ナフサ		0.279	0.009	0.270	0.180	0.089	0.001
灯油		0.019	0.004	0.015		0.001	0.014
軽油		0.001		0.001		0.000	0.001
A重油		0.061	0.012	0.049		0.010	0.039
B C重油		2.698	1.840	0.858		0.815	0.043
炭化水素油		0.047	0.047	0.000		0.000	0.000
LPG		0.507	0.006	0.501	0.307	0.102	0.092
炭化水素ガス		8.774	1.697	7.077	0.126	6.469	0.482
石油コークス		0.029	0.029	0.000			
非石油系燃料計	0.000	0.292	0.290	0.002	0.000	0.002	0.000
石炭		0.290	0.290	0.000			
天然ガス		0.001	0.000	0.000		0.000	
LNG		0.002	0.000	0.001		0.001	
都市ガス	0.000	0.000		0.000			0.000

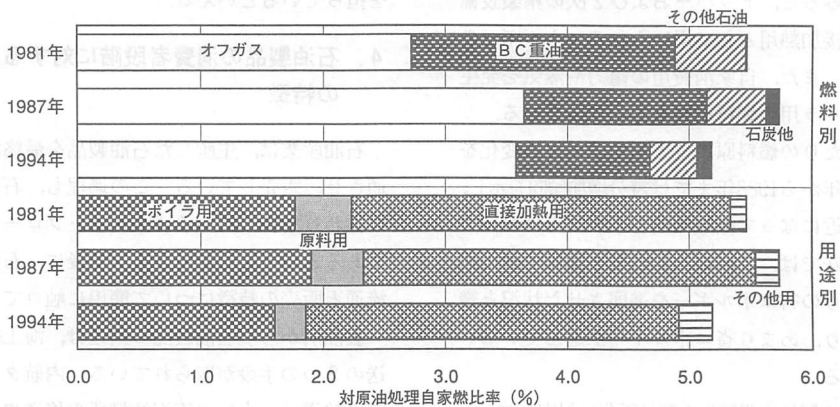
出所: 通産省資源エネルギー庁編, 「エネルギー消費動態統計年報」のデータより作成。

(原油処理当たりの製油所自家燃の原単位変化)

(原油換算kl / kl, 1000 kWh / kl)



(燃料別および用途別にみた製油所自家燃の構成変化)



出所: 通産省資源エネルギー庁, 「エネルギー消費動態統計年報」, 「エネルギー生産需要統計年報」のデータから作成

図-3 製油所における自家燃消費構造の変化

表3 石油製品工業の電力需要および蒸気需要の現状(1994年)

電 力 (単位:100万kWh)	購入電力 (買電)	自 家 発 電						その他
		合 計	火 力			その他		
			計	石油系	石炭系			
電力受注および生産	2,843.0	6,277.4	6,523.1	3,654.1	795.3	73.7	1,754.3	
	供給電力	消 費						販売電力 (売電)
	合 計	合 計	加熱用	電解用	動力用	その他用		
電力消費および販売	9,120.4	8,685.0	8,376.8			308.1	435.5	
蒸 気 (単位:100万t)	受入および蒸気発生			消 費			払 出	
	合 計	受 入	自家発生	合 計	生産工程用	自家発電・ その他用		
蒸気生産および消費	56.282	3.661	52.621	51.991	37.526	14.465	4.291	

出所: 通産省資源エネルギー庁編, 「エネルギー消費動態統計年報」のデータより作成。

変化が今後進むものと予想されている。

3.2 わが国の製油所におけるエネルギー消費

原油生産, 原油輸送, 石油製品生産, 石油製品輸送など石油供給チェーンの様々な段階で, 石油産業はエネルギーを消費しているが, 現状でこれらのすべてを統計上おさえることには無理がある。統計が整備されているのは, 製油所を中心とした石油製品工業のエネルギー消費であるが, わが国石油産業の場合は, このエネルギー消費が最大部分を占めるとみることができる。製油所における自家燃消費の現状(1994年)を表2にまとめる。また, 1981年から1994年までの自家燃消費の構造変化をエネルギー消費動態統計年報のデータに基づいて図-3に示す。

石油製品工業の燃料消費が, 石油全体のフローに占める割合は5%強程度である。石油系燃料の中心は, 図-3に示すように, 製油所のオフガスとBC重油である。用途別にみると, トップアおよび2次の精製設備において, 直接加熱用として用いられるエネルギーの消費が大きい。また, 自家消費用の電力や蒸気を発生させるためボイラ用の燃料消費も多くなっている。

原油処理当たりの燃料原単位と電力原単位の変化をみると, 1981年から1988年までは幾分増加傾向を示し, 1989年以降最近になって微減傾向を示すようになってきた。その意味では, 2回の石油危機を通じて他の産業部門がかなりの省エネルギーを進展させた状況と幾分異なっており, あまり省エネルギーが進んでいないようにもみえる。

これは, 石油製品の軽質化や高品質化に対応してトップアで原油が蒸留された後, 様々な2次設備での処理が必要となったため, その分追加のエネルギー消費が

必要になった結果と考えられる。重油の生産得率の低下が止って原油処理が増え始めた1988年以降はエネルギー消費も効率性が増すようになったとみられる。

自家燃に用いられる燃料のほとんどすべては, 原油処理に伴って生産された製油所の製品で, 最近は副産物であるオフガスのウエイトが高まっている。また, ボイラ燃料として石炭など石油以外のものを利用するケースも出てきている。電力は, 自家発電によって生産した分だけでは不足であるため, 全体の電力消費量の約3分の1相当のものを電力会社から購入している。蒸気で過不足が大きく生じないようにバランスを取っているとみることもできる。

石油製品工業の自家燃によるエネルギー消費は, 石油産業が係わっているエネルギーフロー全体と比較すると,それほど大きなものではないが, いくつかの特徴的な構造をもって産業部門のエネルギー消費の一翼を担っているといえる。

4. 石油製品の消費者段階に対する流通と販売の特徴

石油産業は, 生産した石油製品を最終消費者まで流通させ, 販売している。この過程も, 石油産業が大きな係わりを持っているエネルギーフローの重要な部分であるといえる。最後に, 石油製品の国内流通と販売の特徴について簡単に触れてみたい。

製油所からの石油製品の輸送は, 海上輸送と陸上輸送の2つの手段が取られている。内航タンカーによる海上輸送は, 大口の臨海油槽所の移送や大規模需要家への輸送を行う場合に用いられている。タンクローリーを中心とする陸上輸送は, 内陸油槽所への移送や給油

所や小口需要家への輸送に用いられている。わが国の国内における石油製品輸送では、内航タンカーによる分担率が45%程度、タンクローリーによる分担率が45%程度となっており、残る10%程度の中に鉄道輸送とパイプライン輸送が含まれている。欧米に比べると、パイプライン輸送のウェイトが小さいことが、わが国の大きな特徴となっている。

石油製品の流通経路は、上述のような製油所、油槽所、需要家という物流からみる他に、元売会社、特約店、販売店、需要家という商流からみることも重要である。いずれの石油製品も元売会社から特約店、販売店を経て需要家に販売する経路（特約店販売）と元売会社から直接に需要家に販売する経路（直売）を持っているが、それぞれの構成比は油種によって大きく異なる。

わが国の石油産業は、石油元売会社と特約店、販売

店などの石油販売業者に大きく別れた構造になっており、石油販売業者が各地域と密着して大規模から小規模まできわめて多様な業態を取っている点に特徴がある。わが国の給油所数は過去10年以上にわたってほぼ6万に近い軒数を維持しており、2回の石油危機を通じて給油所数のドラスティックな減少がみられた欧米とはかなり異なった様相を示している。バブルの崩壊を通じて必要になったわが国全体の経済構造変化の下で、石油の流通構造も大きく変化せざるを得ない局面に立たされている。

このようにみえてくると、石油産業がエネルギーフローの実に様々な段階で個性豊かに関わっていることがわかるが、見逃すことができない重要な点は、これらを通じて石油産業は消費者へ石油製品を供給するための一連のチェーンを形成していることである。

協賛行事ごあんない

「熱プラズマ材料プロセシングの基礎と応用」

〔主催〕 日本鉄鋼協会

〔協賛〕 電気学会、日本金属学会、日本機械学会

〔日時〕 1996年10月18日(金) 9:00~17:20

〔会場〕 東京大学山上会館(文京区本郷7-3-1)

〔内容〕 講演午前4件、午後8件

〔参加費〕 会員6,000円、非会員7,000円

学生5,000円(テキスト代を含む)

〔申込先〕 〒567 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1

大阪大学溶接工学研究所 田中 学

Tel 06-879-8666, Fax 06-879-8689