

중·장기 자동차용 연료품질기준 설정방안



한 화 진

〈 한국환경정책·평가연구원, 지구환경연구센터장 〉

I. 서론

자동차로 인한 지역대기오염의 심화와 지구환경문제의 기후변화협약에 따른 이산화탄소 배출규제 움직임에 따라 인체의 건강과 연료절감에 영향을 주는 자동차의 연료 품질 항목들의 기준강화는 당연한 추세로 받아들여지고 있다. 우리나라는 대기환경과 관련하여 1991년부터 자동차용 연료품질기준에서 일부항목에 대한 기준을 점차 강화하고 새로운 항목을 추가해오고 있으나 주로 정부와 정유사간의 협의 하에 적절히 조절하여 결정되어 왔다.

21세기에는 자동차(연료)기술에서 새로운 변화가 예상되고 있으며 자동차의 배출허용기준 강화에 따라 자동차용 연료품질기준을 정하여 대기오염 개선을 도모하고 연료 품질관리 제도를 개선하여 장기적으로 연료품질 기술 개발 방향을 제시할 필요성이 점차 제기되고 있다.

이에 본고에서는 우리나라 자동차 오염현황과 자동차 배출에서의 연료의 역할, 휘발유와 경유의 국내·외 연료 품질 규제동향을 살펴보고 국내 현실에 적절한 2002년

의 연료품질기준(안)과 중·장기 연료품질 기준설정 방안을 제시하였다.

II. 국내 자동차 오염현황 및 자동차 연료의 역할

1. 자동차 오염 현황

우리나라의 주요 대기오염물질 배출오염원은 발전, 산업, 난방, 수송이며, 1998년에는 이중 수송부문이 총배출의 약 51%를 차지하였다. 이러한 수송부문의 배출비중은 1991년도의 39.2%에서 매년 증가하는 추세에 있는데 특히, 수송부문중 자동차의 배출비중은 80% 이상으로 대부분을 차지하고 있다. 자동차에서의 대기오염물질 배출은 그 절대량에 있어서도 큰 비중을 차지하고 있지만 주로 대도시 도로변의 인근생활지구에서 집중적으로 배출되기 때문에 국민의 체감오염지수에의 영향과 건강에의 피해는 더욱 큰 것으로 추정된다. 1970년대에 약 12만여대에 불과하였던 자동차보유대수가 1998년에는 1,000만대를

넘어서 10,469,599대를 기록하였다. 특히 승용차는 1970년대에 32,234대에서 1998년에는 6,896,613대로 전체 자동차보유대수를 급증시키는데 가장 큰 기여를 하였다.

우리나라 전체 휘발유와 경유차량의 오염물질 배출비중을 살펴보면 1998년에 경유 차량대수의 비율이 약 30%인 반면 전체배출에서 차지하는 비율은 60%였으며 특히 NOx(83.4%)와 PM(98.4%) 배출의 대부분을 차지하였다(〈표 1〉).

〈표 1〉 연료별 오염물질별 배출비중(1998년도)

연료구분	대수비율 (%)	오염물질별 배출비중(%)				
		NOx	PM	CO	HC	SOx
휘발유 (LPG포함)	70.7	16.6	1.6	55.5	59.1	0.0
경유	29.3	83.4	98.4	44.5	40.9	100.0

서울의 경우 전체 대기오염물질 총배출량에서 자동차 배출가스가 차지하는 비중은 1992년도 61%에서 1997년에는 86%로 크게 증가하였다. 자동차 오염은 연료연소로 인한 배기관 배출이외에 자동차 운행중 연료의 증발에 의한 휘발성유기화합물질(VOC) 배출 또한 중요한 역할을 한다. 휘발유의 증발은 인체에 유해한 벤젠등의 방향족화합물과 오존생성에 영향을 미치는 올레핀 등이 배출되어 인체에 직접 피해를 주게 된다.

우리나라의 대기오염은 대기환경기준오염물질 중에서도 이산화질소, 오존 및 미세먼지 오염도가 증가하는 추세에 있으며 이들 오염물질로 인해 야기되는 스모그와 시정장애 현상이 최근 우리나라 대도시지역 대기오염 현상의 특징이 되고 있다. 이러한 변화추세는 1990년대 이후 폭발적인 증가를 보여준 자동차 운행과 자동차에서 주로 배출되는 오염물질의 영향으로 설명되는데 과거에는 상대적으로 낮은 오염도를 보여왔던 이산화질소와 오존의 오염도가 최근 증가하는 경향과 일치한다.

NO₂, 오존 및 미세먼지의 오염문제는 도시화지역이

점차 확대되면서 자동차 운행의 증가와 함께 보다 커질 것이며 효율적인 저감대책이 이행되지 않는한 이로 인한 대기질은 계속 악화될 것으로 예상된다. 결국 자동차 운행대수 급증, 도시화현상 등으로 자동차 배출가스로 인한 대기오염은 계속 이슈화될 전망으로 향후 우리나라 대기양상의 변화에 크게 기여할 것으로 예상된다.

2. 자동차 배출저감에서의 자동차 연료의 역할

연료의 조성변화가 배기가스 배출과 증발배출을 감소시키고 도시지역에서 오존형성과 독성물질 배출을 감소시키는데 도움이 된다는 것은 외국의 많은 연구에서 입증된바 있으며 연료조성에 따라서는 연비에도 영향을 주어 기후변화협약 대응 자동차 연료절약 대책 마련시 연료품질의 중요성이 부각되고 있다.

가솔린 성분중의 황함량은 HC, CO, NOx 및 독성물질 배출에 영향을 주며 대기중 오존은 RVP, 올레핀, 황, T₉₀, T₅₀의 변화에 영향을 받는다. 특히 독성물질은 방향족 중 벤젠을 감소시킬 경우 배출이 가장 크게 저감될 수 있다. 가솔린 차량의 연비는 방향족, 산소함량, 올레핀, 증류성상의 영향을 받는 것으로 관찰되고 있다. 경유차량의 경우 주요 배출오염물질인 PM과 NOx에는 황함량, 다고리방향족함량, 세탄수와 밀도가 영향을 주는 것으로 조사되고 있다.

지역적·지구적 차원의 대기질 관리를 위한 자동차의 미래 배출규제는 더 낮은 연료소비량과 이산화탄소 배출저감과 함께 NOx 및 PM 등 대기오염물질을 더 작게 배출하도록 요구할 것이다. 이에 따라 이러한 물질들의 배출에 영향을 주는 휘발유와 경유의 품질기준 항목의 규제·관리는 보다 강화될 것으로 예상된다. 결국 자동차로 인한 오염에 기여하는 정도가 자동차 차체/엔진기술과 연료중 어느 쪽이 더 큰지에 대한 논란보다는 2가지가 상호보완적이어야 한다는 시각이 일반화되고 있다. 즉, 자동차 차체기술개선과 엔진기술개선을 통하여 더 엄격한 배기가스 배출제한을 보완할 수 있도록 연료품질의 역할을 강조하는 것이다.

III. 국내·외 자동차용 연료품질 규제동향 및 전망

1. 국내 규제현황 및 문제점

우리나라 자동차용 연료품질은 ①국내 석유제품의 수급 및 소비자 보호를 고려하여 품질을 설정한 석유사업법의 품질기준과 ②대기환경개선을 목적으로 대기환경보전법의 자동차연료 또는 첨가제의 제조기준에 의하여 관리되고 있다. 석유사업법에서는 자동차를 운행하는데 필요한 최소한의 일정한 성능을 충족하도록 연료품질기준을 정하고 있다. 1991년부터는 일부 환경관련 항목에 대해 대기환경보전법상에서 규제를 시작하여 항목 및 기준을 단계적으로 강화해 오고 있다.

휘발유의 경우 1993년 이전까지는 휘발유 제조시 옥탄가를 높이기 위해 납을 첨가하거나 방향족화합물을 무제한 배합하였다. 1993년부터는 휘발유 제조기준을 크게 강화하고 첨가제에 제한을 두었으며 발암성물질의 생성원인이 되고 있는 방향족화합물 및 벤젠함량의 규제를 추가, 강화하였다. 아울러 CO와 HC배출에 영향을 주는 산소함량을 새로이 추가·규제하고 있다. 2000년부터는 자동차 배출허용기준의 강화추세와 연계하여 연료품질의 관리항목을 확대하고 기준도 강화하였다. 경유의 경우에는 10% 잔류탄소와 매연과 관계되는 황함량을 위주로만 기준을 강화해왔다(〈표 2〉).

〈표 2〉 대기환경보전법상의 연료기준 항목 설정 변천 과정

적용기간	주요 사항
91년 2월~ 92년 12월	- 휘발유: 납, 인함량의 2개 항목 규제 - 경유:10% 잔류탄소량과 황함량 2개 항목규제
93년 1월~ 95년 12월	- 휘발유에 방향족화합물, 벤젠, 산소함량 등 3개항목을 추가
96년 1월~ 98년 3월	- 동일항목 기준강화
98년 4월~ 99년 12월	-동일항목 기준강화
2000년 1월 이후	- 일부 항목 기준강화 및 휘발유 규제 항목 추가 (올레핀, 황, 증기압, 90% 유출온도)

즉, 휘발유는 2000년부터 강화되는 자동차배출허용기준에 상응하는 황함량의 기준이 신설되었고, 오존오염 영향물질인 올레핀 및 증기압 기준도 신설되었다. 그러나 우리나라의 2000년 현행기준은 미국과 유럽의 수준과 비교하면 일부 항목의 기준은 완화되어 있는 상태로, 예를 들어 유해물질인 벤젠의 허용기준은 유럽과 일본의 50% 수준이며 오존생성에 영향을 주는 올레핀과 증기압은 유럽의 60~70% 수준이고 휘발유차량의 오염저감장치 성능에 영향이 큰 황함량도 유럽과 미국의 60% 수준이다(〈표 3〉).

반면 경유에 있어서는 현재 우리나라 자동차 대기오염의 주요원인이 경유자동차로 인식되고 있는 상황이지만 1991년이래 지금까지 2개 항목으로만 규제하고 있고 항목도 황함량 위주로만 되어있다. 즉, 경유자동차의 주요 배출오염물질인 PM과 NOx에 영향을 주는 경유품질 항목은 상대적으로 관리가 소홀한 상태인데 국내의 현행 경유품질기준으로는 경유차의 저공해화를 위한 신기술 적용기준에는¹⁾ 미흡하다. 문제는 석유사업법상의 품질기준 항목에서도 경유자동차의 배출가스에 영향을 미치는 항목은 황을 제외하고는 아직까지 설정되어 있지 않다는 것이다. 결국, 경유의 연료품질중 주요 대기오염물질 배출에 큰 영향을 미치는 항목은 국내의 규제·관리법에서는 아직까지 제외된 상태이다.

2. 외국의 규제동향 및 전망

1) 미국

미국의 연료품질 규격은 국가규격으로 채택하고 있는 ASTM(미국재료시험협회)규격과 EPA의 대기정화법(CAAA)에 의한 연료프로그램을 근거로 설정되어 있다. 이중 환경관련 항목은 CAAA 프로그램에 근거하고 있고 환경이외의 안전 및 성능관련 항목은 ASTM의 기준치를 적용하고 있다. 그러나 캘리포니아주에서는 EPA의 규격 대신 더욱 엄격한 CARB(캘리포니아주 대기자원국)규격을 채택, 적용하고 있다(신성철, 1999). 미국은 연료 품질을 관리하는데 있어 연료품질의 항목별 기준수치 자체

1) 세계적으로 가장 엄격한 경유기준을 적용하고 있는 유럽은 경유차의 저공해화를 위한 엔진의 신기술 및 후처리장치의 부착을 의무화하고 이에 상응하는 경유의 품질 기준을 제정하여 적용하고 있다.

에 대한 중요성 보다는 대도시 대기오염 저감차원에서 배출성능기준에 합당한지를 우선 고려한다.

휘발유의 경우에는 전세계에서 환경적으로 가장 엄격한 휘발유 품질기준을 적용하고 있고, 개질가솔린(Reformulated Gasoline: RFG) 공급의 타당성 등을 이유로 기존의 휘발유 연료품질의 개선만으로도 자동차에서 발생하는 대기오염물질을 17%~20%까지 저감할 수 있다고 홍보하고 있다. 주별로 각 지역마다 대기오염 상황을 고려하여 항목 및 기준수치를 주정부가 임의로 채택하고 있으며 CO 오염미달성지역에서는 합산소가솔린 규정을, 오존 미달성지역에서는 개질가솔린 규격을 채택하고 있다.

향후 연방 RFG 및 캘리포니아주 RFG의 전면 개정 움직임은 없으나 2004년부터 대폭 강화되는 휘발유 자동차 배출허용기준(Tier II) 적용을 위해 황함량의 규제가 강화되었다. 이에 따라 1999년 5월 1일 클린턴 대통령에 의해 EPA의 National Sulfur Rule이 제안되었는데 정제업자 및 수입업자의 시설에서 평균기간 기준으로 2004년부터 가솔린 황함량을 30ppm으로 강화한다는 것이 주요 골자이다. National Sulfur Rule을 포함하여 자동차의 Tier II 배출기준은 1999년 12월 21일에 최종 발표되었다. 또한 그동안 개질가솔린 및 합산소가솔린에 사용이 의무화되었던 MTBE는 최근 유해성 논란으로 미국전역에서 사용 허용여부의 검토가 이슈화되고 있다²⁾.

경유에 있어서는 연료의 규격 자체보다는 세계에서 가장 엄격한 경유차 배출기준을 채택하여 경유차 사용을 억제하고 대체연료로의 사용을 권장하고 있다. 즉, 미국은 경유차 보급제한 정책으로 경유의 연료품질 규격을 유럽만큼 높게 정하고 있지 않는데, 경유의 연료품질기준 항목 수가 유럽보다 적고 일부 항목의 기준도 상대적으로 높게 설정되어 있다. 그러나 EPA는 실제 경유버스의 배출가스 규제기준을 강화시켜 놓고 모니터링해서 그 기준을 충족시키지 못한다고 밝혀지면 대도시 지역의 신규버스에 대해 '저오염 연료프로그램'을 이행하도록³⁾ 명할 수 있다.

2) 유럽

현재 유럽연합의 국가들은 자동차용 연료와 관련하여 기본적으로 유럽표준기구(CEN: Comite Europeen de Normalisation)의 명세서를 채택하고 있고 일부 국가들은 CEN 명세서에 준하여 더욱 엄격한 규정을 채택하고 있다. 예를 들어 핀란드와 스웨덴은 제한된 조성을 가진 '개질' 또는 '환경' 가솔린에 대하여 세금 인센티브를 실시하고 있다. 1996년 EU위원회는 Auto/Oil 프로그램 실시이후 환경관련 항목의 연료 품질기준을 강화하기 위해 CEN 가솔린과 경유연료 명세서에 대한 광범위한 개정을 필요로 하는 연료품질의 변화를 제안하였다. Auto/Oil 프로그램 결과 2000년의 연료품질기준이 개정되었으며 2005년의 기준에 대한 방향이 설정되었다.

유럽연합 회원국들은 대기오염이 심각하고 건강문제를 계속 야기시키는 특정지역에 대하여 더 강화된 연료품질 기준을 제정할 수 있다. 회원국들은 가솔린 품질항목중 벤젠과 방향족 함량을 매우 중요시하고 있는데 CEN의 명세서상에 최대 5% 벤젠함량이 명시되기 이전부터 많은 국가에서 이보다 훨씬 낮은 함량의 연료를 생산하여 판매하고 있다. 또한 황함량이 낮은 경유를 장려하는데, 덴마크는 50 ppm이하의 황함량 경우에 대해 1999년 1월부터 발효되는 재정적 인센티브를 도입하였다. 이것은 EU보다 6년정도 앞선 것으로 새로운 연료로의 전환이 100% 이루어질 것으로 기대하고 있다.

3) 일본

일본은 대기오염방지법에 1996년 4월 1일부터 가솔린의 황(0.01 wt%), 벤젠(5vol%), 메탄올(무) 및 MTBE(7 vol%)의 강제적인 제한값을 두고 있다. 그러나 현재로는 방향족함량이나 올레핀 함량에 대한 명세서상의 제한은 없으며 이들의 전형적인 값은 각각 25~47 vol%와 33 vol%이하로 되어 있다. 가솔린의 황함량은 평균 약 35 ppm정도로 제한치인 100 ppm보다 훨씬

2) 미국 EPA는 1998년 11월 Blue Ribbon Panel을 조직하고 그들로 하여금 가솔린의 산화제와 관련된 대기질에의 영향 및 수질문제를 조사하게 하였으며, 수질을 보호하면서 대기질을 유지하기 위한 합당한 조인을 하도록 하였다.

3) 이때 사용될 수 있는 가능한 연료로는 메탄올, 에탄올, 압축천연가스 등이다.

낮은 수치이다. 벤젠함량에 대한 제한은 1997년 개정에 의해 2000년부터 1 vol%로 하향 조정되었다. 경유의 황함량은 1997년 5월부터 0.05 wt%가 적용되고 있다.

2000년부터 효력을 발휘하게 되는 더욱 강화된 자동차 배출규제기준에 따라 신규자동차 기술에 대해서는 연료품질 기준이 더욱 엄격해질 것으로 예상된다. 아울러 현재 규제되고 있지 않은 항목에 대한 법규와 관련하여 논의가 진행중인데 이러한 것들은 1997년부터 일본에서 추진하고 있는 일본 청정대기프로그램(Japan Clean Air Program: JCAP)의 연구결과와 연계하여 확정될 것이다. 기술린의 2005년 규제기준과 경유의 2007년 규제기준 또한 JCAP 프로젝트의 최종 분석 결과를 적용하여 제정될 것이다.

4) 산업체 협정

전세계 자동차제조사들은 자동차로부터 배출되는 배기 가스를 최대한 감소시키기 위하여 모든 지역에서 공통적으로 사용할 수 있도록 연료의 품질을 범세계적으로 규격화시킬 것을 요구하고 있다. 이에 따라 미국 자동차공업협회(AAMA), 유럽자동차공업협회(ACEA), 일본자동차공업협회(JAMA) 및 엔진제조사(EMA)들 사이의 2년간의 협상 끝에 1998년 12월 새로운 연료품질규격을 정하는 연료헌장(fuel charter)을 발표하였다. 1998년 보고서는 각국 관련자들의 의견을 들어 2000년 1월 proposed된 연료헌장이 발표되었고 2000년 2월 10일까지 추가의견을 수렴하는 상태이다. 연료헌장은 배출에 대한 자동차기술과 연료품질의 결합된 영향은 배출기준이 강화됨에 따라 점점 하나의 종합정책으로 분석될 필요성에 의해 시작되었다. 연료헌장상에 제안된 연료품질은 자동차 배출가스 규제정도에 따라 지역을 3개로 구분하고 지역별로 무연기술린과 경유에 대해 표준화된 연료기준을 적용하는 것이다(연료품질 기준의 구체적인 내용은 <표 3> 참조).

범주 1 : 배출가스규제 요구가 없거나 최소인 지역. 차량/엔진 성능과 기본적인 연료품질규격 요구.

범주 2 : 배출가스규제가 비교적 엄격히 요구되는 지역. 예:미국 Tier 0/Tier 1, EU Stage 1/2 또는 동등한 배출가스 기준을 요구하는 지역

범주 3 : 배출가스규제가 엄격히 요구되는 지역. 예:미국 캘리포니아 LEV ULEV, EU Stage 3/4 또는 동등한 배출가스 기준을 요구하는 지역

연료헌장은 자동차제조사들이 중심이 되어 만든 것으로 정유사의 반발은 물론이고 세계 여러 곳에서 각기 다른 요구사항이 있기 때문에 범주별 연료기준은 아직까지 관념적이며 몇 가지 기준 항목에 대해서는 더 자세한 조사연구가 필요하다.

3. 국내·외 연료기준 비교·분석 총괄

국내외 휘발유와 경유의 품질기준을 요약하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 국내·외 연료품질기준 비교·분석 총괄표
○ 휘발유

항 목	한 국		일 본		유 럽		미 국 연 방		연 료 헌 장	
	98 이후	2000년	2000년	2000년	2005년	RFGI (1995)	RFGII (2000)	범주2	범주3	
방향족 (부피%)	<45	<35	-	<42	<35	<27	<25	<40	<35	
벤젠 (부피%)	<4	<2	<1	<1	←	<0.8	<0.8	<2.5	<1.0	
산소 (무게%)	1.0 이상	1.3~2.3 (하절기는 2%이하)	<1.3	<2.7	←	2.0 이상	2.0 이상	<2.7	<2.7	
올레핀 (부피%)	-	<23	-	<18	←	<8.5	<8.5	<20.0	<10.0	
황함량 (ppm)	-	<200	<100	<150	<50	<130	<130	<200	<30	
증기압 (kPa)	-	<82	-	<60 (하절기)	←	<48.2	<46.1	휘발성으로총괄규제	휘발성으로총괄규제	

자료 : 한국: 대기환경보전법 시행규칙, 일본: SAE Technical Paper Series, 1999., 유럽: EU, Directive, 98/70/EC, 1998., 미국: California RFG, Fact Sheet 3, CARB, 1995., 연료현장: World-Wide Fuel Charter, Jan. 2000.

○ 경유

항 목	한국	일본	미국	유럽(98/70/EC)		연료현장	
	98년	99 현재	연방	2000년	2005년	범주2	범주3
밀도@15℃ (kg/m³)	-	-	-	845이하	←	820~850	820~840
윤활성 (HFRR)			-	460이하		400	400
황(무게%)	0.05	0.05	0.05	0.035	0.005	0.030	0.003
다환방향족 (무게%)	-	-	-	11이하	←	5	2.0
세탄지수	45이상 (석사법)	45이상	40	46이상	-	50이상	52이상

주) 유럽의 2005년 항목중 ← 로 표시된 항목은 1999년 12월경에 위원회에서 제안할 예정으로 2000년 수치에서 변경될 수 있음.
자료: 전계서

IV. 국내 중·장기 자동차용 연료품질 기준 설정방안

정유가 장치산업이라는 특성과 전지구의 한정된 석유 매장량에서 전량을 수입에 의존하는 우리나라의 현실에 비추어 연료품질 기준 설정의 기본방향과 설정시 고려사항을 제안하였다.

1. 중·장기 연료품질 기준 설정의 기본방향

- 국내 대기오염 실태에 따른 우리나라 국민의 건강보호 목적
- 자동차 산업국가로서 자동차 배출기준의 국제적인 규제동향에 적절히 대응
- 석유 수입국가로서 석유수급상 경질유 수출저하의 최소화 및 소비자의 성능 만족 유지
- 정유업체가 장기적으로 시설투자방향을 정하여 능동적

으로 대처할 수 있도록 기술개발과 장기기준 방향 제시

1) 휘발유 기준설정 방향

- 저공해차(Low Emission Vehicle) 배출허용기준 달성을 위한 자동차의 후처리장치 및 관련부품에 적절한 품질기준 설정
 - LEV 최초 도입시기인 2002년부터 황함량 강화를 시작하고 국제적인 추세와 국내 LEV 보급일정에 따라 저황연료의 공급에 지장이 없도록 황함량 강화를 계획
- 휘발유 성분중 유해성 물질의 기준을 강화
 - 휘발유 성분중 인체에 가장 큰 영향을 주는 벤젠 기준을 강화하며 국제적인 추세와 전문가의 의견 수렴을 통해 MTBE의 단계별 사용감축 계획 수립
- 오존형성에 영향을 주는 하절기의 증기압 및 올레핀 기준강화

2) 경유 기준설정 방향

- 향후 우리나라 경유차량 기준으로 설정 예정인 Euro III, IV에 상응하는 기준으로 점차 강화
 - 황함량 기준을 강화하고 윤활성 기준을 신설
- 매연등 오염물질이 크게 줄어드는 전자식경유엔진의 적용이 가능하도록 연료의 균질화 및 경질화 추진
 - 밀도 기준신설
- 경유차의 주요 배출물질인 미세먼지와 NOx 배출에 영향을 주는 연료품질 항목의 추가 지정
 - 다환방향족화합물 기준신설

2. 기준설정시 고려사항

- ◇ 국내 정유사 정제공법 및 원유수입선의 이원화에 따른 현 기술수준격차
 - 국내 정유사는 그동안 정부의 경질화정책과 지속적인 자동차용 휘발유 연료의 수요 급증에 맞추어 시설확충에

많은 투자를 해왔으나 IMF 경제위기후 투자여력이 하락되어 이를 극복하기에는 상당기간의 회복기가 필요하다. 1995년부터 중질유분해(RFCC)시설 및 탈황시설을 확대 운영하는 정유사가 대부분이나 국내 정유사의 공정특성이 이원화 (중질유분해공정과 reformat 공정)되어 있어 적정 기준 수준을 정하는 데 있어 대립이 예상된다. 또한 같은 공정법을 사용하더라도 원유 수입선이 이원화되어 있어 원유자체의 성분에 차이가 있다.

◇ 연료항목간의 상호 연계에 따른 조정 문제

연료품질의 조성은 정제공정의 전체 시스템내에서 조정되므로 한 항목의 기준을 변경할 경우 다른 항목에 영향을 초래한다. 또한 특정 항목의 기준을 강화할 경우 강화된 수준에 맞추기 위해 공정을 도입하면 다른 항목의 수준이 높아질 우려가 발생한다. 예를 들어 RFCC 공정에서 생산된 유분은 올레핀 함량이 높으나 올레핀 함량을 낮추기 위해서는 alkylation, isomerization 공정이 필요하며 isomerization 공정을 사용할 경우 공정에서 생성된 유분의 올레핀 함량은 낮아지는 반면, 증기압은 높아지게된다. 또한 증기압을 강화할 경우에는 부탄등 가벼운 휘발유 유분의 사용이 불가능하며 이에 따른 옥탄가 하락과 올레핀 증가로 인해 방향족 유분 사용이 늘어남으로 방향족 함량이 높아지는 문제가 발생한다. 밀도는 경유의 수율에 영향을 주는 대표적인 항목으로 밀도를 강화할시 중질경유유분을 경유에 사용할수 없어 경유의 생산이 30~50% 정도 감소된다. 경유의 황함량은 엔진 작동에 영향을 주는 윤회성과 관련되는 항목으로 탈황과정중 황함량이 낮아지면 연료의 윤회성이 상대적으로 나빠지게 되어 엔진 작동에 문제가 생길 수 있다. 따라서 황함량과 윤회성 항목은 같이 고려되어야 한다.

◇ 연료 기준설정 기간의 문제

품질항목(예: 초저황연료)에 따라서는 강화된 품질규

격의 전량 생산, 공급시 현재의 시설 및 공정으로는 불가능하며 기존 공정의 전면 재검토가 필요하고 시설변경 및 건설이 불가피한 경우가 발생한다. 정유는 장치산업이므로 기존시설의 부지문제, 디자인 등에 최소 40개월 이상이 소요되며 공정을 재검토, 전면 변경하는데는 충분한 계획기간이 요구되어진다. 따라서 연료 기준설정시 장기 기준방향을 제시하여 정유사가 시설투자와 기술개발 방향을 정할 수 있도록 해야 한다.

◇ MTBE의 사용계획

현재 미국에서는 MTBE로 인한 지하수 수질오염문제 및 유해성에 대해 논란이 진행되고 있으며 MTBE 사용 감소 및 연방법상의 산소함량 규제의 삭제 요구 등 MTBE에 대한 논의가 마무리되지 않은 상태이다. 그러나 미국의 유해성 논란에도 불구하고 일본에서는 MTBE로 인한 환경상의 문제가 발견되지 않았다는 이유로 아직까지 사용저감 계획은 갖고 있지 않은 상태이다. 국내에서는 그동안 정부 정책에 의해 MTBE가 도입되어 많은 업체들이 시설투자를 한 상태로 급작스러운 사용 규제시 이들 업체의 반발이 예상된다. 물론 MTBE의 유해성이 충분히 입증된다면 그동안 막대한 투자를 했다 하더라도 전체 사회비용 차원에서 전면 사용감축이 필요할 것이나 이는 매우 조심스럽게 접근해야 할 것이다. 따라서 앞으로 정부 및 업계는 외국의 동향 분석 및 전문가의 의견을 들어 장기방향을 수립해야 할 것이다.

3. 2002년 연료품질기준(안)

1999년 6월부터 한국환경정책·평가연구원을 중심으로 진행해 온 2002년이후 연료품질기준 설정사업의 조사 및 논의결과를 토대로 학계, 연구소, 민간단체, 자동차공해분과위원회, 정유사 및 환경부(자동차공해연구소) 소속 전문가가 참석한 전문가회의를 통해 2002년 기준(안)이 제안되었다(표 4).

〈표 4〉 2002년 연료품질기준(안)

○ 휘발유

항 목	현 행	2002년기준(안)
황함량(ppm)	200이하	130*
방향족화합물함량(부피%)	35이하	<35(30)
벤젠함량(부피%)	2이하	<1.5(2005년에는 <1.0)
산소함량(무게%)	1.3 ~ 2.3	1.0 ~ 2.3
올레핀함량(부피%)	23이하	<18(23)
증기압(kPa, 37.8℃)	82이하	<70* 또는 <75

* 황함량은 2002년 1년에 한하여 평균 120 ppm + Cap. 150 ppm을 선택 가능

증기압은 70(6~8월), 75(5~9월)중에서 협의하여 추후 결정

※ 방향족화합물 및 올레핀의 () 규정은 정유사 공정의 이원화 특성을 고려하여 정유사가 선택, 즉, 방향족을 30%이하로 할 경우 올레핀은 23%이하 가능

○ 경유

항 목	현 행	2002년 기준(안)
밀도@15℃(kg/m³)	-	815~855
황(무게%)	0.05이하	0.045이하
윤활성(HFRR)	-	Report
다환방향족(무게%)	-	Report

※ Report 항목은 2001년 1월부터 1년 동안 보고를 받은 후 2002년에 기준을 제정

4. 2002년 이후 2단계기준 설정 및 기술 개발 방향

국내외적으로 자동차 배출허용기준이 점차 강화됨에 따라 자동차 기술개발에 결정적인 영향을 주는 연료의 항목은 휘발유와 경유에 공통적으로 황함량임이 보고되고 있다. 지금까지의 추세라면 향후 정유정제시설의 기술개발 투자 방향은 초저황연료의 생산에 맞추어 질 것으로 전망된다. 장기적으로 자동차 제작사가 LEV 기준달성을 위해 단계적으로 엔진기술개발 투자를 결정함에 따라서

2002년 이후 2단계 연료기준의 방향은 현재 미국이 정한 초저황연료의 방향과 유사할 것으로 전망되며 경유는 유럽의 50 ppm이하로 예상된다. 따라서 정유사는 나름대로의 동향분석을 통해 시설투자 계획에 착수해야 할 것으로 저황휘발유와 경유를 생산하는데 있어서 외국의 기술동향 등을 우선 파악해야 할 것이다.

V. 2002년 강화된 기준(안)에 대한 투자 및 효과분석

1. 연료기준 강화에 따른 투자비용

강화된 2002년 기준(안)은 정유사의 시설투자 특성을 고려하여 현재의 시설로 operational optimization을 통해 달성이 가능한 수치를 제시한 것이다. 따라서 사실상 hardware적인 시설투자에서 발생하는 직접경비는 거의 없다고 보여지며 단지 최적조건을 위한 운영비가 회사당 수백억원 정도로 예상된다. 따라서 2002년 기준(안)을 준수하기 위한 정유사의 투자비용은 보통 시설투자예의 비용부담이 조원 단위인 점과 비교하면 거의 무시할 수 있는 수준으로 정유사의 부담은 비교적 작다고 판단된다.

2. 연료기준 강화에 따른 효과 분석

1) 배출량 저감효과

연료기준 강화로 인한 배출량 저감효과는 동일한 자동차 또는 엔진기술에서 연료 조성변화에 따른 배출가스 시험자료가 있어야 가능하다. 우리나라는 국내 차량과 연료를 이용하여 연료 조성변화에 따른 자동차 배출가스와 상관관계를 실측한 자료가 없다. 따라서 다년간 수행된 외국의 연구결과를 인용하여 연료기준 강화시 자동차 오염물질의 배출량이 어느 정도 저감가능한지를 계략적으로 산정할 수밖에 없다.

휘발유의 2002년 강화된 기준(안)을 적용할 경우 배출가스 저감에 가장 크게 기여하는 항목은 황함량으로 추정

되며 2002년의 CO, HC, NOx 총배출량이 약 5~6만톤 저감될 것으로 예상된다. 또한 벤젠항목에 대해 1998년 기준인 4%에서 2002년 1.5%로 강화할 경우 발암물질인 벤젠에의 직접노출을 1/3로 줄일 수 있다는 이점이 있다.

경유항목 중에서는 밀도가 경유차량의 배출량 저감에 가장 크게 기여할 것으로 예상되는데 외국의 연구결과에 따르면 주로 PM과 NOx 배출에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이로 인해 경유차량의 총 NOx 배출이 10,000톤, PM 배출은 2,600톤 저감효과가 예상된다.

결론적으로 시설의 operational optimization을 고려하여 설정된 2002년 기준을 준수하기 위한 정유업체의 노력으로 자동차에서 배출되는 CO+HC+NOx의 총배출량은 7만톤, 미세먼지는 2,600톤 저감될 것으로 예상된다.

2) 기준강화로 인한 경제성 분석

〈표 5〉 오염물질의 단위당 사회적 비용(천원/톤)

	CO	HC	NOx	TSP(PM-10)
단위당사회적비용	1,408.5	1,495.3	1,767.7	2,171.6
보정한 단위당사회적비용 ¹⁾	1,408.5	2,112.7	7,042.5	14,085
보정위해도	1.0	1.5	5.0	10.0

주: 1) 본 연구에서 보정한 값

※ CO, HC, NOx의 평균 사회적비용: 3,521.2천원/톤

자료: 한국환경정책평가연구원, 「매연여과장치 보급의 경제성 분석」, 1998. 10.

대기오염물질로 인한 피해를 화폐단위로 계량화한 것을 사회적비용이라 한다. 우리나라의 경우 대기오염물질로 인한 사회적 비용의 산출은 일부 학계와 연구기관에서 수행된바 있다. 우리나라에서 산출된 사회적 비용 결과는 오염물질별로 미국, 유럽과 큰 차이가 있다. 예를 들면 유럽이나 미국은 NOx의 경우 CO의 220-250배, PM은 2500-2600배의 사회적 비용을 나타내고 있으나 우리나라는 CO에 비해 NOx 1.3배와 TSP 1.6

배로 오염물질간에 위해도에 별 차이가 없다. 결국 우리나라에서 지금까지 보고된 결과들은 오염물질별로 건강에 미치는 영향이 크게 다를 수 있다는 것을 크게 고려하지 못하였다고 판단된다. 저자 나름대로 미국과 유럽의 결과를 참고하여 오염물질별 단위당 사회적비용을 매우 보수적으로 보정하고 이들 값을 오염물질별 단위당 사회적비용으로 산출, 경제성 분석에 활용하였다.

오염물질별로 보정한 단위당 사회적 비용과 2002년 기준강화에 따른 배출저감량을 이용하여 사회적편익을 산정한 결과 2002년 연료의 기준강화로 연간 총 2,800억원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

VI. 결론

강화된 2002년 기준(안)은 향후 자동차 오염물질 저감에 있어 여러 가지 의미를 갖는다. 2002년 기준(안)을 만족시킬 경우 사회적 편익은 기준만족을 위해 정유사가 운영비에 투자하는 수백억원의 비용을 고려해도 연료기준강화만으로 연간 수백억원의 편익이 발생함을 알 수 있다. 특히 이번에 설정된 기준은 앞으로 휘발유차의 LEV 기준 및 경유차의 Euro III 또는 IV기준에 상응하는 연료를 생산하기 위한 기반을 구축하였다는 점에서 앞으로 정유사가 저황연료를 생산할 시설을 투자하는 등의 파급효과가 매우 크다. 또한 연료기준 설정시 정유사의 공정 특성, 자동차 배출허용기준, 기술개발 방향 및 건강위해성과의 연계성을 심도있게 고려하였고 이해당사자들의 협조하에 설정되었다는 점에서 의의가 크다고 판단된다.

끝으로 자동차로 인한 지역적·지구적대기오염문제가 보다 커짐에 따라 가장 경제적인 정족수단을 발굴하기 위한 자동차 엔진, 차량과 연료와의 상관관계 분석의 과학적인 자료가 필요할 것이다. 따라서 정유사와 자동차제조사는 공동으로 자발적인 auto/oil 협력 프로그램을 수행해야 할 것이며 정유사는 자동차 엔진기술이 보다 정교해짐에 따라 연료자체의 품질이외에 연료첨가제의 사용 필요성등에 대한 관심도 가져야 할 것이다. ☉