

# 自動車燃料油に関する欧州の品質強化と石油産業の対応

総合研究部 石油グループ研究員 伊藤孝司  
総合研究部 ガスグループ主任研究員 曾我正美

## 本報告の全体構成

### 第1章：大気環境、現行規制の現況

1. 欧州の現状の大気環境は？  
(大気汚染、車種別汚染物質排出構成、燃料別消費構成)
2. 現行規制は？  
(排出ガス規制、燃料品質規制の日米欧比較)  
(City 軽油)

### 第2章：欧州の新規規制

1. 欧州の将来の大気環境は？
2. 欧州の新規規制値案の推移は？  
(燃料品質規制、排出ガス規制)

### 第3章：欧州石油産業の現況

1. 石油製品需要、生産得率は？
2. 欧州の原油調達、処理原油の硫黄分は？
3. トッパー能力と稼働率・分解能力・脱硫能力は？
4. 欧州における域内軽油貿易の流れは？

### 第4章：新規規制への対応

1. 欧州自動車産業の対応は？(ディーゼル排気ガスの自動車技術対策)
2. 欧州石油業界の新規燃料品質規制に対する対応は？
3. ガソリン、軽油の低硫黄化にかかるコスト分析は？  
2000、2005年燃料品質規制の対応コストは？
4. Syn-Sat プロセスの概要は？
5. 2005年輕油品質の未決定項目に対する欧州石油業界の影響は？

### 第5章：海外出張トピックス

1. 大気環境、自動車排ガス対策、燃料品質規制について欧州企業、団体等の意見は？
2. CO<sub>2</sub>低減との関連性は？

# 第 1 章：大気環境、現行規制の現況

## 1 - 1 欧州の大気環境

現在、欧州の大気汚染は深刻な状況にあり窒素酸化物（NOx）、粒子状物質（PM）、一酸化炭素（CO）、ベンゼンの大気中濃度は全項目で大気環境目標値を達成できていない。特に、NOx・PMは、環境目標値を大幅に超過している。

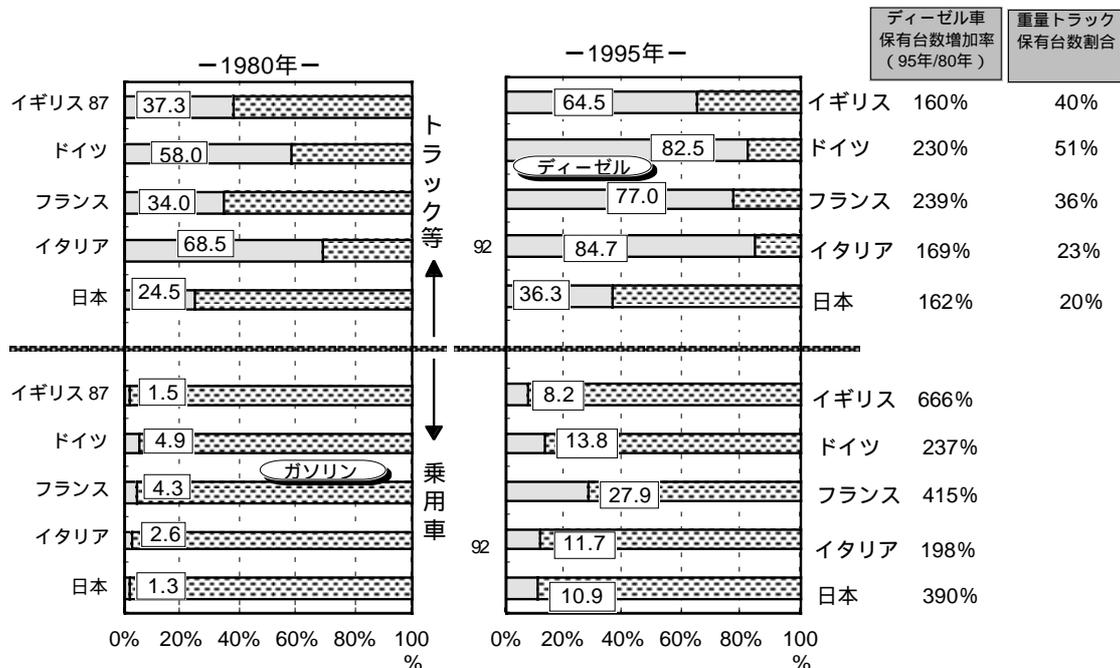
欧州の大気汚染物質のNOx排出では、移動排出源からのものが60%強を占め、日米欧の比較でみて、自動車等の移動排出源に対する削減対策が一番有効に作用する。また、PM排出を見ると、日米欧とも固定排出源からの割合が7～8割を占め、移動排出源の割合は小さいが、各国の移動排出源からのPM排出量は年々増加している。大気環境改善のためには、固定排出源に対する削減対策を進めると共に移動排出源に対する削減対策も講ずる必要がある。

## 1 - 2 自動車の保有台数

トラック・バス・特殊車（以下トラック等）のディーゼル車保有比率は1995年で70%弱～90%弱を占める。保有台数は80年に対して160～240%伸びている（図1-1）。また、トラック重量別の構成をみると、国により重量分けが異なるが、おおむね車両総重量が2～2.6t以上の重い部類に属する重量級トラックの割合が、欧州ではイタリアを除くと40%弱～50%強と多い。

乗用車のディーゼル車保有台数比率は、1995年で10数%台である。200%～670%の伸び率で伸びているが、これは元々のディーゼル車保有台数が少なかったことに帰因する。

図 1 - 1 欧州の燃料別に見た自動車の保有状況（構成比）



(注) データ制約上、1980年イギリスは1987年、1995年イタリアは1992年。1980年ドイツは旧西ドイツ、1995年ドイツは統合ドイツ数値を採用。(表中の数値は、ディーゼル車の構成比)。

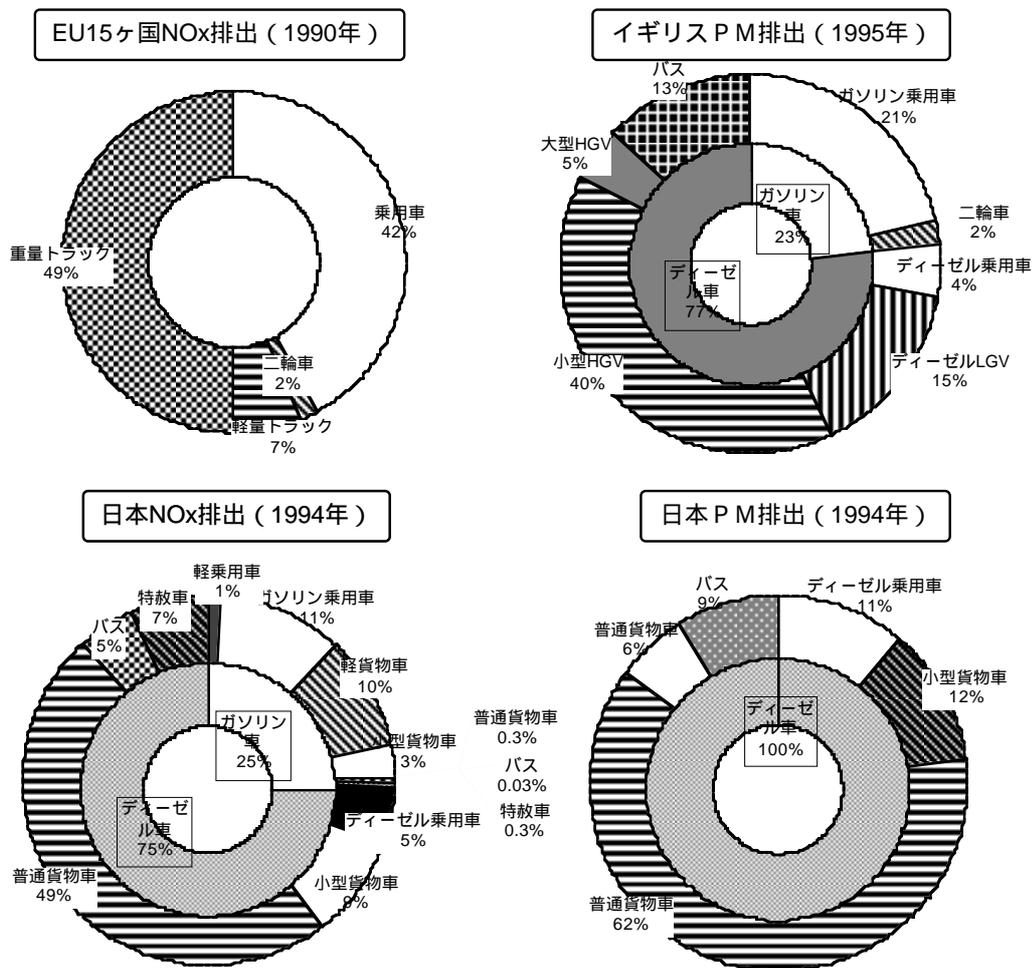
(出所) 主要国自動車統計(日本自動車工業会)

### 1 - 3 車種別の排出割合

EU15 カ国の NOx 排出の車種別構成をみると、重量トラックが半分以上を占めている。また、日本では、普通貨物車・小型貨物車などのトラックが、NOx 排出源の大半を占めている。ガソリン車・ディーゼル車の内訳は、ディーゼル車が 75% である（図 1 - 2）。

イギリスの PM 排出の車種別構成でも、小型・中型・大型トラックが大半を占めている。ガソリン車・ディーゼル車の内訳は、ディーゼル車が 77% である。日本の PM 排出でも、普通貨物車・小型貨物車などのトラックが 70% 以上を占めている。日本の場合は、ディーゼル車が 100% となっている。

図 1 - 2 車種別にみた NOx・PM の排出構成



(出所) OECD, Motor Vehicle Pollution: Reduction Strategies Beyond 2010, 1995; RICARDO 資料; 自動車排出ガス原単位及び総量に関する調査報告書, 環境庁, 1998

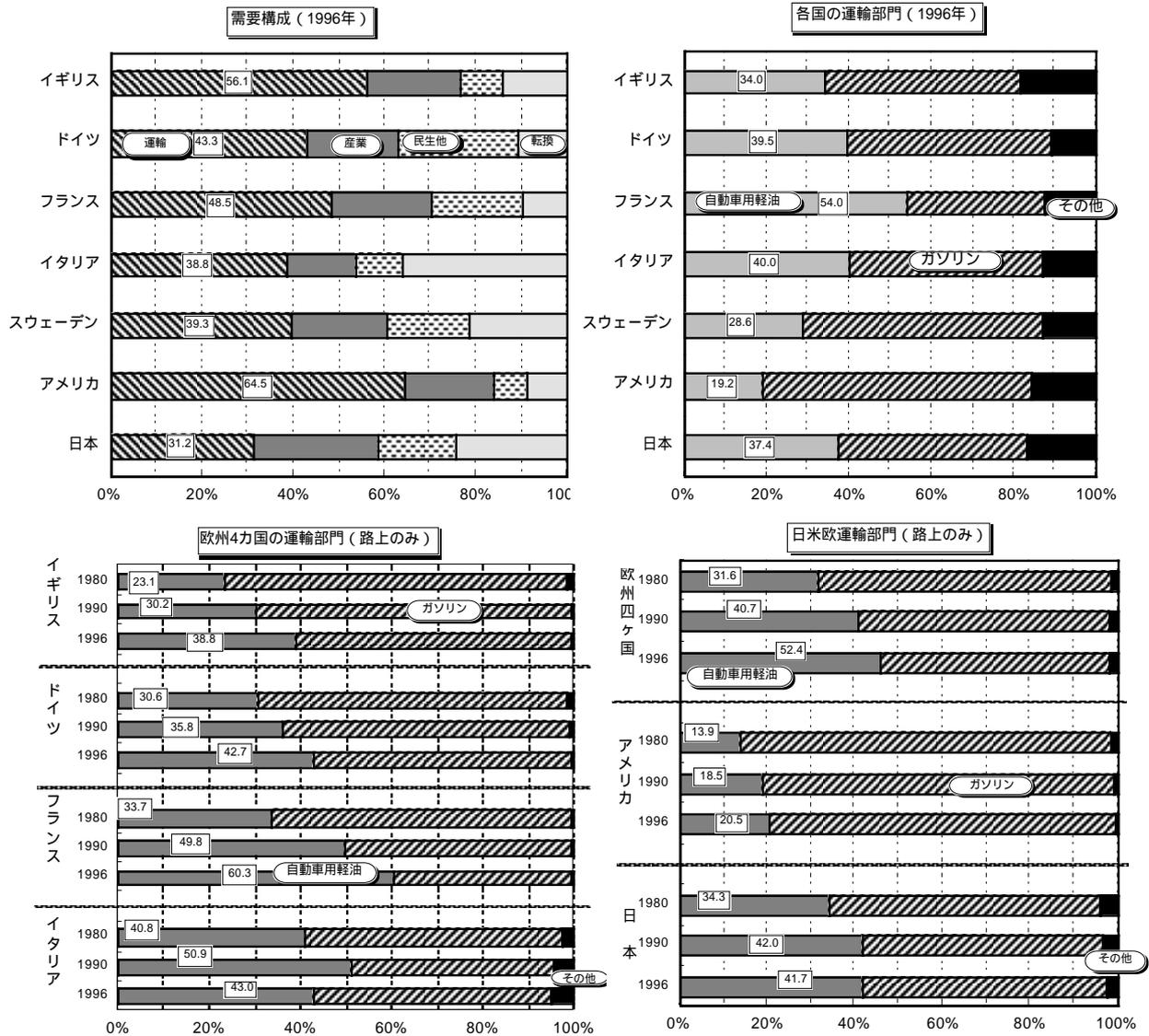
### 1 - 4 石油製品の需要構成

石油製品需要の部門構成をみると、イギリスを始め欧州各国で運輸部門の重みが大きく、60% 強～40% 弱を占め、日本の 30% 強と異なる。ディーゼル車保有比率の高い欧州では、運輸部門の油種構成でも、日米に比べ軽油需要の比率が高く、30%～54% を占める（図 1 - 3）。

さらに、道路走行に使用する燃料に絞った油種構成をみると、欧州諸国の自動車用軽油の比率は、近年も増加を続けている。特に、乗用車・トラック共にディーゼル車の増加が著しいフランスでは、軽油需要の比率が60%強へ大きく増加した。

欧州で自動車軽油の需要が大きい一因は、ガソリンが自動車用軽油に対して割高に設定され、軽油購入のインセンティブがあることである。

図1-3 石油製品の需要構成



重量ベース

(出所) IEA Oil Information 1997

### 1-5 現行の自動車排出ガス規制

日米欧の現行排出ガス規制は、各国の実状に合わせた試験モードを採用しており、排ガス規制値のみをみて同列に評価することはできない。

日米欧各国の試験モードは、車輻重量の重い Heavy Duty Vehicle と軽い Light Duty Vehicle や乗用車の2種類の排出ガス試験方法に大きく分けられる。

Light Duty Vehicle や乗用車の排出ガス試験方法は、車で走行するシャシベースのテストであり、Heavy Duty Vehicle はエンジン単体によるエンジンダイナモ試験法を用いる。

## 1 - 6 現行の燃料品質規制

日米欧の燃料品質規制をみると、ガソリン規格の硫黄分規制は米国が 1000ppm と一番緩く、欧州が 500ppm で、日本が 100ppm 以下と最も厳しい。ベンゼン規制は、日本と欧州が同一値で 5vol% 以下である。

軽油規格の硫黄分規制は、日米欧で一致しており、500ppm 以下である。セタン価規制は、米国が 40 以上と緩く、欧州は 49 以上である。セタン指数の規制も米国が 40 と緩く、それに比べて日本は 45、欧州は 46 以上と厳しい。90%留出温度に関しては、日本が 360、欧州が 350（95%留出温度規制 370 を換算）で、米国が 338 と最も厳しい。

## 1 - 7 City 軽油の導入

スウェーデン政府は、窒素酸化物や PM の排出源としてディーゼル自動車が大きく寄与しているとし、新しい自動車用軽油の品質規格を 1991 年に決定して City 軽油を導入した。

政府は City 軽油の生産と販売を促進するため、City 軽油への優遇税制を導入した。しかし、City 軽油は、灯油留分を多く含んでいるためセタン価が低く燃費が低いという問題を抱えている。また、灯油留分を使用することによって灯油・ジェット燃料油の生産が不足するという問題も生じている。

# 第 2 章：欧州の新規規制

## 2 - 1 欧州の将来大気環境

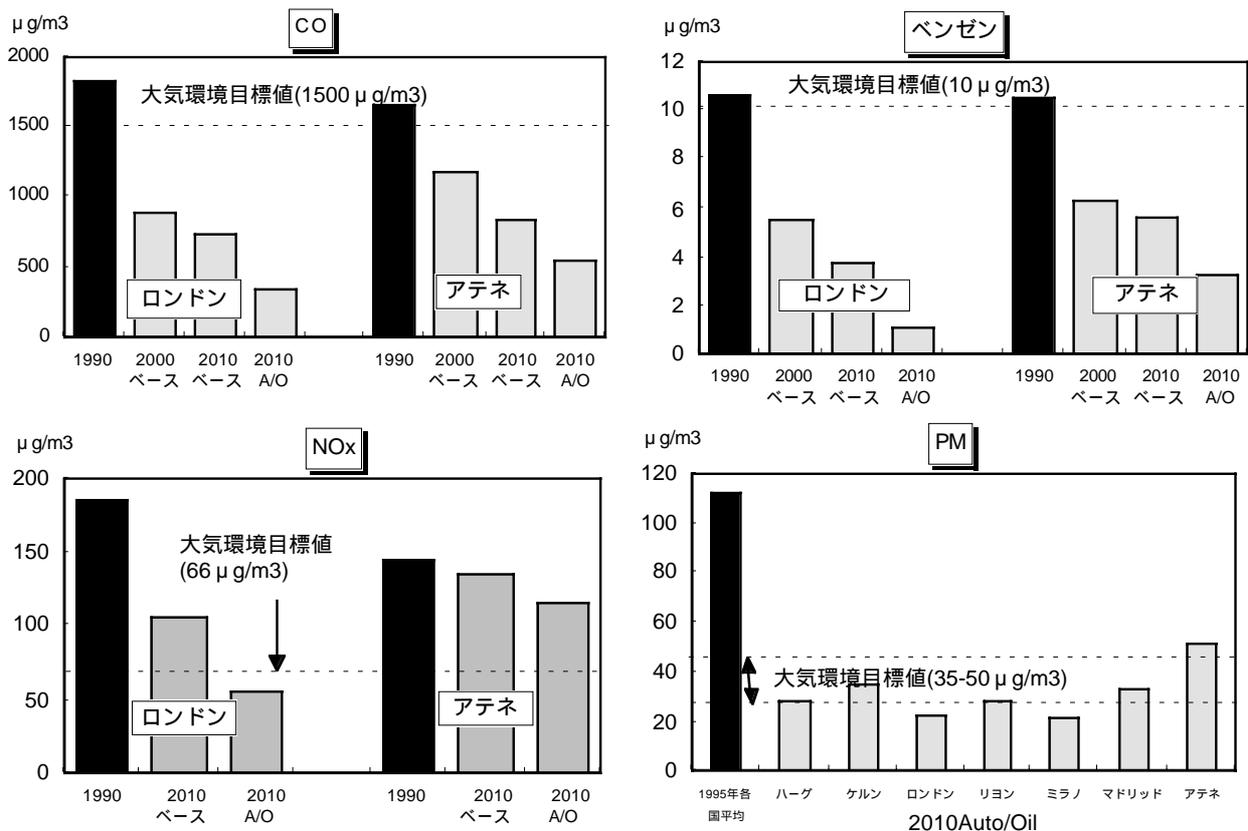
将来の欧州大気環境に関する予測が、現在既に合意されている対策を施すケース（ベースケース）と未確立の新技術導入を織り込んだケース（Auto/Oil ケース）の 2 通りを想定して試算されている。その結果によると、CO およびベンゼンに関しては、2000 年のベースケースで大気環境目標値を達成する見込みである（図 2 - 1）。

しかし、NO<sub>x</sub> および PM に関しては、大気環境目標値を 2010 年のベースケースでも達成ができない見込みである。Auto/Oil ケースの新規追加的な排出削減策を施した場合も、ロンドンは大気環境目標値を達成できるが、最悪の都市アテネにおいては達成できないと見られている。

## 2 - 2 欧州の新規規制

欧州の新規自動車排出ガス及び燃料品質規制は、オートイル・プログラム 1 (AOPI) を基に 1996 年 6 月 18 日に欧州委員会が Commission 案を提出した。その後 1997 年 4 月の欧州議会第 1 次査読案提出時に、政治的合意による大幅な規制強化が図られた。その後、数回の調整を経て、1998 年 6 月末に欧州委員会と欧州議会との間で合意した最終案が提出された。

図 2 - 1 欧州の大気環境予測



(出所) 「Auto/Oil - perspectives on urban air quality」 CONCAWE REVIEW vol.5 No.2 Oct.1996 よりエネ研作成。

自動車排出ガス規制は、まず乗用車・3500kg以下の小型商用車に区分される。続いて各々がガソリン車とディーゼル車に区別される。小型商用車は、その中でさらに車体の参考重量により3区分される(表2-1)。

乗用車・小型商用車の排出ガス規制値は、2000年、2005年の2段階で強化される。また、車載診断システム(OBD)の搭載は、ガソリン車が2000年から、ディーゼル車が2003年から義務付けられる。ただし、その中で小型商用車の重量クラスに関しては、2005年からとなる。ガソリン乗用車および小型商業車に対して、2002年以降コールドスタートテストの導入も義務付けられる。

なお、今回未決定の3500kg以上のHeavy Duty Vehicleは、1997年12月に2000年の排出ガス規制案が欧州委員会より提案されており、1999年末に決定する予定である。さらに2005年規制値に関しては、1999年末までに欧州委員会がCommission案を提出する予定である。

2000年、2005年の自動車排出ガス測定の試験モードも現行から変更される。乗用車及び参考重量が3.5トン以下のガソリン及びディーゼル商用車は、従来モードであるEDC法からアイドリングを40秒削減したEDC-40モードで測定する。

3.5トン超のHeavy Duty Vehicleは、2000年においては、従来の13モードと異なる新13モードで測定を行う。2005年からは、過度試験モードであるTransientモードで測定する。

表 2 - 1 EU の新規自動車排出ガス規制

乗用車 ( M1 )

油種	規制年	CO ( g/km )	HC ( g/km )	HC + NOx ( g/km )	NOx ( g/km )	PM ( g/km )
ガソリン	2000 年	2.30	0.20	-	0.15	-
	2005 年	1.00	0.10	-	0.08	-
ディーゼル	2000 年	0.64	-	0.56	0.50	0.05
	2005 年	0.50	-	0.30	0.25	0.025

3500 k g 以下の小型商用車 ( ガソリン )

規制年	RW ( 参考重量 ) /kg	CO ( g/km )	HC ( g/km )	NOx ( g/km )
2000 年	RW 1305	2.3	0.20	0.15
2001 年	1305 < RW 1760	4.17	0.25	0.18
2001 年	1760 < RW	5.22	0.29	0.21
2005 年	RW 1305	1.0	0.10	0.08
2006 年	1305 < RW 1760	1.81	0.13	0.10
2006 年	1760 < RW	2.27	0.16	0.11

3500 k g 以下の小型商用車 ( ディーゼル )

規制年	RW ( 参考重量 ) /kg	CO ( g/km )	NOx ( g/km )	HC + NOx ( g/km )	PM ( g/km )
2000 年	RW 1305	0.64	0.50	0.56	0.05
2001 年	1305 < RW 1760	0.80	0.65	0.72	0.07
2001 年	1760 < RW	0.95	0.78	0.86	0.10
2005 年	RW 1305	0.50	0.25	0.30	0.025
2006 年	1305 < RW 1760	0.63	0.33	0.39	0.04
2006 年	1760 < RW	0.74	0.39	0.46	0.06

- 車載診断 ( on-board diagnostic, OBD ) システムの装備を、ガソリン車は 2000 年、ディーゼル車は 2003 年から搭載 ( 小型商業車の重量クラスは 2005 年 )
- ガソリン乗用車および小型商業車に対して、2002 年以降コールドスタートテストの導入
- Heavy Duty Vehicle の 2000 年規制は 1999 年末までに決定、2005 年規制は Heavy Duty Vehicle 提案値を 1999 年末までに策定

Heavy Duty Vehicle の欧州委員会案 ( 1999 年末に決定予定 )

規制年	CO ( g/kWh )	NOx ( g/kWh )	HC ( g/kWh )	PM ( g/kWh )
2000 年	2.1	5.0	0.66	0.1

( 出所 ) EU 資料

欧州の燃料品質規制も、2000 年、2005 年と強化される ( 表 2 - 2、2 - 3 )。2005 年の決定済みの規制値はガソリンの芳香族分・硫黄分、軽油は硫黄分のみである。その他未決定の規制に関しては、オートオイル・プログラム 2 ( AOP2 ) の結果をもとに、1999 年末までに欧州委員会より提案される。

ガソリン規制の硫黄分は現行の 500ppm 以下から 2000 年に 150ppm 以下、さらに、2005 年に 50ppm 以下と低減化される。芳香族規制は、現行規制にはないが、2000 年に 42vol% 以下、さらに 2005 年に 35vol% 以下と規制がはめられ、強化される。また、軽油規制の硫黄分は、現行の 500ppm 以下から 2000 年に 350ppm 以下、2005 年に 50ppm 以下と強化される。

表 2 - 2 ガソリンの新規制値 ( maximum limits)

Parameter	現行統一規格	新規制値	
		2000 年	2005 年
RVP (kPa) 夏期	クラス別	60	
芳香族 (vol%)		42	35
ベンゼン (vol%)	5	1	
オレフィン (vol%)		18	
含酸素量 (wt%)		2.7	
硫黄 (ppm)	500	150	50

(出所) EU 資料

表 2 - 3 軽油の新規制値 ( maximum limits)

Parameter	現行統一規格	新規制値	
		2000 年	2005 年
セタン価;min	クラス別	51 以上	
密度 15 (kg/m <sup>3</sup> )	860	845	
T95 ( )		360	
多環芳香族 (wt%)		11	
硫黄 (ppm)	500	350	50

- 2000 年までに有鉛ガソリンの廃止 (限定的状態においては 2005 年まで猶予される)
- 硫黄分規制は社会経済的に問題のある一部南部の国は、2000 年規制は 2003 年、2005 年規制は 2007 年まで猶予される
- 2005 年の他の規制値は 1999 年末までに提案を行う

(出所) EU 資料

## 第 3 章：欧州石油産業の現況

### 3 - 1 石油製品の需要と生産得率

欧州全体の石油製品需要の推移を見ると、1980 年代前半は原油高価格への対応で石油製品需要がかなり減少したが、原油低価格時代を迎えてからは穏やかな増加に転じている。しかし、1980 年時点の需要量は回復していない。

石油製品需要では、自動車用軽油、その他軽油などの軽油が、最も大きな構成比を持つ。1980 年の 31%から 1996 年の 37%へ増加した。また、軽油需要の中では、自動車用軽油の増加が目立ち、1980 年の 8%から 1996 年の 18%へと増加した。

ガソリン需要は 1996 年で 22%を占める。ガソリン需要と自動車用軽油の構成比の差が 1980 年は 10%あったが、1996 年には 4%に差が縮まった。灯油需要は 1996 年にわずか 12 万 B/D で構成比は、ほぼ 0%である。一方、ジェット燃料油は 1980 年代後半から増加しており、1996 年で 6%を占める。

1980 年代以降重油の生産得率は大幅に低下し、1996 年で 17%となった。ガソリン得率は、1990 年代に入ってから 22%とほぼ横這いである。軽油の生産得率は 1980 年以降徐々に増加し、1980 年代後半から欧州の製油所において生産量が最も多い油種になった 1996 年の軽油の生産得率は

34%である。

### 3 - 2 原油調達の構造

欧州の原油調達構造をみると、域内原油が1980年で190万B/Dと16%のシェアを占めるに過ぎなかったが、1980年代前半からの北海原油生産量増加に伴って急速に増大し、1990年には290万B/Dで30%弱を占めるに至った。さらに、1990年代前半からの革新的な探採鉱・開発・生産技術の普及によって北海原油が増産したため、1996年には域内原油の調達量が460万B/Dまで伸び、全体の40%を占めた。

中東原油調達量は、1980年に680万B/Dで56%を占めていたが、1990年には31%まで落ち込み、1990年代にさらに減少を続け、1996年には300万B/D程度の26%になった。地理的な関係により、アフリカからも1980年代から近年まで毎年250万B/D弱を調達している。旧ソ連からの輸入量は、1980年代後半から増加し、1990年代は100万B/D以上を調達している。

### 3 - 3 処理原油の硫黄分

イギリスの処理原油は、自国産原油とノルウェー原油などの低硫黄原油が9割近くを占め、硫黄分の平均値は0.5%である(表3-1)。ドイツは、北海原油やリビア原油と低硫黄原油を主に処理しているが、高硫黄分の旧ソ連原油も処理しているため、硫黄分の平均値は0.7%となる。

フランスとイタリアの処理原油は、イギリスやドイツに比べ硫黄分が高い。フランスも北海原油を処理しているが、高硫黄の中東原油を30%以上処理しているため硫黄分の平均値は0.88%に達する。イタリアも、低硫黄のリビア原油や北海原油を40%処理しているが、中東原油と旧ソ連原油が多いため、硫黄分の平均値は欧州の平均値より高く、0.87%である。

ただし、欧州全体における処理原油の硫黄分は、米国や日本に比べれば、低硫黄原油を処理しているので低い。

表3-1 欧州・米国・日本における処理原油の硫黄分(1996年)

輸入地域	代表油種 (硫黄分)	原油油種別処理比率						
		イギリス	ドイツ	フランス	イタリア	欧州諸国	米国	日本
北海	ブレイト(0.37%)	86%	39%	34%	10%	40%	4%	
中東	アビアン・ライト(1.80%)	2%	6%	22%	14%	13%	9%	22%
	イコアン・ライト(1.50%)	1%	1%	10%	17%	8%		10%
	マボン(0.79%)							39%
	クウェート(2.55%)	2%	1%	1%		2%	2%	8%
西アフリカ	ボニーライト(0.14%)	2%	4%	10%	2%	6%	5%	
北アフリカ	カシ・ブレイド(0.11%)	1%	5%	4%	3%	2%		
	イス・シダ(0.27%)		11%	2%	30%	8%		
旧ソ連	ウレ(1.19%)	3%	20%	10%	11%	11%		
アジア・太平洋	ミヌ(0.09%)					2%	1%	12%
北米	WTI(0.24%)			3%			52%	
	ボウバ(2.37%)						8%	
中南米	パンヤコ(2.68%)	2%	3%			3%	10%	
	イム(1.22%)	1%				1%	9%	2%
処理原油の硫黄分平均		0.51%	0.71%	0.88%	0.87%	0.85%	0.97%	1.16%

(注) 各国の処理原油硫黄分平均は、輸入地域代表原油の硫黄分を加重平均した。

(出所) IEA, "Oil Information," Petroleum Intelligence Weekly, "The International Crude Oil Handbook,より、エネ研が作成

### 3 - 4 精製装置の能力

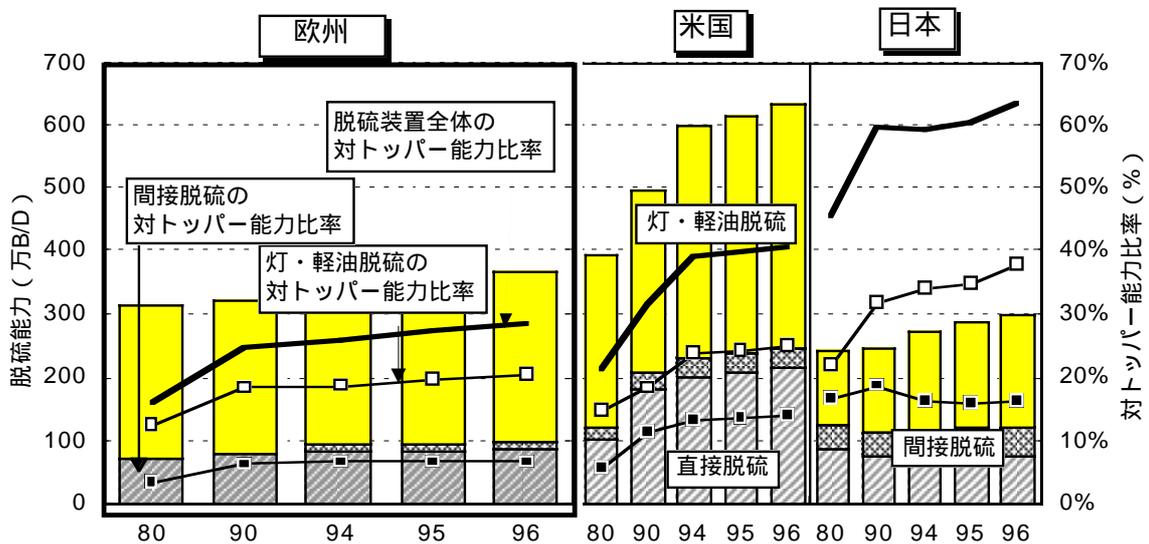
欧州全体の精製能力は、1980年で1,262万B/Dの石油需要に対して2,001万B/Dのトッパー能力を有していた。米国や日本より精製能力が余剰状態にあったといえる。1990年にトッパー能力は、1,306万B/Dに縮小しており、1980年に比べると約35%を削減した。

1980年の分解装置能力は171万B/Dで、トッパー能力に対する比率は10%に過ぎなかった。1980年代前半から重油需要の減少に伴う石油製品の軽質化に対応して、FCCを中心とする設備増強が図られた。この結果、1996年の分解能力は対トッパー能力比25%まで上昇した。また、基本的には米国と同様にFCC中心の設備導入となり、残る減圧残渣を処理する必要性からコーカー等の熱分解の導入も行われた。

また、近年では環境への対応として自動車用軽油の品質強化が進められており、このため水素化分解の増強も目立つ。しかし、1996年でも重油需要は10%以上を占めているので、分解装置能力は米国に比べると低い。

欧州の脱硫設備は、米国や日本に比べると装備されていない。間接脱硫設備のトッパー能力比は1996年でも7%と低い(図3-1)。近年は、中間留分の品質強化のため、灯・軽油脱硫設備の増強が目立つ。欧州は米国と同様に、FCC、熱分解、間接脱硫の組み合わせで白油化への対応を進めているため、常圧残渣を脱硫する直接脱硫設備の導入はほとんど行われていない。

図3-1 欧州・米国・日本における脱硫能力の推移



(出所) Oil and Gas Journal, "World Refining Report," 各年版のデータよりエネ研が作成

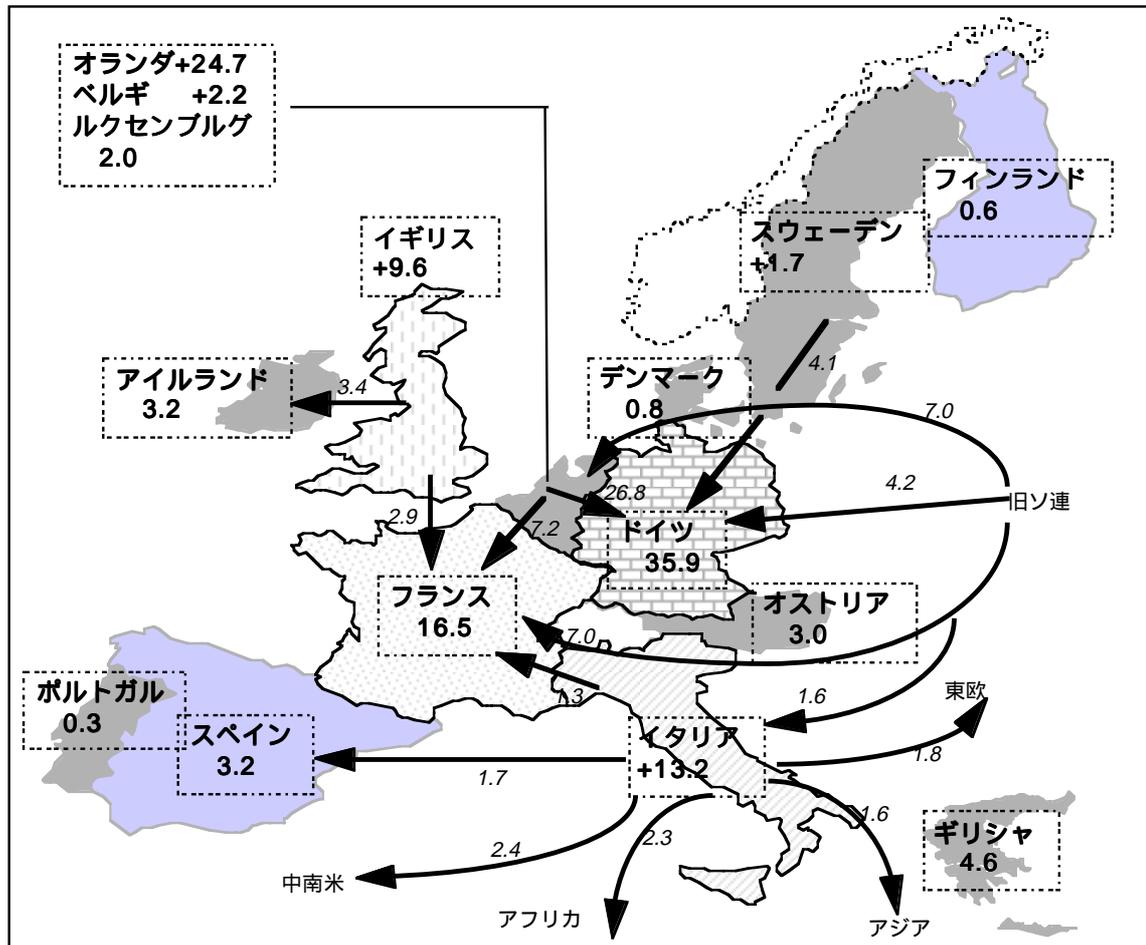
### 3 - 5 軽油の需給と域内貿易

欧州地域の製油所の軽油生産能力は、軽油需要量400万B/D~450万B/Dをほぼ満たしている。ただし、過不足を調整する域内貿易が行われており、軽油需要量の約4分の1を貿易量が占めている。

欧州の軽油域内貿易は、オランダ・イタリア・イギリス等の輸出国とドイツ・フランス等の輸

入国に分けられる（図3 - 2）。

図3 - 2 欧州における主な軽油貿易の流れ（1996年）



(注) 単位：万 B/D、 : 輸入超過、+ : 輸出超過  
 (出所) IEA, "Oil Information,"に基づいてエネ研が作成

ドイツは欧州最大の軽油輸入国であり、1996年は36万B/Dの軽油を純輸入している。ドイツは、水素化分解設備と熱分解設備能力が高く、灯軽油脱硫能力が他の国より大きいものの、暖房用として軽油を大量に消費していることが、軽油輸入量が増える原因である。ドイツの最大輸入相手国は隣国のオランダで27万B/Dを輸入している。旧ソ連、スウェーデン、イギリス等からも輸入している。

フランスも、欧州で第2の軽油純輸入国である。フランスは軽油以外のほとんどの製品において輸出量が輸入量より多いが、軽油は自動車用需要が多いことや製油所の脱硫設備能力が低いことが帰因して多い。

フランスもドイツと同様に、欧州域内外の様々な国から軽油を輸入している。オランダ・ベルギーから7万B/D、旧ソ連から7万B/D、イギリスから3万B/D、イタリアから1万B/Dを純輸入し、軽油純輸入量計は1996年で17万B/Dに達した。

欧州の中で、オランダ、イタリア、イギリス、ベルギー、スウェーデンの各国が軽油輸出国である。特にオランダ、イタリア、イギリスの域内3国と域外の旧ソ連が欧州の軽油の需給バランスを保っている。

## 第4章：新規規制への対応

### 4-1 欧州自動車業界の対応

新規規制への対応は、自動車側の燃焼技術や後処理技術、石油側から燃料品質等の対応が考えられ、これらが相互に影響しあう。

ディーゼル車は燃費性は優れるが、NOx や PM 等有害排出ガスが多い。欧州のディーゼル排気ガス対策の考え方は、ディーゼルエンジンの長所である高燃費をさらに高圧噴射により改善し、PM の生成を最小限に抑え、PM とトレードオフの関係にある NOx の低減を図る。

小型車は、エンジン低負荷域での運転が中心であり、大型車は、中・高負荷域での運転が多く排出ガスが多くなることに加え、数十万 km に及ぶ走行耐久性・信頼性が要求される。これらから、小型車と大型車のディーゼル排気ガス対策は異なる（表4-1）。

2000年における小型車の排気ガス対策は、高圧燃料噴射装置などの既存技術改良で達成可能である。2005年対策は、厳しいNOx基準をクリアするために DeNOx 触媒の採用が必要となる。

大型車の2000年対策は、既存技術で辛うじてクリアできる。2005年規制への対策は、特にNOxに関して対策を施さなければ規制値のクリアは不可能と考えられる。有望な方法は Urea-SCR である。

表4-1 欧州におけるディーゼル排気ガス対策の自動車技術

車両タイプ		Light Duty <sup>*1</sup>		Heavy Duty <sup>*1</sup>	
有害物質		NOx	PM	NOx	PM
2000年 の対応	燃焼技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4バルブ</li> <li>・燃料噴射時期・噴射率の電子制御</li> <li>・バリエーション噴射</li> <li>・可変容量ターボインタークーラ</li> <li>・ケルド EGR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポル式高圧燃料噴射装置（1500気圧）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4バルブ</li> <li>・燃料噴射時期・噴射率の電子制御</li> <li>・バリエーション噴射</li> <li>・可変容量ターボインタークーラ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポル式高圧燃料噴射装置</li> <li>・カム駆動式エレクトロインジェクタ</li> </ul>
	後処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸化触媒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SCR<sup>*2</sup></li> <li>・DeNOx触媒<sup>*2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸化触媒</li> </ul>
最新電子制御技術による各要素技術の最適マッチング					
2005年 の対応	燃焼技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4バルブ</li> <li>・燃料噴射時期・噴射率の電子制御</li> <li>・バリエーション噴射</li> <li>・可変容量ターボインタークーラ</li> <li>・ケルド EGR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・次世代ポル式噴射装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4バルブ</li> <li>・燃料噴射時期・噴射率の電子制御</li> <li>・バリエーション噴射</li> <li>・可変容量ターボインタークーラ</li> <li>・EGR<sup>*2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・次世代ポル式噴射装置</li> <li>・カム駆動式エレクトロインジェクタ（超高圧タイプ）（2000気圧）</li> </ul>
	後処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DeNOx触媒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸化触媒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SCR<sup>*2</sup></li> <li>・DeNOx触媒<sup>*2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸化触媒</li> <li>・DPF<sup>*3</sup></li> </ul>
新開発電子制御技術による各要素技術の最適マッチング					

\*1 Light Duty は3.5t以下の小型車、Heavy Duty は3.5t超の大型車。

\*2 2005年を睨んだNOx後処理技術はSCRかDeNOx触媒どちらかを選択。

SCRの場合、Ureaの供給体制が課題。DeNOx触媒はNOx低減率が不十分のためEGRとの併用が不可避。

また、DeNOx触媒は燃料油中の硫黄分による被毒問題がある。

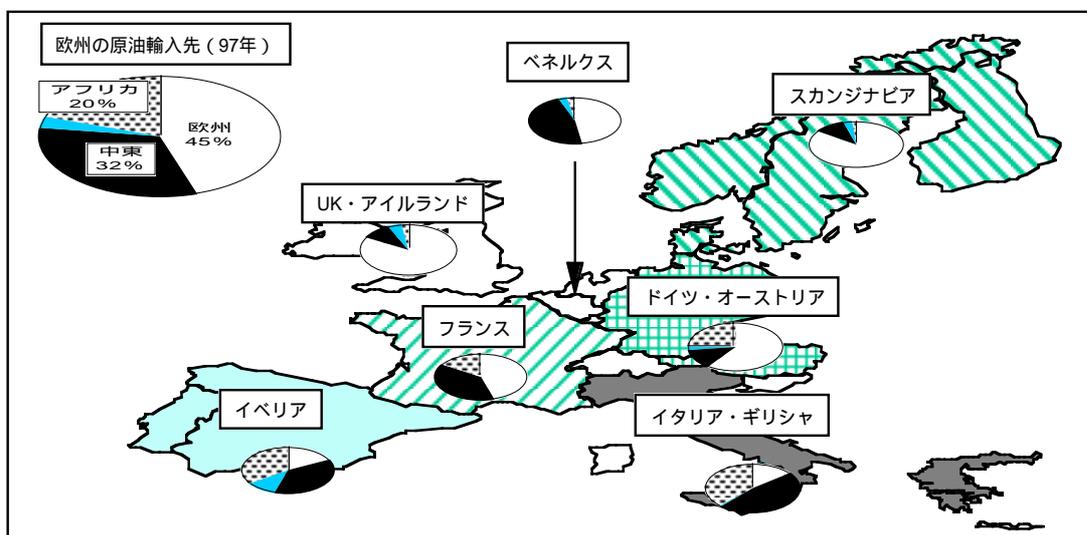
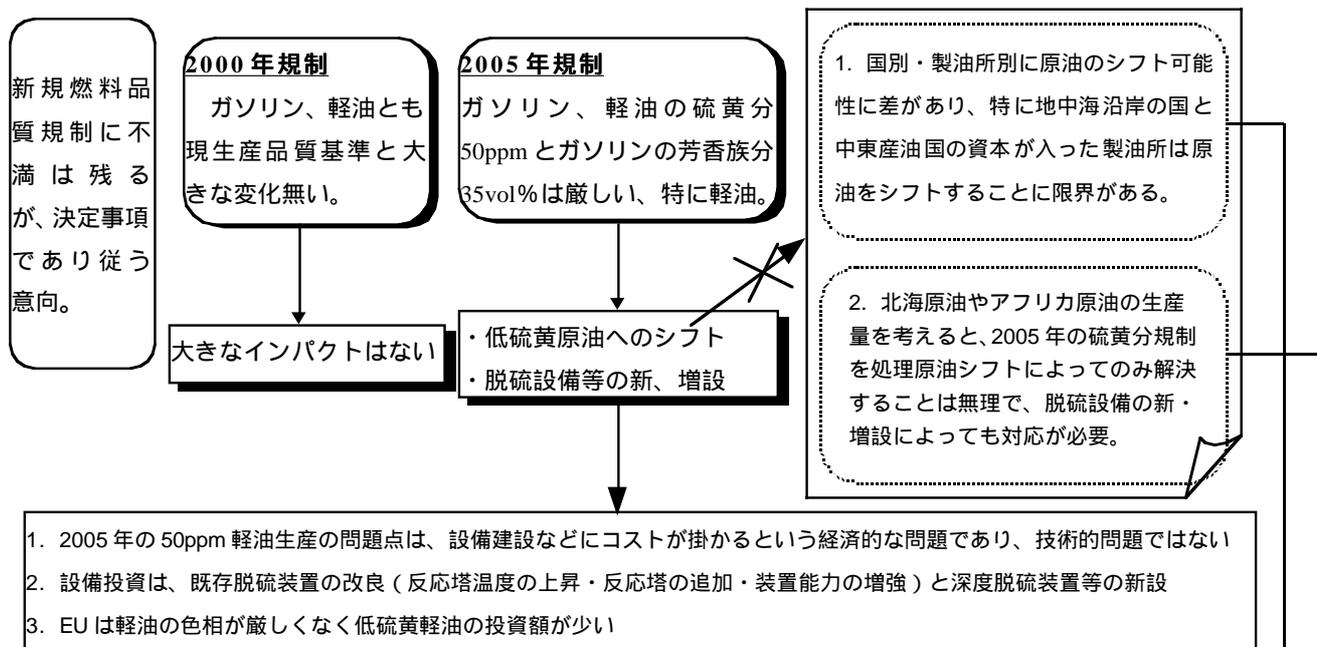
\*3 パーテキュレートについては排出量に加え「粒子径」も規制された場合、捕集装置が必須。

（出所）各種資料より、エネ研作成。

## 4 - 2 欧州石油業界の対応

2000年の燃料品質規制に関して、欧州石油業界は、現行欧州生産品質と大差なくインパクトは少ないと考えている。しかし、2005年規制値として決定したガソリンと軽油の硫黄分 50ppm 以下とガソリンの芳香族分 35 vol % 以下は厳しく、低硫黄原油へのシフトあるいは脱硫設備等の新・増設で対応しなければならないと考えている（図4 - 1）。

図4 - 1 欧州石油業界の新規燃料品質規制に対する対応



（出所）IEA, Oil Information より、エネ研が作成

原油の地域別生産可能年（1997年）

	埋蔵量（億バレル）	生産量（億バレル）	R/P（年）
北海原油	202	25	8
アフリカ	700	28	25
中東	6,769	79	85
アジア・太平洋	723	28	15
アメリカ大陸	1,628	76	21
CIS	654	27	24
世界合計	10,376	264	39

（出所）BP Statistical Review of World Energy 1998

低硫黄の原油シフトによる 2005 年の硫黄分 50ppm 軽油の生産に対応できる可能性は、国別あるいは製油所別に原油シフトの可能性に差があるため異なる。特に地中海沿岸国と中東産油国の資本が入った製油所が原油をシフトすることには限界がある。また、北海原油の生産増加は鈍化が見込まれることなどにより、2005 年硫黄分規制を処理原油のシフトによってのみ解決することは不可能である。従って、脱硫設備の新・増設による対応が必要になる。

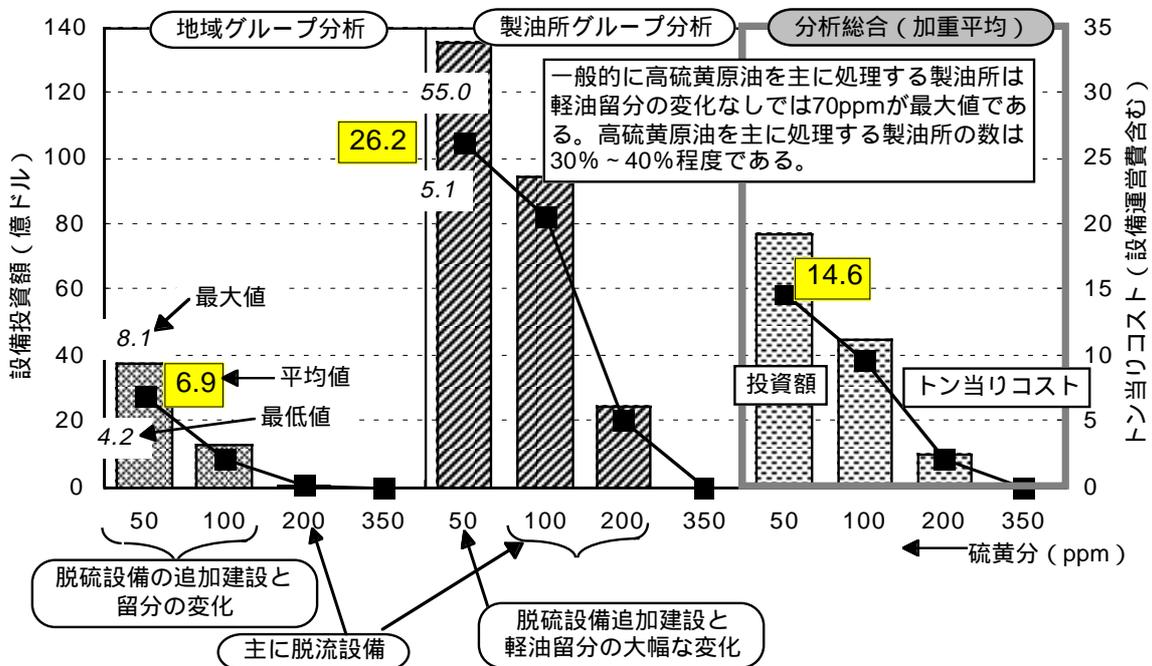
2005 年の硫黄分規制は、製油所の処理原油・脱硫設備能力により対策が異なるが、相当数の製油所は脱硫設備の建設を行わなければならない。ただし、欧州の軽油には色相問題がないことが、脱硫装置の投資負担を大きく減らす役割を果たすと見られる。

### 4 - 3 新規規制への対応コスト

欧州製油所にかかる投資コストと運営コストに関して行った、Arthur D. Little 社（コンサルタント会社）と CONCAWE（欧州石油連盟の品質担当組織）の分析を紹介する。

ADL の分析によると、ガソリンの硫黄分を低減する場合、硫黄分 200ppm から 150ppm への低減で 1.2 ドル/t、100ppm で 4.5 ドル/t、30ppm で 6.6 ドル/t 増加する。軽油の硫黄分を低減する場合は、350ppm から 200ppm までは、主に既存の脱硫設備で対応できるのでコスト上昇は少なく、2.1 ドル/t のコスト増となる（図 4 - 2）。100ppm まで硫黄分を低減する場合は 9.6 ドル/t のコスト増、50ppm まで低減する場合は、14.6 ドル/t のコスト増になる。軽油は低硫黄化が進めば進むほど、原油硫黄分、脱硫設備、軽油留分の変更の組み合わせによる対応が必要になり、ガソリンの硫黄分を低減する場合よりコストの上昇幅が大きく、製油所間の対応コストの差も大きくなる。

図 4 - 2 軽油の低硫黄化にかかるコスト



ガソリンと軽油の低硫黄化にかかるコストを決定する重要な要因

1. 製油所能力の差により投資コスト差が大きく違う
2. 非常に低い硫黄分ではガソリンと軽油を共に減少することより 15%低減
3. 低硫黄原油の獲得可能性、例えば、2005 年の北海原油の生産量が 2000 年水準で維持するとコストは 15%減少
4. 原油価格は製油所の低硫黄化コストにほとんど影響はない。

（出所）ADL 資料より、エネ研作成。

ADL 社の分析は低硫黄化に関するものであったが、CONCAWE は、1998 年に決定した 2000 年と 2005 年のガソリンと軽油の新しい品質規制値を満たすための必要なコストを分析した。2000 年、2005 年両規制に対するガソリン投資額は 145 億ドルであり、約 26 ドル/t のコスト増になる（表 4 - 2）。一方、軽油は 2000 年、2005 年の両規制で 85 億ドルの投資が必要となり、約 12 ドル/t のコスト増になる。

表 4 - 2 2000、2005 年燃料品質規制の対応コスト

	投資額 (億ドル)	運営費 (億ドル/年)	年換算コスト (億ドル/年)	リットル当り コスト(¢)	トン当りコス ト(\$)
<b>ガソリン</b>					
2000 年	103	6	22	1.3	17.5
2005 年追加	42	3	9	0.6	8.1
2000,2005 年累計	145	9	31	1.9	25.6
<b>軽油</b>					
2000 年	35	2	7	0.4	4.7
2005 年追加	50	4	11	0.6	7.1
2000,2005 年累計	85	6	18	1.0	11.9

換算は、IEA データであるガソリン 0.7429kg/m<sup>3</sup>、軽油 0.8432 kg/m<sup>3</sup>を使用。1ECU=1.1 ドル換算。  
(出所) CONCAWE 資料より、エネ研作成

また、各々の燃料のコスト増をリットルあたりに換算するとガソリンが 1.9¢、軽油が 1.0¢となる（表 4 - 2）。欧州のガソリンと軽油に対する税金割合が、消費者販売価格の 80%に達しているため、欧州委員会は燃料価格が 1 ~ 2 ¢上昇した場合でも、消費者が重く感じる水準ではないと、考えている。

また、2000 年の規制に対応するための自動車対策による追加的費用は、ガソリン車一台当たりで 286 ~ 385 ドル、軽油車一台当たりで 462 ~ 616 ドルと推定されている。燃料サイドのコスト増と合わせて、車 1 台当たりの生涯コストを試算した結果、2000 年規制で消費者が負担するのは、ガソリンが 486 ~ 585 ドル/車一台、軽油は 508 ~ 662 ドル/車一台であると見込まれている。

#### 4 - 4 Syn-Sat プロセス

Syn-Sat プロセスは、反応塔上部の水素化脱硫の領域では、原料油と水素が同一方向に流れる併流 (Co-Current) をとり、反応塔下部の脱芳香族の領域では、水素が原料油の流れとは逆向きに反応塔下部よりフィードされる向流 (Counter-Current) システムである。

これより、水素化脱硫プロセスは、脱硫が進むにつれて反応塔内の水素分圧が低下し、脱芳香族プロセスは、脱芳香族化が進むにつれて水素分圧を徐々に高めることができる。

この併流・向流システムは、1 つの反応塔である必要はなく、分割も可能であるため、既存水素化設備を改造し、脱芳香族装置を増設することができる。

Syn-Sat プロセスは、1 万 ppm を越えた原料油の硫黄分が 5 ppm 以下にできるが、原料油の性格上、比重と芳香族含有量の低下には限界があると考えられる。

Syn-Sat プロセスによる City 軽油の製造コストは、水素製造設備が既設か新設かと、原料が直留軽油か FCC 分解軽油か、プロセス全体が新設か改造かによって大幅に異なる。最も製造コストが安いケースは、回収水素を利用し直留軽油を処理した改造脱硫設備のみの場合であり、製造コス

トは 7.6 ドル/kl となる。逆に最も製造コストが高いケースは、新たに水素製造装置で生産する水素を消費する新設脱硫と脱芳香族設備で FCC 分解軽油を処理した場合で、製造コストは 44.7 ドル/kl かかる。

#### 4 - 5 2005 年の軽油品質の未決定項目に対する欧州石油業界の見方

未決定項目は、各々の規制がトレード・オフ関係にあるものもあり、設備新設や軽油留分構成の変さらに加えて処理原油の制約が起きる可能性もある。その中でも、セタン価・セタン指数を欧州石油業界は最も対応が難しい問題と考えている。

以上のように、要求水準によっては技術的対応が難しく、生産コストが非常に高くなる。従って、欧州石油業界は 2005 年の品質項目の決定を巡っては、AOP2 の結果で見い出される費用対効果の良い方法を尊重した規制値を採択するよう望んでいる。

## 第 5 章：海外出張トピックス

欧州調査時に得られたトピックスを【大気環境、自動車排ガス対策および燃料油品質規制】および【CO<sub>2</sub> 低減との関連】に分けて、現地聴取内容に則して報告する。以下に、その概要を記しさらに各聴取内容を付する。

### 概 要

#### (1) 大気環境関連

欧州では、大気環境に関する厳しい実態とその取り組みのための研究が進められており、今後どこまで大気環境基準をどの項目をどのように測定してどこまで厳しく規制するべきか欧州として定めようとしている。欧州域内には北欧のように積極的政策によって対応しつつある国や深刻な汚染状況を改善することが困難な状態にある地域を持つ国も見受けられた。

#### (2) 自動車排ガス対策関連

自動車排ガス対策において最も困難なことは NOx の効果的低減をその他の有害排出ガスを抑制するなかで実現することである。ドイツの自動車産業を中核として、特に燃料として軽油を用いる大型車に関する効果的対策技術を開発中である。その進捗によっては今後の世界の燃料供給方法に影響を与えることも想定される。

#### (3) 燃料油品質規制関連

燃料油品質規制は、【ヨーロッパの排ガス規制は、確立された (AVAILABLE) 技術に基づいて決めていたが、これからは可能性のある (FEASIBLE) 技術に基づいて決められる。】という自動車技術競争に挑戦する全欧州時代を迎え、また政治的新欧州議会体制を迎えて特に環境問題対策を狙いとする政党の活動も強力となっているなかで検討・決定されつつある。100%理論的・技術的に理解が進んだなかで規制値が決定されているのではなく緊急課題とされている環境問題解決のために必要な自動車技術開発がより遣り易くなる可能性を求めて、燃料品質条件を決定している状況にある。

#### (4) CO<sub>2</sub> 低減との関連

全欧州という国際国家が確立しつつあるなかで、今まで積み上げてきた各国毎の考え方に一部基づかない政治的決定もなされつつある。最近の世界的な CO<sub>2</sub> 対策においては欧州も主導しつつあることもあって、エネルギー - 技術者は【これから開発していく、新自動車排ガス対策システム装着車と其のために対応が要請される新石油精製装置等を備えた燃料供給システムを合わせた総体】として発生する CO<sub>2</sub> を最小とすることも含めて環境問題を検討して行くべきとの見解もあった。

### 5 - 1 大気環境、自動車排ガス対策および燃料油品質規制について

#### (1) 大気環境関連

##### (1) - 1

パーティキュレート径を測定するのは健康への影響を評価するためと言われている。疫学と細胞培養調査によると、「超微粒の固形粒子」たとえばチタンの白い粒子も、黒い煤と同様にその径が 2.5 ミクロン以下であれば肺に保持されるため、それが肺細胞にダメージを与え、肺に悪い刺激を及ぼして病気や癌による死亡率を増加させると結論付けている。(AVL 社)

##### (1) - 2

最近米国では、PM10 よりも PM2.5 が問題だと言っているが、図のようにディーゼル排ガス中のパーティキュレート粒子径は 100 ± 50 ナノメートルの範囲に分布しており、全てが PM2.5 以下 (2500 ナノメートル以下) である。従って、ディーゼル排ガスだけを見るとこの議論はナンセンスである。(AVL 社)

##### (1) - 3

2005 年規制用の大気環境基準(Air Quality Standard)は既存環境基準にオゾン濃度や鉛等の重金属の追加等が行われており、改訂版の作成が進行中である。EU 共通の大気環境基準は 2000 年規制からスタートする。この大気環境基準は 2010 年における EU 各国の都市大気環境のあるべき姿を示している。2 ~ 3 ヶ月後には概要が発表され、1999 年 12 月には承認される予定。(欧州石連)

##### (1) - 4

大気汚染物質パーティキュレートの粒径問題 (PM2.5、PM10) 等は米国等と共同で検討している。粒子の形状、粒子間の凝集の程度、測定条件など、幅広い検討を要する。排ガス中のパーティキュレートと言っても排気管中と排ガスとして放出された状態では変化する。(放出後、パーティキュレート間で凝集が始まる) 実際に人体に影響を及ぼすのはどのようなパーティキュレートなのか、どのような状態のパーティキュレートを我々は吸い込んでいるのか、ディーゼルエンジンの改良はパーティキュレートにどう影響するのか研究中である。(欧州石連)

##### (1) - 5

現在では LEV 規格の車が最も進んだ車であるが、この車の排ガス中の汚染物質濃度と現在においても環境規制の厳しいスウェーデンのイエテボリ市内における大気中の汚染物質濃度を比較した結果を表 5 - 1 に示す。

結果の通り、LEV 車における排ガス中の炭化水素と一酸化炭素濃度はイエテボリ市内の大気環境中の濃度よりも低い。(VOLVO 社)

表 5 - 1 自動車排ガス濃度と大気濃度の比較

	LEV 車の排ガス中の濃度	イエテボリ市の大気中の濃度
炭化水素濃度(ppm)	0.2	0.9
NOx (ppm)	0.72	0.1
CO (ppm)	0.1	0.5

( 1 ) - 6

実際に Milano の大気環境はよくない水準である ( 1990 年現在 NOx は  $249 \mu\text{g}/\text{m}^3$  )。このような大気環境水準は Milano に固定汚染発生源が多くて、大気の循環がうまくできないことによる。Milano の高い NOx 水準を 2010 年まで Auto-Oil Program I の大気環境規制値の  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  水準へ低めるように力を入れているが、基準を満たすことは難しいだろう。( ENI 社 )

( 1 ) - 7

シティーディーゼルは、まだニッチマーケット ( 隙間ビジネス ) であるが、拡大しつつある。ロンドン都市交通 ( London Transport ) のバス用燃料はシティーディーゼルが採用されたが、これは Shell が販売している。このシティーディーゼルの製造拠点はスウェーデンにある Shell 製油所である。ロンドンでは都市大気環境が極めて悪く、公共交通機関は大気環境改善に即効性のあるシティーディーゼルの導入した。品質が特別に高い軽油という点とニッチマーケットである点から、シティーディーゼルは通常の軽油と比べ 4 ~ 5 ペンス/リットル ( 10 ~ 12 円/リットル ) 高く販売できている。英国ではハイパーも高品質戦略から積極的にシティーディーゼルを販売している。Shell は Tesco 等のハイパーへは販売していない。Shell は同様のシティーディーゼルをドイツのバス運用会社へも販売している。欧州 Shell における現在のシティーディーゼルの製造拠点はスウェーデンの製油所の他に英国の Shell Haven 製油所がある。しかし、Shell Haven 製油所は Shell の合理化戦略により最近閉鎖が決まった。( Shell 英国社 )

( 1 ) - 8

クリーン燃料で先頭をいくスウェーデンはガソリンで 100 ドル/t、軽油で 160 ドル/t の税制優遇措置を石油会社に与えている。そのため製油所はクリーン燃料製造のための設備投資が容易になるが、この税制優遇措置はマーケットを混乱させると考える。石油会社は税優遇がされるクリーン燃料を多く供給しようとするからだ。実際、スウェーデンの Shell 製油所はクリーン燃料製造のため Jet 燃料を製造していない。( Shell 英国社 )

( 1 ) - 9

スウェーデンではシティーディーゼル等のクリーン燃料油に対する税優遇処置があるため、設備投資負担を軽減しやすい。スウェーデンにある Shell 製油所においては、新設の水素化精製装置の投資を 1 年半で回収できるだけの税優遇を受けた。( 蘭 Shell 社 )

( 1 ) - 10

ディーゼル自動車における EURO ( 2005 年規制 ) の達成については未知数である。超高压インジェクターによりパーティキュレートは減少するが、粒子のファイン化を招くと言われている。大型ディーゼル車の EURO 規制についても本格的な議論が始まった。2005 年排ガス規制クリアのための技術オプションはいくつかあるが、高価であるので実際には税優遇処置や補助金などのインセンティブをつけての適用となるだろう。( 欧州自動車触媒工業連盟 )

( 1 ) - 11

VOLVO のディーゼルエンジン ( D12 ) を用いて比較試験を行うと、上記のスウェーデン・クラス は欧州標準軽油に比べて、NOx 低減で約 10%、パーティキュレート低減で 30%程度の改善効果がある。( VOLVO 社 )

( 1 ) - 12

英国で販売されているシティーディーゼルの品質は密度 835、PAH 3 %、硫黄濃度 50 ppm、T95 が 345 である。来年からシティーディーゼルに対して 3 ペンス/リットルの税優遇処置を付与する方向で動いている。Elf と Shell は既に供給している。TOTAL は Humberside 製油所より英国市場に対してもうすぐ供給することが決まっている。( TOTAL 社 )

( 2 ) 自動車排ガス対策関連

( 2 ) - 1

NOx と PM はトレードオフの関係にあり、燃焼効率を高めようとする と NOx が増加し、NOx を低減しようとして EGR を行うと PM が増加する。このため、後処理技術が必要となる。( Degussa 社 )

( 2 ) - 2

EURO に対する車側の対策については、基本的には高圧噴射等のエンジン技術により PM を低減して、増加した NOx を処理することになる。小型車 ( 乗用車 ) と大型車 (トラック、バス ) ではその対策が異なる。( Degussa 社 )

( 2 ) - 3

高圧噴射により PAH の影響は小さくなった。気にする必要はない。( AVL 社 )

( 2 ) - 4

自動車触媒メーカーは 2005 年排ガス規制に対応する触媒技術開発を行っており、目処はつけている。まだ、商業化には課題が多い。これらの技術を実用的かつ耐久性あるものにするためにも、燃料油中の硫黄濃度は市場平均値で 30ppm にしてもらいたい。これはスペック ( 最大値 ) で 50ppm を意味する。触媒の硫黄被毒に関するデータはガソリン車向け ( トヨタ等のデータ ) であるがディーゼル車でもほぼ同じ結果になると推定される。燃料油中の硫黄濃度が 50ppm 以下になれば触媒の脱 NOx 率は劣化しないかどうかは本当のところ分からない。( 欧州自動車触媒工業連盟 )

( 2 ) - 5

硫黄分を下げて欲しい。本来は 30ppm 以下が望ましいが、余りにもコストアップになるという話を聞いているのでやむなく 50ppmMAX で妥協した。50ppmMAX ということになれば実質 30ppm 程度の軽油が供給されることになる。平均 50ppm ではなく、MAX50ppm である。( AVL 社 )

( 2 ) - 6

トラック用として、NOx 吸着剤を用いる方法もある。この方法は NO2 を化学吸着させておき、熱または HC 過剰の状態にすることによって NOx を脱離させて、高濃度の CO、HC によ

って還元する方法である（NOx 還元率約 60%）しかしながら、燃料を後噴射することが必要であり、燃費が悪化するという問題がある。（Degussa 社）

(2) - 7

これを解決する方法としてとして、Urea - SCR がある。この方法は、定置式ディーゼルエンジンの脱硝方法として既実績があり、90%以上の脱硝性能を有することが確認されている。トラックに適用するには、コンピューターによる高度制御等によるレスポンス向上、コンパクト化等の技術開発が必要である。DEGUSSEA では Urea - SCR 方式を満足させる触媒とシステムの開発をほぼ目標まで実行した。Urea 溶液を空気とミキシングして排ガス中に噴霧して、Hydrolysis 触媒でアンモニアに変換し、選択還元触媒にて NO を窒素に還元する、さらにアンモニアリークを抑えるため酸化触媒でアンモニアを窒素に酸化する方法である。還元率は 84%であり、残る課題はより低温で効果の出るシステムの開発である。（Degussa 社）

(2) - 8

尿素の供給量は燃料消費の約 1%である。還元剤としての燃料を噴射する方式が 2%以上の余分の燃料を必要とするのに対してわずかな量で済む。従って、この方式は燃料消費量の低減（CO2 削減）となるため、極めて有効と考えている。（Degussa 社）

(2) - 9

今後必要とされる技術は、まずエンジン面では高圧噴射、後処理としては酸化触媒が欠かせない。その上で、乗用車は DENOX 触媒、トラックは SCR 触媒システムである。（長距離走行で熱負荷が高いため、還元率の高いシステムが必要）バスは PM トラップが使われるだろう。（夜間再生が可能）（AVL 社）

(2) - 10

SCR について、昨年より約 2 年間の計画で 2000 台のトラックを用いてフリートテストを実施している。現在の SCR の価格は 3 万ドイツマルク（約 240 万円）であるが、技術開発と量産効果により、8000 ドイツマルク（約 60 万円）まで下げることが可能である。燃費向上も期待でき、トラックは SCR が決め手である。（AVL 社）

(2) - 11

Ricardo では 1800 bar 程度の高圧燃料噴射ポンプを開発した。このようなエンジン技術の改良には限界があり、EURO（2005 年規制）は達成困難であると考えている。従って、排ガス浄化技術（After Treatment Technology）の研究開発が不可欠である。現在の排ガス浄化技術のオプションとして、脱 NOx 触媒、PM トラップ、尿素（Urea）システム、プラズマ浄化システム等がある。それぞれの技術オプションの効果を表 5 - 2 にまとめた。（Ricardo 社）

表 5 - 2 排ガス浄化技術による汚染物質の低減効果

	酸化触媒	PM トラップ	脱 NOx 触媒	NOx トラップ	SCR	プラズマ浄化システム
NOx 低減率	×	×	20 ~ 30	20 ~ 30	70 ~ 90	60 ~ 80
PM 低減率	×	80 ~ 90	10 ~ 20	×	×	90
HC & CO 低減率	80 ~ 90	×	×	×	×	40 ~ 50

(2) - 12

パティキュレート・トラップは約 100 万円、SCR も約 100 万円のコストがかかり高い。商業化の点で有望な排ガス浄化技術は EGR か SCR であろう。SCR は米国で制約がある。EGR が最も有望であると Ricardo は考える。小型ディーゼル車の EGR は容易で、現在すでにマーケットインされているが、大型車は排ガス圧力や機構の問題で極めて導入が難しい。(Ricardo 社)

(2) - 13

繰り返すが、今後の自動車の排ガス規制および将来予想される燃費規制への対応へは「エンジン燃焼技術」と「排ガス浄化技術」の双方の開発がキーとなる。(Ricardo 社)

(2) - 14

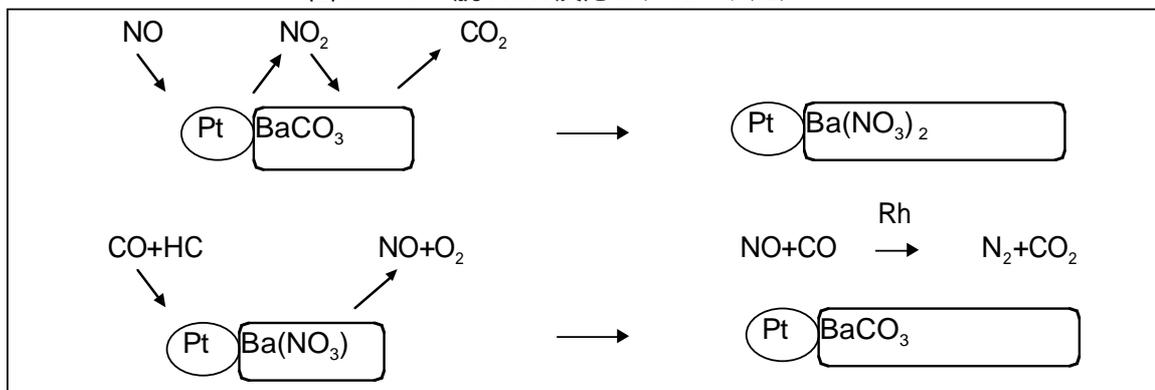
尿素利用システムは非常に脱 NOx 効率が高いが、マーケットインは難しい。しかし、EURO の規制の厳しさによっては、有望な方法となるかもしれない。尿素利用システムの使用例として、ドイツにおける約数百台の大型ディーゼル(バス)への搭載実績がある。バスや商業トラック等は市内のみを走行するので、尿素の補給などは限られたインフラですむことで実用化されているといえる。(欧州自動車触媒工業連盟)

(3) 燃料油品質規制関連

(3) - 1

なぜ、燃料油中の硫黄濃度を下げなければならないのか。それは触媒における脱 NOx 反応への影響が大きいからである。反応メカニズムを図 5 - 1 に示す。

図 5 - 1 脱 NOx 反応のメカニズム



(3) - 2

上記結果に示されるように、自動車工業界は低硫黄の燃料油を求めている。欧州理事会と欧州議会との「調停期間」には必死にガソリンおよび軽油共に 30 ppm (Max) 規制を訴えた。欧州では炭酸ガス削減に関する関心が高い。これは省燃費自動車を意味し、基盤技術はガソリン車であればリーンバーン・エンジンまたは直噴型エンジンである。この技術を搭載するためには脱 NOx 問題をクリアしなければならない。

つまり、欧州では「炭酸ガス削減のために省燃費車が必要」「省燃費車投入のためには脱 NOx 技術の実現が必要」「脱 NOx 技術の実現のためには低硫黄燃料が必要」という図式になっている。(VOLVO 社)

(3) - 3

硫黄は上記反応メカニズムにおいて安定した硫酸化物となり、NOx 吸着/還元反応を妨害する方向に働く。燃料油中の硫黄は自動車排ガス浄化技術のキーである脱 NOx 触媒の機能に致命的な影響を与える。(VOLVO 社)

(3) - 4

小型自動車排ガス対策触媒の NOx 削減率と燃料中の硫黄分との関係はベンツから発表された資料を入手したガソリン車に関するデータでは硫黄分 8 ppm と 50ppm の両燃料を用いた場合の脱 NOx 率(活性変化)を調べた実験データである。一方、軽油デゼルに関しては、硫黄分 10ppm(シテイデゼルグレード)燃料と 370ppm(2000年規制燃料グレード)燃料に対する脱 NOx 率(活性変化)を調べた実験データである。いずれの場合も硫黄分に対して弱い面を持っており、硫黄分は低ければ低いほど良いとされている。従って、将来硫黄分規制レベルは 50ppm 以下となる事も考えられる。(ELF 社)

(3) - 5

ロッテルダムにある製油所(KPC100%)では 100%クウェート原油を使用している。2000年における軽油中の硫黄分規制 350ppm は 100%クウェート原油で全く問題なく対応できる。350ppm に対する設備上の変更はない。したがって、即日に対応可能である。(HDS 反応塔温度の増大)2005 に決定した硫黄分 50ppm 規制に対しては設備投資が必要である。反応塔の追加、現装置のリバンプ、設備建設上、土地に制約があればグラスルーツの HDS 建設もあり得る。具体的な対応は 2005 年における硫黄分以外のスペックが決定してから行う。(KPC 欧州英国支社)

(3) - 6

AGIP 製油所の処理原油において中東依存度は約 31%であり、欧州の中では高い。しかし、リビアを中心としたアフリカ原油の輸入比率が 42%に達しており、低硫黄原油と高硫黄原油の処理比率は 50 : 50 である。処理原油の中で国内生産原油を約 15%(国内生産量全部)処理しており、AGIP 製油所の半分は国内生産油田に位置している。国内原油の一部は非常に高硫黄原油(硫黄分 6 ~ 7%)なので、該当原油の処理製油所は脱硫分解装置が大きい。(ENI 社)

(3) - 7

イタリアは Gasoline に関して 98 年 7 月に Aromatics40%と Benzen 1%を、Diesel に関して 96 年に 500ppm の規制強化を実施した。したがって、AGIP はこの規制強化を見越して対応投資を完了したので、少なくとも 2000 年の EUROIII には投資の必要性はない。2005 年に関しても追加投資は必要だが、基本的な方針は Revamp であり、投資規模は Diesel だけなら AGIP 全体で 1 億ドル程度で済むだろう(2005 年 AGIP 見通し基準)。次は 2005 年の EUROIV に対する具体的な対応である。(ENI 社)

(3) - 8

1996 年の 500ppm 規制に合わせて製油所のほとんどの脱硫装置が Revamp したので、2000 年までは一般的な(少ない)原油転換で対処することができる。しかし、2005 年の Sulfur 規制はさらなる投資を要求している。AGIP の研究所が調査した結果、全ての脱硫装置を Revamp しなければならないので、その投資にかかる費用は 1 億ドル程度に予測されている。考えた

ことより投資額が少ないことはやはり過去に行われた Hydrocracker と一部製油所の高圧 Desulfurization 装置の投資が大きな役割を果たすことが大きな原因である。(ENI 社)

(3) - 9

今まで説明した通り、もし EUROIV の規制が石油会社の見通しと大きく離れてない限り、硫黄分に関して最初限の投資で EUROIV の規制を満たすことが可能であり、AGIP としては Derogation を求める考えは全くない。(ENI 社)

(3) - 10

セタン指数は使用する原油に強く依存する。例えば、デンマークの製油所からの軽油はセタン数が 47 程度であり、EU の平均値 50 ~ 51 に対して低い。これはデンマークで処理するダック原油がセタン数の低いナフテンを大量に含んでいるためだ。このように、セタン指数の規制は原油のアベイラビリティに大きく影響してくる。精製によるセタン指数の向上は困難を極める。例えば、スウェーデンの Shell 製油所は水素化精製装置を新設したが、どう運転しても、セタン指数は 50 程度でありほとんど向上していない。軽油を構成する炭化水素を長鎖のパラフィンに加工しない限り、セタン指数は増大しないためだ。方策として、パラフィンリッチな原油選択 (SR-GO)、水素化分解軽油、FT 合成軽油、パラフィン化プロセス等があるが、パラフィン化のプロセスは金がかかる。したがって、石油精製部門にとって最も重要なスペックは「セタン指数」である。セタン価対応ではセタン価向上剤が使える。セタン価向上剤の効果は 250ppm の添加でセタン価が 1 ポイント向上する。コストはセタン価 1 ポイント向上当たり 0.4 ドル/t 軽油である。しかし、自動車エンジンサイドの制約もあり、セタン価向上剤は 750ppm 以上 (3 ポイント向上分) 添加できない。また、コストも高い。水素化精製プロセスでの対応では、多環 + モノアロマの水素化開環反応が必要なため、高圧、多段処理が必要となろう。触媒もキーテクノロジーである。欧州では軽油の色相に関するスペックは存在しない。(蘭 Shell 社)

(3) - 11

硫黄濃度 50ppm 規制とは、マーケットの平均値が 50ppm になるのではない。「最大値 50ppm」という意味である。したがって、マーケットの平均値は 30ppm 程度になると考える。(蘭 Shell 社)

(3) - 12

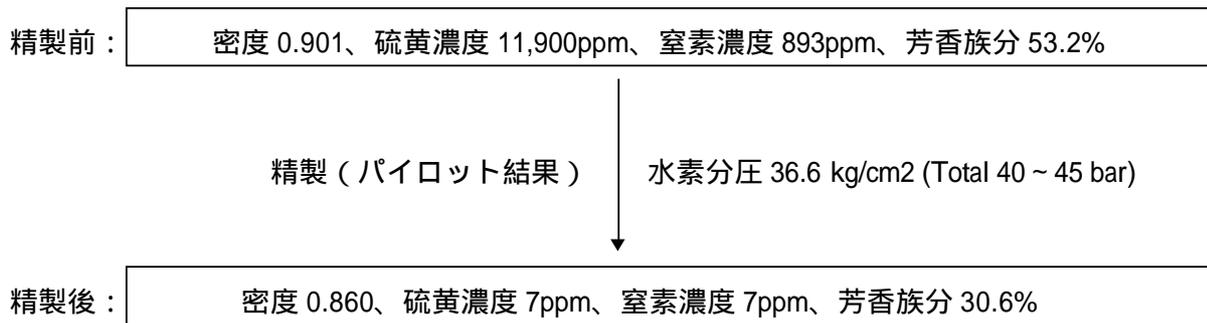
<硫黄濃度 50 ppm 燃料油>は<新しい自動車技術のための燃料油>である。(欧州石連)

(3) - 13

米国テキサス州の Lyondell 製油所は既存の軽油 HDS 装置を「Syn Sat」にリバンプした。設備投資額は \$ 450/バレルであった。Syn Sat プロセスにより精製前の軽油密度 0.901 に対して精製後は 0.860 に低減し、volume が大幅にアップした。このゲインにより投資回収は 4 ヶ月程度になった。この装置で LCO やコーカー GO (159 ~ 377) を精製した場合、図 5 - 2 のように改善される。

テキサスの Lyondell 製油所における実運転においても同様の結果が得られた。同製油所に Syn Sat プロセスを導入した一番の理由は分解装置から得られる軽油の密度を下げたからである。(volume ゲイン : 1.05 ~ 1.06) また、同製油所は石化とのコンプレックス製油所であり、水素が低コストで得られるということもあった。(Criterion 社)

図 5 - 2 Syn-Sat プロセスによる精製結果の例



( 3 ) - 14

今回の欧州における自動車排ガス規制/燃料油品質規制を決定した要因として「政治的 (Political)」なもの、「技術的 (Technical)」なものがあった。技術的因子はエンジンテストや対応精製技術の検討など極めて論理的な内容であるが、政策的因子は「環境保護」という感情的な要素で決められる。硫黄濃度 50ppm という 2005 年規制値は完全な「政治的因子」によって決められた。懸念されることは、政策的因子を強引に導入したグリーングループが今回の品質規制値に満足していないことだ。更なる厳しい燃料油品質規制値を狙ってくる可能性が高い。(英 Shell 社)

( 3 ) - 15

EURO (2005 年規制) の軽油硫黄分 50ppm の根拠はわからない。政策的に決めたと聞いている。触媒技術面からは硫黄分が低ければ低いほど対策がやりやすい。(Degussa 社)

5 - 2 CO<sub>2</sub> 低減との関連

( 1 ) 排ガス規制に加えてもう一つの重要な削減目標は「炭酸ガス」である。これは燃費の向上を意味する。当初、議論されていた目標値は 2005 ~ 2010 において 120g-CO<sub>2</sub>/km を達成するというものであった。これはディーゼル自動車で約 4.5 リットル/100km、ガソリン車で約 5.0 リットル/100km を意味している。これは現状のエンジン技術では非常にチャレンジャブルな目標だ。このことから、2005 年には現実的なレベルとして 140g-CO<sub>2</sub>/km 規制の導入が検討されている。究極の目標である 3 リッターカー (3 リットル/100km) は 90g-CO<sub>2</sub>/km のレベルである。(Ricardo 社)

( 2 ) これまでヨーロッパの排ガス規制は、確立された (AVAILABLE) 技術に基づいて決めていたが、これからは可能性のある (FEASEBLE) 技術に基づいて決められる。従って、EURO (現行規制) まではエンジン技術のみで環境汚染排ガスの低減ができたが、EURO (2000 年規制) 以降は排ガス処理が絶対に必要である。(Degussa 社)

( 3 ) 軽油の硫黄規制において 2000 年は 350ppm となった。これはオートオイルプログラムの結果を反映した結果であって問題はない。2005 年の 50ppm は費用対効果の検討なしで決まった「政治的な」規制値である。50ppm の根拠として明確なものはない。自動車工業界 (例としてバス製造メーカー) が特に技術的な背景 (データ) を示さずに出してきたものだ。「We need 50ppm for Environmental measures.」というロビー活動を欧州委員会や欧州議会に対して積極的に行った結果、導入された。(欧州委員会、DG-XI)

- ( 4 ) 2005 年における硫黄濃度 50ppm 規制は変更されることなく EU 諸国で実施されるだろう。欧州議会のグリーンパーティーによって導入された厳しいスペックであるが、欧州石油精製部門の選択肢は 50ppm 軽油を 2005 に間に合うようにマーケットインすることしか残されていない。一方、2005 年における自動車排ガス規制は、エンジン技術および排ガス浄化技術のフィジビリティが不明確なため変更される可能性がある。自動車排ガス規制の対象はもろろん新車のみであり、それ以前に製造された車は対象にならない。( 欧州委員会、DG-XI )
- ( 5 ) 日本の自動車メーカーにおける脱 NOx 触媒搭載車の市場導入時期について欧州委員会は大変興味がある。なぜならば、欧州の自動車排ガス規制へも影響を与えるからだ。ダイムラーベンツは脱 NOx 触媒搭載車を市場導入することを検討しているが、脱 NOx 率は 15% 程度の話である。また、マーケットの燃料油中の硫黄濃度が高いからという話であったが、欧州委員会が関心を持っているのは脱 NOx 率が 85% 程度の話である。( 欧州委員会、DG-XI )
- ( 6 ) 燃料油の低硫黄化はガソリンでの話だった。ディーゼル車については満足な脱 NOx 触媒も見出されていないのに、なぜ、軽油の低硫黄化 ( 50ppm ) の話が先に来るのが理解できない。これは完全な「政治ゲーム」で決まったことである。米国カリフォルニアとスウェーデンなどの北欧で実例があるということと、石油精製部門全体では膨大なコストも燃料油販売量で割ると、1 リットル当たりの負担額は極めて少ないという変な計算法が決定の要因となった。しかも、負担するのは石油業界ではなく、消費者だと思われる。( TOTAL 社 )
- ( 7 ) EU は最近、ブリュッセル ( EU 本部などのあるところ ) の権力によって支配されている。その一つである欧州議会は権力体である。規制が受け入れられるかどうかではなく、受け入れなければならないのだ。もうすぐ欧州は一つになる。EU の決定にフランスの一企業である TOTAL は従うしかない。現在の欧州のトレンドは「環境保護」である。我々は、石油産業も人々の生活における質「Quality of life」の後にあることを忘れてはならない。( TOTAL 社 )
- ( 8 ) 大型車においては SCR ( 尿素活用 NOx 低減システム ) 採用が可能であるのでその場合は硫黄分は現行 500ppm で十分である大型用、小型用の 2 種類のグレードのディーゼル燃料を供給する事が合理的となる可能性がある。( ELF 社 )
- ( 9 ) 大型車に対して、SCR を装着して自動車のエネルギー - 効率を上げ ( 高温燃焼・低圧 - ティキュレ - トタイプの高エネルギー - 効率化ディーゼルエンジンとすると高 NOx となりこれを処理する技術が SCR である。 )、この場合、製油所で 50ppm 以下まで脱硫するエネルギー - を増加させないで現行軽油を供給する事が、 < 自動車・製油所 > 全体の CO<sub>2</sub> 最小を実現する可能性もある。日本でも CO<sub>2</sub> 対策のためにより合理的な燃料供給・利用体制を検討すべきである。( ELF 社 )

お問い合わせ

info@tky.ieej.or.jp