

정책연구 2005-21

## 청정대기환경보전을 위한 저공해자동차 보급 방안

2005. 12

제주발전연구원

## 발 간 사

자동차는 대도시 대기오염의 주요인으로 작용하고 있다. 자동차에 의한 오염물질은 인구 밀집지역 및 도시 도로변 주거지역에 집중적으로 배출되기 때문에 체감오염지수와 건강에 대한 피해정도가 다른 배출오염원에 비해 훨씬 크다.

2003년 제주도내에서 배출된 대기오염물질량은 대략 32,461톤이다. 그 중 자동차에 의한 대기오염물질 배출비중은 63.1%로 나타나 자동차는 제주도내의 대기오염물질의 주요 배출원인 것으로 나타나고 있다.

제주도내 자동차 등록대수는 1998년부터 2003년 기간 동안 연평균 7.8% 정도 증가하여 2005년 11월말 현재 212,775대이다. 차종별로는 승합차와 특수차의 경우가 전체 연평균 증가율보다 빠른 증가속도를 보이지만, 승용차 및 화물차의 경우에는 평균 증가율보다 낮은 증가 속도를 보이고 있다. 이에 따라 제주도내 자동차 연료 사용량 또한 매년 증가하고 있다. 특히, 자동차 연료 중 경유를 가장 많이 소모하고 있을 뿐 아니라 사용량의 증가 추세도 지속되고 있어, 대기오염물질 배출량이 더욱 증가할 것으로 예상된다.

지구환경을 보전하기 위한 기후변화협약에는 온실가스 저감을 위한 자동차의 규제사항을 자세하게 명시하고 있지 않지만, 향후 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 저감시키기 위한 국가별 목표량 설정, CO<sub>2</sub> 배출량을 강제적으로 감축시키는 과정에서 자동차에 대한 규제가 이루어질 가능성이 높다.

자동차로 인한 오염물질 배출량을 저감시키기 위해서는 제작자동차와 운행자동차에 대한 배출허용기준을 설정하여 관리하는 것은 물론 자동차 연료에 대한 기준을 설정하여 관리하고 있다. 그러나 자동차 생산 및 운행, 연료 및 교통정책 등이 다양하게 상호 연계되어 있어 자동차 오염물질 저감대책을 수립하여 추진하는 일은 결코 쉬운 일이 아니다.

본 연구는 제주도의 청정대기환경을 보전하기 위해 제주도내 저공해 자

동차 보급방안을 마련하기 위한 것이다.

저공해자동차는 대기오염물질을 배출하지 않는 자동차 또는 현행 제작차 배출허용기준에 적합한 자동차에 비하여 오염물질을 적게 배출하는 자동차를 의미한다. 저공해자동차에 이용되는 연료는 기존의 석유계 연료에 비해 탄소함유량이 적고, 반응물질 생성시 이용되는 에너지가 적어 근본적으로 이산화탄소의 발생량이 적다.

저공해자동차를 보급하기 위해서는 첫째, 연료수급이 용이성과 경제성이 있어야 한다. 둘째, 저공해 연료 보급을 위한 충전소 등 인프라에 대한 기반시설이 구축되어야 한다. 셋째, 저공해자동차를 사용하는데 따른 이점이 있어야 한다. 넷째, 저공해자동차 이용에 따른 연료가격 비용손익을 보전하기 위한 정부 및 지자체의 적극적인 지원체도가 선행되어야 한다. 그리고 저공해자동차는 하나의 특정 저공해자동차 만을 지정하여 보급하는 것보다는 몇 개의 가능한 저공해자동차를 차종에 맞게 보급하는 것이 기술의 다변화와 국제적 추세에도 합당할 것이다.

저공해자동차의 특성과 자동차로 인한 대기오염 현황에 비추어 볼 때, 향후 제주도내에서 보급 가능한 저공해자동차는 질소산화물(NOx)과 입자상물질(PM; particulate matter), 광화학반응성 탄화수소의 배출저감에 효과가 있는 CNG, LPG, 메탄올, 하이브리드(전기)자동차, 연료전지자동차를 고려하는 것이 타당하다고 판단된다.

끝으로 본 연구결과가 제주도에 저공해 자동차를 보급 촉진하는데 유용한 자료로 활용되기를 바라며, 본 연구수행에 노고를 아끼지 않은 연구진께 감사의 뜻을 전한다.

2005년 12월

제주발전연구원장 고부언



# I. 연구의 개요

## 1. 연구의 배경

1992년 UN은 이산화탄소를 비롯한 온실가스의 방출을 제한하여 지구온난화를 방지하기 위한 기후변화협약을 체결하고, 1997년에는 구체적인 이행방안으로 선진국의 온실가스 감축목표치를 규정한 교토의정서를 발표하였다.

기후변화협약에 의거하여 우리나라는 2차 공약기간(2013-2017년) 중 온실가스 감축 의무 부담이 가시화될 것으로 전망되어 산업 및 경제활동에 심각한 영향을 끼치게 되므로 이에 대한 대비책을 마련하는 것이 시급한 실정이다.

제주도내 연간 대기오염물질 배출량 중에 가장 많이 기여하는 오염원은 자동차 부문으로 제주도의 청정 대기환경을 유지하기 위해서는 자동차 배출가스 저감에 대한 보다 적극적인 관리대책이 필요하다. 왜냐하면 자동차 부문에서 발생하는 대기오염 물질은 자동차에 대한 수요관리 강화, 배출가스 후처리장치 부착, 연료품질 개선 등 사후적 저감효과를 능가할 정도로 자동차 보급이 확대되어 전체적인 자동차 부문 오염물질 배출량이 빠른 속도로 증가하고 있기 때문이다.

최근 환경부에서는 「수도권대기환경개선에관한특별법」을 제정하여 2005년부터 연간 3천대 이상의 자동차를 판매하는 자동차 제작사와 수입사는 일정비율을 무공해 또는 저공해차로 보급해야 한다고 규정하는 등 무공해 · 저공해 자동차의 보급을 위한 제도적 장치를 마련하였다. 또한 산업자원부에서는 2004년 9월 「환경친화적자동차의개발및보급촉진에관한법률」을 제정하여 2005년 4월부터 무 · 저공해 자동차의 개발 및 보급을 위한 각종 지원 및 제도가 일정 부분 마련되었다.

한편, 우리나라의 대기질 관리가 지방자치단체의 역할을 강화하여 지역

실정에 맞는 새로운 정책 및 기술개발을 시행하기 위한 지역 대기질 관리 정책으로 전환되면서 지역의 특수성을 고려한 지역 밀착형 대기질 관리 정책 추진에 대한 요구가 증대되고 있다.

제주도는 다양하고 세분화되어 있는 도민의 주거활동과 기타 산업활동, 그리고 화석 에너지 사용량의 급증과 함께 자동차대수도 날로 증가하고 있다. 따라서 자동차 등으로부터 배출되는 대기오염물질을 완전히 제어하는 것은 현실적으로 불가능하다.

이러한 현실적 특성을 고려할 때 자동차 소유 및 운행 증대로 인한 대기질의 악화가 예상되므로 무엇보다도 자동차 배출가스 저감을 위하여 저공해자동차 보급 확대와 배출가스 중간 검사제도 등을 도입하여 자동차에서 배출되는 대기오염물질을 저감하기 위한 노력이 더욱 필요한 실정이다.

따라서, 환경시범도시로서의 위상을 정립하기 위해 자동차의 사용연료를 대기오염물질 배출이 많은 석유류의 사용을 제한하는 대신 청정연료로 대체하는 방안을 강구함으로써 제주도의 대기환경을 체계적으로 보전할 필요성이 대두되고 있다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 제주지역의 대기질을 개선하기 위한 노력의 일환으로 수행하는 것으로 다음의 목적을 실현하기 위하여 수행되었다.

첫째, 저공해 자동차가 보급될 경우 제주지역의 대기질 개선에 크게 기여함은 물론 관광도시의 이미지 제고에 기여하게 될 것이다.

둘째, 자동차의 청정연료 사용을 확대함으로써 대기오염물질을 저감시키고, 제주도의 대기환경을 체계적으로 보전하는데 기여하게 될 것이다.

셋째, 환경부 지정 그린시티의 면모를 갖추므로써 환경시범도시의 위상을 정립할 수 있다.

넷째, 제주도의 대기환경에 대한 이미지 제고 및 쾌적한 대기환경 조성

을 위한 효율적인 관리 정책 방안 수립시 기초자료로 활용할 수 있다.

다섯째, 현행 제주도에서 자동차 연료로 사용하고 있는 석유류를 대신하여 청정 연료를 사용하기 위한 제도적 보완 방안, 실행방안 및 경제적, 환경적 효과 등을 종합적으로 분석하는 기초자료로 활용할 수 있다.

여섯째, 도민의 인식 전환을 통한 저공해자동차 운행 촉진을 유도하는 계기를 제공할 것이다.

일곱째, 제주도 전역의 대기질 개선을 위해 이동오염원에 대한 종합 관리방안을 수립하는데 기초자료로 활용할 수 있다.

## Ⅱ. 저공해자동차의 개념

### 1. 저공해자동차의 개념

저공해자동차에 대한 개념을 살펴보면, 현행 『수도권대기환경개선에 관한특별법』에서는 대기오염물질의 배출이 없는 자동차 또는 대기환경보전법 제31조의 규정에 의한 제작차 배출허용기준에 적합한 자동차에 비하여 오염물질을 현저히 적게 배출하는 자동차를 저공해자동차라 하고 있다. 이러한 기준을 고려할 때 우리나라에서 자동차 배출가스가 최초로 규제되었던 1980년도의 휘발유 승용차 배출가스 허용기준과 1987년 7월부터 규제가 강화된 배출가스 허용기준을 비교할 때, 일산화탄소(CO) 92%, 탄화수소(HC) 93%, 질소산화물(NOx) 79%가 저감되어 기존의 자동차에 비하여 오염물질이 획기적으로 저감되었으므로 이를 저공해자동차라 볼 수도 있다. 즉, 강화된 배출가스 허용기준에 만족하는 자동차를 제작하기 위해 자동차엔진을 전자화하고 삼원촉매장치를 부착하였으며 휘발유에 납을 제거한 무연휘발유를 사용함으로써 대기오염 배출량을 현저하게 줄일 수 있었다. 그 당시 이러한 자동차는 미국, 일본 다음으로 우리나라가 세계에서 3번째로 엄격한 자동차 배출허용기준을 적용한 것으로, 당시에는 이를 저공해자동차라 하여도 아무도 이의를 제기하지 않았다. 그러나 미국을 비롯한 선진국에서 자동차 배출가스 허용기준을 더욱 강화하여 오염물질을 대폭 저감시킨 자동차가 생산 보급되면서 지금까지 생산된 삼원촉매 부착 자동차는 더 이상 저공해자동차로 인식하지 않게 되었다.

경유자동차의 경우도 1984년에 최초로 배출가스를 규제한 이래 1996년도에 중량자동차에 입자상물질(PM : Particulate Matter)을 규제하기 시작하였으며 2000년부터 입자상물질을 보다 엄격하게 규제하게 되었다. 그리고 2004년부터는 EU의 EURO 3 수준으로 규제가 강화되었으며, 2005년부터 EURO 4 수준으로 규제가 강화되고 있는 실정이다. EURO 4 수준의 배출



가스 규제를 만족시키기 위해서는 현재의 자동차 기술을 고려할 때 경유 후처리장치인 입자상물질 저감장치(DPF : Diesel Particulate Filter)를 부착해야 한다. 이 장치는 운행 중인 경유자동차에 부착하여 입자상물질을 85%까지 저감시킬 수 있기 때문에 현재 미국 캘리포니아주, 일본 동경도 등 대기오염이 심각한 지역에서 경유자동차의 입자상물질 저감대책으로 적극 추진되고 있다. 따라서 입자상물질 여과장치(DPF)를 부착한 경유자동차도 대기오염물질의 배출량을 감소시킴으로써 저공해자동차로 분류할 수 있다.

또한 자동차 오염물질의 배출특성은 사용되는 연료에 따라 다르므로 연료 정책 목표에 따라 해당 오염물질의 배출량 저감에 유리한 자동차에 대해서도 저공해 자동차로 분류할 수 있다. 예를 들어 미국의 경우 저공해자동차는 오존과 관련하여 질소산화물의 배출량이 적고, 탄화수소의 광화학 반응성이 적어 전체적으로 오존 저감에 유리한 자동차로 구분하고 있으며, 일본의 경우에는 질소산화물 저감에 유리한 자동차를 저공해 자동차로 구분하고 있다.

따라서 저공해자동차의 개념은 한 국가의 에너지정책과 대기오염 저감정책에 따라 다르다. 그러나 일반적으로 알코올, 천연가스, 액화석유가스, 수소, 전기(하이브리드)를 이용하는 자동차를 저공해자동차로 분류하는 것이 일반적이라 할 수 있다.

이러한 저공해자동차는 오염물질 배출정도에 따라 제1종 저공해자동차, 제2종 저공해자동차 및 제3종 저공해자동차로 구분한다. 제1종 저공해자동차는 오염물질의 배출이 없거나 거의 배출되지 않는 자동차로서 전기자동차, 연료전지자동차, 태양광자동차 등 당해 자동차에서 배출되는 대기오염물질이 저공해자동차 배출허용 기준 <표 II-1>에 적합한 자동차를 말한다.

제2종 저공해자동차는 청정연료(CNG, LPG 등)를 사용하는 자동차 또는 하이브리드자동차로서 당해 자동차에서 배출되는 대기오염물질이 저공해자동차 배출허용기준 <표 II-1>에 적합한 자동차를 말한다.

제3종 저공해자동차는 경유, 휘발유 또는 제2호의 규정에 의하여 청정연

료(CNG, LPG 등)를 사용하는 자동차중 당해 자동차에서 배출되는 대기오염물질이 저공해자동차 배출허용 기준<표Ⅱ-1>에 적합한 자동차를 말한다.

이러한 저공해자동차의 배출허용기준을 유럽 등 선진국의 허용기준과 비교하여 <표Ⅱ-2>에 나타냈다. 여기에서 보면 2005년도 대비 2006년부터 적용되는 저공해자동차 배출허용기준은 매우 강화된 선진국의 배출허용기준과 동일한 수준으로 설정하여 향후 기후변화협약에 따른 온실가스 감축의무에 탄력적으로 대응하기 위해 강화된 것임을 알 수 있다.

우리나라의 향후 배출가스 규제강화 계획의 경우 휘발유자동차에 있어서는 2003년부터 저공해자동차(LEV : Low Emission Vehicle)가 2006년부터는 초저공해자동차(ULEV : Ultra Low Emission Vehicle)가 단계적으로 보급될 예정이며, 경유승용차, 소형승합차, 소형 경유화물 자동차에 있어서는 2005년 또는 2007년에 저공해자동차로 분류할 수 있는 EU의 EURO 4 수준의 배출가스 규제가 적용될 것이다. 이에 따라 우리나라에서도 자동차 배출가스 규제를 연차적으로 강화하여 휘발유 승용차에 있어서는 저공해자동차(LEV : Low Emission Vehicle)가 단계적으로 생산 보급되며, 2006년부터는 LEV보다 CO 50%, HC 50%, NOx 76%가 더 저감된 초저공해자동차(ULEV : Ultra Low Emission Vehicle)가 단계적으로 생산 보급될 예정이다.

한편, 자동차 대기오염물질의 종류와 특성은 엔진 등의 성능에도 관련이 있지만 대부분 자동차에 사용되는 연료에 따라 결정된다. 지금까지의 자동차 연료로는 다른 연료에 비해 에너지 함량이 높고 사용이 편리하며 저렴한 비용으로 지구상 여러 곳의 연료원에서 얻을 수 있기 때문에 주로 가솔린과 디젤이 사용되고 있다.

화석연료인 가솔린과 디젤을 사용하는 자동차는 연료 자체의 특성과 등 록대수의 꾸준한 증가로 인해 특히, 도심지역에서 극심한 대기오염 현상을 유발하고 있다.

그동안 청정에너지 등 대체연료가 개발되어 이를 자동차 연료로 사용하려는 노력이 추진되고 있지만 연료마다의 특성으로 인해 기존 자동차에 그

대로 적용하기에는 현실적으로 어려운 실정이다. 이를 해결하기 위하여 연료 전환 및 엔진 개발, 기반구축 등에 상당한 노력을 기울이고 있지만 기존 연료와 비교하여 기술, 비용, 연료의 수급성, 시장성 등을 고려할 때 많은 편익이 제공되지 못하고 있다. 따라서 저공해 자동차 보급을 정책적으로 활용하고 기반 구축 등의 토대를 마련하기 위해서는 다양한 관점에서 저공해 자동차의 특성을 파악할 필요가 있다.

<표Ⅱ-1> 저공해자동차 배출허용 기준(2006년 1월 1일 이후)

저공해 자동차 종류	차종	일산화탄소	질소산화물	탄화수소			입자상 물질	측정 방법		
				배기관 가스	부로바 이가스	증발 가스				
제1종	모든 차종	0g/km	0g/km	0g/km	0g/1주행	0g/테스트	-	-		
제2종	가스 자동차	경자동차, 소형 승용·화물, 중형 승용·화물	0.625g/km이하	0.0125g/km이하	0.0063g/km이하	0g/1주행	1g/테스트 이하	-	CVS-75 모드	
		대형 승용·화물, 초대형 승용·화물	0.4g/kwh 이하	2.0g/kwh 이하	0.2g/kwh 이하	0g/1주행	-	-	ND-13 모드	
	하이브리드 자동차	휘발유·가스	경자동차, 소형 승용·화물, 중형 승용·화물	0.625g/km 이하	0.0125g/km이하	0.0063g/km이하	0g/1주행	1g/테스트 이하	-	CVS-75 모드
			대형 승용·화물, 초대형 승용·화물	4.0g/kwh 이하	2.0g/kwh 이하	0.55g/kwh 이하	0g/1주행	-	-	ETC모드
	경유	경자동차, 소형 승용·화물, 중형 승용·화물	RW≤ 1,305kg	0.50g/km 이하	0.13g/km 이하	0.18g/km 이하	-	-	0.01g/km 이하	ECE-15 및 EUDC 모드
			1,305<RW ≤1,760kg	0.63g/km 이하	0.17g/km 이하	0.23g/km 이하	-	-	0.01g/km 이하	
RW>1,760kg			0.74g/km 이하	0.27g/km 이하	0.34g/km 이하	-	-	0.01g/km 이하		

<표 II-1> 계속

저공해 자동차 종류	차종	일산화탄소	질소산화물	탄화수소			입자상 물질	측정 방법		
				배기관 가스	부로바 이가스	증발가스				
제 3 종	휘발유 자동차	경자동차, 소형승용·화물, 중형 승용·화물	0.625g/km 이하	0.0125g/km 이하	0.0063g/km 이하	0g/1주행	1g/테스트 이하	-	CVS-75 모드	
		대형 승용·화물, 초대형 승용·화물	4.0g/kwh 이하	2.0g/kwh 이하	0.55g/kwh 이하	0g/1주행	-	-	ETC모드	
	경유 자동차	경자동차, 소형 승용·화물, 중형 승용·화물	RW≤1,305kg	0.50g/km 이하	0.13g/km 이하	0.18g/km 이하	-	-	0.01g/km 이하	ECE-15 및 EUDC 모드
			1,305<RW≤1,760kg	0.63g/km 이하	0.17g/km 이하	0.23g/km 이하	-	-	0.01g/km 이하	
			RW>1,760kg	0.74g/km 이하	0.39g/km 이하	0.46g/km 이하	-	-	0.01g/km 이하	
		대형 승용·화물, 초대형 승용·화물	1.5g/kwh 이하	3.5g/kwh 이하	0.46g/kwh 이하	-	-	0.01g/kwh 이하	ND-13 모드	
	가스 자동차	경자동차	1.06g/km 이하	0.023g/km 이하	0.025g/km 이하	0g/1주행	1g/테스트 이하		CVS-75 모드	
		소형 승용·화물, 중형 승용·화물	1.31g/km 이하	0.033g/km 이하	0.034g/km 이하	0g/1주행	1g/테스트 이하			
		대형 승용·화물, 초대형 승용·화물	0.4g/kwh 이하	2.63g/kwh 이하	0.2g/kwh 이하	0g/1주행	-	-	ND-13 모드	

비고

1. 차종(車種)은 「대기환경보전법 시행규칙」 별표 5 제4호의 규정에 의한다.
2. 시험중량(RW, Reference Weight)은 공차중량에 100kg을 더한 수치로 한다.
3. 경유를 사용하는 소형승용자동차(하이브리드자동차를 포함한다)중 차량총중량이 2.5톤 미만인 자동차는 시험중량(RW)≤1,305킬로그램(kg) 기준에 의한다.
4. 제3종 경유자동차중 차량 총중량이 2.5톤을 초과하는 소형승용·화물, 중형승용·화물은 2007년 1월 1일부터, 대형승용·화물 및 초대형승용·화물은 2006년 10월 1일부터 적용한다.
5. 2005년 12월 31일 이전에 「대기환경보전법」 제32조의 규정에 의한 인증을 받고 2006년 1월 1일부터 2006년 12월 31일까지 출고되는 제3종 휘발유자동차중

소형승용을 제외한 자동차, 2005년 12월 31일 이전에 「대기환경보전법」 제32조의 규정에 의한 인증을 받고 2006년 1월 1일부터 2007년 6월 30일까지 출고되는 제3종 가스자동차중 소형승용자동차에 대하여는 2005년 1월 1일 이후의 기준을 적용한다.

6. 소형승용중 휘발유자동차의 저온(-6.7℃) 시동시 일산화탄소 배출허용기준은 6.3g/km 이하로 한다.
7. 휘발유자동차 및 가스자동차중 대형승용·화물 및 초대형 승용·화물의 배기관가스는 비(非)메탄계탄화수소(NMHC)로 측정하고, 그 밖의 자동차의 배기관가스는 비메탄계유기가스(NMOG)[비메탄계탄화수소(NMHC)로 측정할 경우에는 비메탄계탄화수소(NMHC) 측정값에 1.04를 곱한 값을 비메탄계유기가스(NMOG) 측정값으로 한다]로 측정하고, 경유자동차의 배기관가스는 총탄화수소(THC)로 측정하되, 경유에 다른 연료를 혼합하여 사용하는 경우에는 비메탄계탄화수소(NMHC)로 측정한다.
8. ECE-15 및 EUDC모드로 측정하는 경유자동차(하이브리드자동차를 포함한다)의 배기관가스기준은 탄화수소에 질소산화물을 더한 값으로 한다.
9. 제3종 경유자동차중 소형승용에서 「여객자동차 운수사업법」 제3조의 규정에 의한 여객자동차운수사업용으로 등록된 자동차를 제외한다.

<표 II -2> 제2종 및 제3종 저공해자동차의 배출허용기준 비교

차종		제2종 저공해자동차		제3종 저공해 자동차	
		'05.1 ~ '05.12	'06. 1. 10이후	'05. 1 - '05. 12	'06. 1. 10이후
휘발유	소형	-	-	ULEV ( '06 제작차 기준)	SULEV (미국기준 적용)
	중형	-	-	ULEV ( '06 제작차 기준)	SULEV (미국기준 적용)
	대형	-	-	EUROIV ( '06 제작차 기준)	EUROV (유럽기준 적용)
경유	소형	-	-	EUROIV ( '06 제작차 기준)	EUROIV 대비 NOx 50%, PM 50% 저감
	중형	-	-	EUROIII 대비 PM 80% 저감	EUROIV 대비 PM 0.01% 저감
	대형	-	-	EUROIII 대비 PM 80% 저감	EUROIV 대비 PM 0.01% 저감

<표Ⅱ-2> 계속

차종		제2종 저공해자동차		제3종 저공해 자동차	
		'05.1 ~ '05.12	'06. 1. 1이후	'05. 1 - '05. 12	'06. 1. 1이후
가스	소형	ULEV ('06 제작차 기준)	SULEV (미국기준 적용)	TLEV 대비 NOx 50% 저감	ULEV 대비 NOx 25% 저감
	중형	ULEV ('06 제작차 기준)	SULEV (미국기준 적용)	TLEV 대비 NOx 50% 저감	ULEV 대비 NOx 25% 저감
	대형	EUROIV ('06 제작차 기준)	EUROV (유럽기준 적용)	EUROIV 대비 NOx 15% 저감	EUROIV 대비 NOx 25% 저감
하이브리드	소형	◦ 휘발유·가스 - ULEV ('06 제작차 기준) ◦ 경유-EURO 4 ('06 제작차 기준)	◦ 휘발유·가스 - SULEV(미국 기준적용) ◦ 경유 - EURO 4 대비 NOx 30%, PM 0.01%로 저감	-	-
	중형	◦ 휘발유·가스 - ULEV ('06 제작차 기준) ◦ 경유-EURO 4 ('06 제작차 기준)	◦ 휘발유·가스 - SULEV(미국 기준적용) ◦ 경유-EURO 4 대비 NOx 30%, PM 0.01%로 저감	-	-
	대형	◦ 가스·경유 - EURO 4 ('06 제작차 기준)	◦ 가스·경유 - EURO 5(유럽 기준 적용)	-	-
주. ◦ ULEV(Ultra Low Emission Vehicle) ◦ SULEV(Super Ultra Low Emission Vehicle) ◦ TLEV(Transitional Low Emission Vehicle) ◦ PM(Particulate Matter) ◦ EURO 3,4,5 : 디젤 중량자동차에 대한 유럽의 배출가스 허용기준					

자료 : 수도권지역 배출총량관리제 추진방안, 환경부, 2004

## 2. 저공해 자동차의 종류 및 특성

### 2-1. 천연가스(CNG : Compressed Natural Gas) 자동차

천연가스 자동차는 천연가스를 연료로 하는 자동차를 말한다.

천연가스는 매장량이 풍부한 연료로 산지에 따라 가스 조성에 차이는 있으나 주성분은 80% 이상이 메탄이며, 기타 에탄, 프로판, 부탄 등 탄화수소 동족체와 질소 등이 소량 함유되어 있다. 소량의 질소산화물을 제외하면 연소시 일산화탄소와 탄화수소의 생성이 적으며 비교적 열효율이 높고 풍부한 매장량으로 인해 연료 공급의 안전성, 저렴한 연료 가격과 낮은 CO<sub>2</sub> 배출로 인해 지구온난화 방지대책으로 사용량이 더욱 확대될 것으로 기대되고 있다. 특히, 기존 석유계 연료의 연소기술을 활용할 수 있다는 장점으로 저공해 연료로서의 관심도 높다. 천연가스의 주성분인 메탄은 자동발화(auto-ignition) 온도가 타 연료보다 높고(메탄 : 540℃, 가솔린 : 227-500℃, 디젤 : 257℃) 밀도가 낮으며 연소성이 낮고 확산계수가 커서 누출 시에도 폭발의 위험성이 아주 적다. 또한 천연가스 자체가 독성이 없고 인체에 무해하여 자동차용 연료로 사용하는데 매우 안전한 가스 연료로 평가되고 있다.

천연가스를 연료로 사용하는 차량인 NGV(Natural Gas Vehicle)는 천연가스를 사용하는 방식에 따라 CNG(Compressed Natural Gas)와 LNG(LNG; Liquefied Natural Gas)로 구분된다. CNG는 천연가스를 압축하여 고압용기(200-250기압)에 충전하여 이용하는 방법이고, LNG는 천연가스를 저온(-162℃ 이하)에서 액화시킨 후 단열용기에 저장하여 이용하는 방법이다.

차량의 연료로는 LNG 상태로도 사용 가능하나 현재는 대부분 압축천연가스(CNG; Compressed Natural Gas) 상태로 사용되고 있다. CNG 자동차는 기존의 가솔린엔진과 디젤엔진을 개조하여 사용할 수 있으며 연료공급 방식에 따라 CNG 전용(dedicated), CNG-가솔린 겸용(bi-fuel), CNG-디젤 혼소(dual fuel)방식이 있다.

### 2-1-1. CNG 가솔린 엔진

CNG를 가솔린 엔진에 적용하면 배출가스 저감효과가 현저하여 CO, HC는 30-50%, CO<sub>2</sub>도 20-30% 이상 감소하는 것으로 보고되고 있다. 또한 옥탄가가 130으로 높기 때문에 엔진 압축비를 높일 수 있어 엔진효율과 연료소비율을 향상시킬 수 있다. 엔진 연소실과 연료공급 계통에 퇴적물이 적어 윤활유나 엔진오일, 필터의 교환 주기가 길며 엔진수명도 길다. 그러나 CNG 연료가 가솔린에 비해 단위 체적당 발열량이 낮아 가솔린 엔진에 비해 출력이 10% 정도 감소하며, 1회 충전 주행거리가 짧고, 엔진 개조에 필요한 장치 비용도 상당히 많이 소요된다. 출력 저하의 원인으로는 CNG 연료가 가솔린에 비해 단위 체적당 발열량이 낮고, 체적 효율이 떨어지며, 화염속도가 느림에 따라 모든 혼합기가 연소되는 타이밍 손실 등에 기인한다. 물론 CNG는 옥탄가가 높기 때문에 압축비를 높여 출력 향상을 도모하지만 마찰 손실 때문에 한계가 있으며 보통 12-15 : 1 까지 가능하다.

### 2-1-2. CNG 디젤 엔진

자기발화 온도가 높은 천연가스의 연소를 위해서는 외부로부터 점화에너지 공급이 필요하며 착화원의 방식에 따라 경유 파일럿 방식과 불꽃점화 방식으로 구분할 수 있다. 경유 파일럿 방식은 CNG와 경유를 동시에 사용하는 혼소방식으로 연소실에 CNG와 공기 혼합기를 먼저 공급한 후 디젤유를 적정량 분사(pilot)하여 점화·연소하는 방식이다. 기존 디젤엔진 연소실의 변경 없이 CNG 공급시스템만을 장착(retrofit)함으로써 쉽게 CNG 엔진으로 변경(conversion)할 수 있는 장점이 있어 주로 운행차량에 사용되고 있다. 불꽃점화 방식은 CNG만을 사용하는 전소방식으로 엔진 연소실까지 개조해야 하기 때문에 자동차 제작사에서 신차에 적용하고 있다. 디젤엔진에 점화플러그를 장착하고, 압축비를 낮추어 오토사이클로 연소시킨다. 미국의 CNG 자동차 보급전략을 보면 시내버스는 충전시설의 운용이



용이하기 때문에 전소방식을 사용하나 대륙을 횡단하는 화물트럭은 충전시설의 효율적인 사용이 어려워 혼소방식을 적용한다. 혼소방식에서는 파일롯 연료로 사용되는 디젤유의 사용률(현재 약 20% 사용)을 낮추는 것이 핵심기술이라 할 수 있다.

### 2-1-3. LNG(액화천연가스) 자동차

지금까지는 LNG 단열용기 개발이나 LNG 충전기술이 미진하여 LNG 연료를 직접 사용하는 엔진개발 연구가 부진하였으나, 최근 들어 이에 대한 기술개발에 많은 진전이 있어 실용화 단계에 접어들고 있다. 미국과 유럽, 일본 등에서는 시험 운행이 활발하며, 미국에만 약 700대 이상의 차량이 시험운행 중에 있다고 한다.

LNG 자동차는 연료를 액체 상태로 저장하기 때문에 CNG 자동차에 비해 주행거리가 길다. 또한 우리나라와 같이 LNG 상태로 수입하는 경우는 이를 직접 사용할 수 있어, LNG를 기화하여 배관을 통하여 공급한 후 다시 압축하여 사용하는 CNG에 비해 압축기를 구동하여야 하는 에너지가 절감되며 압축기 설치도 필요 없다.

그러나 LNG 단열용기에 전달되는 외부 열원에 의해 용기내의 LNG 성분 중 비점이 낮은 메탄성분이 먼저 증발하여 증발가스(BOG; Boiled off Gas)가 발생되며, 이와 같은 증발가스에 의한 용기내 압력 상승을 방지하기 위하여 증발가스를 엔진에 우선적으로 공급하거나 대기 중으로 방출하여야 한다. 따라서 시간이 경과할수록 용기 내에는 메탄성분이 감소하고 고비점의 연료성분이 농축되는 weathering 현상이 발생한다. 예를 들면 연료 증발률이 하루 3% 정도일 경우 충전 후 20일 경과시 연료의 메탄 성분은 100%에서 70%로 감소한다. 이에 따라 연료의 발열량은 최대 37%감소하고 옥탄가도 24% 정도 낮아진다. 이러한 문제점 등이 엔진에 정밀한 연료공급에 지장을 주는 기술적 장애요인으로 작용하고 있다. 현재 LNG를 기화시켜 믹서나 또는 인젝터(injector)를 사용하여 흡기관에 공급하는 방

식과 기화된 가스를 고압으로 가압하여 연소실내에 직접 분사하는 방식이 개발되고 있다. 전자의 기술은 현재 실용화 단계에 있으나 후자의 직접분사 방식은 연구단계에 있다.

## 2-2. LPG(액화석유가스) 자동차

LPG 자동차는 세계 1차 대전 당시 휘발유 연료의 부족분을 충당하기 위한 대체에너지로 이탈리아, 소련 등에서 개발 사용되었다. 1차 세계대전 이후 그 운행의 편리성으로 인해 점차 세계 각국으로 보급되기 시작하여 2000년 기준으로 이탈리아 123 만대, 한국 121 만대 등 약 730여만 대가 운행 중에 있다. 특히 휘발유 엔진을 크게 개조하지 않고서도 대체 연료로 사용이 가능하다. 자동차로 인한 환경공해의 심각성이 대두되면서 LPG 연료의 청정성 및 안전성이 부각됨에 따라 선진국을 중심으로 대형 경유 차량 대신에 시내버스, 관용차량(청소차량), 셔틀버스, 스쿨버스, 공공운용차량, 승용차 등을 LPG 차량으로 대체 이용하는 활용도가 증대되고 있다. 이러한 LPG 연료의 청정성으로 인해 직접 규제물질인 질소산화물(NOx), 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC) 등이 매우 적게 배출되며 미세입자(PM)가 거의 생성되지 않을 뿐 아니라 장기간에 나타나는 유해물질인 알데히드, 벤젠 등도 휘발유 차량이나 경유 차량에 비해 현저히 적게 배출되고 있으며, 청정연료의 대표적인 천연가스와 대등한 저공해성을 보이고 있다.

LPG 자동차는 액화석유가스(LPG)를 연료로 하는 자동차로서, 연료로 이용되는 액화석유가스는 상온, 상압 하에서 기체이나 200psi 이상의 압력에서는 액화되며 원료는 천연가스와 원유이다.

일반적으로 미국에서는 LPG의 30%를 석유 정제과정에서 얻고 있으며, 70%는 천연가스로부터 얻고 있다. 미국에서 상업화된 LPG는 3종류가 있으며 가장 표준화되어 있는 제품에는 90%의 프로판(propane)과 5% 미만의 프로필렌(propylene)이 함유되어 있다. 프로필렌은 낮은 옥탄가 성질과

광화학 반응성이 프로판보다 커서 스모그를 일으키는 요인으로 작용하므로 함량을 제한하고 있다. 일반적으로 천연가스에서 추출한 LPG에는 프로필렌이 거의 검출되지 않고 원유에서 추출한 LPG에서만 프로필렌이 검출되고 있다. LPG 내에 최소한 90% 이상의 프로판이 필요하다는 것은 저온에서도 연료를 엔진으로 이동시키기 위한 최소한의 증기압이 요구되기 때문이다. LPG의 조성은 나라마다 차이를 보이는데, 미국의 경우는 대부분 프로판으로 구성된 LPG를 수송용으로 사용하지만, 우리나라에서는 부탄을 주로 사용하며, 겨울철에는 저온에서 연료를 엔진으로 쉽게 이동시키기 위해 프로판의 양을 증가시킨다.

### 2-2-1. LPG 자동차의 환경 영향

한편 LPG는 오존생성 반응성이 휘발유의 약 50% 정도이며, 입자상물질질을 90% 정도 적게 배출한다. 또한 연료 중 황함유량이 아주 적기 때문에 산성비의 원인물질인 이산화황의 생성이 매우 적고 <표Ⅱ-3>에서 보는 것처럼 토양이나 지하수 오염을 유발하지 않는 것으로 보고되고 있다.

<표Ⅱ-3> 연료별 지역 환경 영향

구분	LPG	CNG	휘발유	경유	메탄올	에탄올
휘발유 대비 오존 생성 반응성	Lower (0.50)	Lower (0.18)	기준 (1.0)	Similar	Lower (0.41)	Higher (1.00+)
입자상 물질 배출량	Much Lower	Much Lower	Lower	기준	Lower	Lower
	Lower	Lower	기준	Much higher	Lower	Lower
누출에 의한 영향	공기중으로 배출	공기중으로 배출	토양과 지하수 오염	토양과 지하수 오염	토양과 지하수 오염	토양과 지하수 오염

자료 : Automotive LP Gas, World LP Gas Association, 1998

## 2-2-2. LPG 자동차의 환경 특성

LPG, 휘발유 및 경유를 연료로 사용하는 자동차 배출가스에 의한 환경적인 영향을 휘발유자동차를 기준으로 하여 상호 비교한 결과를 <표Ⅱ-4>에 나타내었다. 여기서 LPG 자동차는 LPG 개조 차량에 대한 시험결과이며 제작자동차에 대한 결과는 <표Ⅱ-5>와 같다.

<표Ⅱ-4> LPG, 휘발유 및 경유 자동차의 환경성 비교

구 분	휘발유자동차	LPG 자동차	경유 자동차
직접적인 유해성			
CO	100	50	35
NO <sub>2</sub>	100	100	1,000
PM	100	50	700
장기적인 유해성			
다환방향족화합물(PAH)	100	60	600
벤젠, 톨루엔	100	5	8
지역적 및 지구적인 영향			
스모그생성	100	50	45
입자상물질	100	50	700
산성비(NO <sub>x</sub> 및 SO <sub>2</sub> )	100	60	350
지구온난화 영향(CO <sub>2</sub> 및 CH <sub>4</sub> )	100	87	89
환경영향 종합평가			
직접적인 유해성	0	0/+	--/-
장기적인 유해성	-/0	0/+	-
지역 및 지구적인 영향	-/0	0/+	-/0
주. ++ : 평균보다 아주 좋음 + : 평균보다 좋음 0 : 평균 -- : 평균보다 많이 나쁨 - : 평균보다 나쁨			

자료 : TNO Report regulated and non regulated exhaust gas components from LDV

<표Ⅱ-5> LPG, 휘발유 및 경유 자동차의 배출량

배출량 (g/km)	LPG 자동차	휘발유 자동차	경유 자동차 (간접분사)	경유 자동차 (직접분사)
CO	1.54	2.30	0.50	1.38
HC	0.19	0.18	0.09	0.41
NOx	0.24	0.33	0.80	1.98
PM	-	-	0.20	0.11

자료 : Automotive LP Gas, World LP Gas Association, 1998

### 2-2-3. 자동차연료로서의 LPG 특성

LPG 연료는 C3, C4의 비교적 단순한 구조의 탄화수소가 주성분이고, 연소시 완전연소에 가까운 연소 성능을 보인다. LPG 자동차용으로 사용되는 연료의 성분에서도 다른 이물질들을 엄격히 규제하고 있으며, 특히 황성분은 수 ppm 수준의 청정성을 보이고 있다. 또한 LPG 연료는 상온에서 3-4 기압 정도의 압력을 가하면 액상으로 저장할 수 있기 때문에 차량에 탑재하는 경우 다른 대체연료에 비해 상대적으로 유리한 특성을 지니고 있다.

<표Ⅱ-6>과 <표Ⅱ-7>에서 나타난 것과 같이 CNG의 경우 기체연료이기 때문에 같은 체적의 연료로 LPG 차량에 비해 30% 정도를 주행할 수 있으므로 같은 주행거리를 가지기 위해서는 LPG 차량에 비하여 3배 용량의 연료탱크가 필요하므로 연료탱크 장착공간을 확보하는 어려움과 함께 고압용 탱크 장착으로 휘발유차량에 비해 4배 이상 무거운 연료시스템으로 인하여 차량 연비를 악화하는 요인으로 작용하고 있다.

<표Ⅱ-6> 연료별 동일 체적의 연료로 갈 수 있는 주행거리 비교

구분	휘발유 차량	경유 차량	LPG 차량	CNG 차량	메탄올 차량	에탄올 차량
차량운행 상대거리	100	120	74	25	56	66

자료 : Automotive LP Gas, World LP Gas Association, 1998

<표Ⅱ-7> 휘발유 차량 연료탱크 75ℓ에 상당하는 연료탱크 크기 및 무게

구분	휘발유 차량	LPG 차량	CNG 차량	메탄올 차량	에탄올 차량
연료탱크 용량 (리터)	75	102	302	132	106
연료탱크 무게 (연료포함, kg)	70	90	288	121	97

자료 : Automotive LP Gas, World LP Gas Association, 1998

### 2-3. 알코올 자동차(alcohol car)

알코올 자동차는 가솔린 대신에 에탄올(에틸알코올)을 연료로 사용하는 자동차로서 현재 브라질에서 널리 이용되면서부터 세계적으로 많이 보급되어 있다. 브라질은 석유자원이 적으나, 사탕수수·카사바 등 알코올 원료 생산량이 많기 때문에 일찍부터 알코올을 자동차 연료로 사용하는 연료 개발에 착수하였고 이를 실용화하여 이용하고 있다. 그러나 우리나라에서는 연료 보급상의 문제 등으로 인해 알코올 자동차 분야에 대한 연구가 활발하게 이루어지지 않고 있는 실정이다.

메탄올의 경우는 가솔린과 비슷한 물리적인 성질로 인해 기존 엔진의 과도한 개조가 필요치 않으므로 관심이 높아지고 있고, 기술적인 문제에 대해서도 오랫동안 연구되고 있다. 장기적인 안목에서 보면 메탄올은 재사용이 가능한 연료이므로 천연가스나 LPG 보다 저공해자동차 연료로서의 효용이 크다고 볼 수 있다. 메탄올은 천연가스에서 생성이 가능하지만 에너지 손실이 많아 천연가스보다는 생물체나 쓰레기 매립 등에서 메탄올을 추출해 사용하고 있다. 이와는 달리 에탄올을 생성하는 데는 식물에서 메탄올의 발효를 이용하는 방법과 에틸렌을 촉매 가수분해하는 방법이 많이 이용되고 있다. 알코올은 열량이 낮아 기존 연료에 비해 이용 폭은 작으나 압축에 의해 희박연소가 가능하므로, 자동차 연료보다는 기존 연료의 효율을 향상시키는 함산소제로 활용가치가 크다. 함산소제로서의 성질은 에탄올이 메탄올에 비해 우수하다.

에탄올은 경제성 측면에서 공급량에 제한이 있고 엔진 성능면에서도 좋지 않으므로 메탄올이 기존연료의 대체연료로 더 바람직하다고 본다.

메탄올은 가솔린보다 옥탄가가 높아 압축비를 높여도 노킹이 일어나지 않고 고출력을 얻을 수 있어 열효율이 개선된다. 연소속도가 빠르고 연료에 산소가 함유되어 있어 희박연소가 가능하므로 열효율, 배출가스 성능면에서 유리하다. 또한 연료로서의 취급이 가솔린, 경유와 비슷하고 화재가 발생해도 물로 소화할 수 있어 안전성이 높다. 반면에 메탄올은 용적당 발열량이 가솔린, 경유에 비해 1/2 정도로 낮다. 기존의 가솔린, 경유 사용 차량의 연료계통 재료에 대한 부식, 팽윤작용이 있고, 윤활유를 희석시켜 오염을 촉진시킨다. 또한 기화잠열이 커서 저온시의 시동성이 나쁘며 알코올과 공기의 혼합은 증기가 많아 불꽃과 근접할 경우 화재의 위험이 있다.

#### 2-4. 전기자동차(Electric vehicle)

전기자동차는 전기(배터리)를 구동 에너지원으로 하여 전기모터를 구동 용으로 사용하는 방식의 자동차로서 지금까지 제시한 일반 내연기관 자동차와는 달리 전동기, 전동기 제어기, 축전지 및 충전장치로 구성되어 있다. 그리고, 지금까지 배출가스 측면에서 오염물질 배출이 없는 유일한 자동차(ZEV : Zero Emission Vehicle)로 알려져 있다. 전기자동차는 전기에너지원으로 재충전이 가능한 축전지를 주로 이용하는 방식과 연소엔진과 유사한 연료전지(fuel cell)를 이용하는 방식이 있다. 연료전지는 차세대 전기자동차 연료로 계속 연구개발 단계에 있다. 현재 전기자동차의 운행에 가장 큰 장애요인이며 가장 논란이 되고 있는 것은 축전지 기술이다.

충전장치의 경우 차량에 탑재하는 탑재형 충전기는 가정용 일반 전원을 사용하는 것이 기본이므로 기술상 큰 어려움은 없으나 별도로 설치되는 급속충전용 충전기는 축전지의 종류에 따라 개발되어야 하므로 많은 투자 및 지원이 필요한 실정이다.

## 2-4-1. 전기자동차의 기술현황

1990년대 들어 전기자동차는 Zero emission(대기오염물질을 배출하지 않음)을 실현하는 자동차로서 주목받기 시작했으나 수반되어야 할 배터리의 기술개발이 충분하게 이루어지지 못했고 인프라 구축에 막대한 자금이 필요하다는 단점 때문에 상용화 개발이 본격화되지 못하고 있는 실정이다. 현재 선진국에서는 미국, 일본을 중심으로 연료전지에 대해 연구개발이 이루어지고 있으며, 세계 각국의 대기업을 중심으로 단기적으로 상용화가 가능한 하이브리드 차량 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 대기오염 문제의 심각성 등을 고려하여 중장기적인 관점에서 전기자동차를 상용화하기 위한 개발연구는 지속적으로 이루어지고 있다.

전기자동차와 관련된 미국, 일본의 개발연구 사례를 살펴보면 다음과 같다. 현재까지 사용된 배터리는 주로 납축전지 및 니켈카드뮴전지로 전지효율이 낮고 충전시간이 길어 사용에 불편을 초래했고 폐전에서 나오는 납, 카드뮴 등의 중금속 처리 문제로 2000년을 기점으로 전기자동차 판매량이 감소하였다.

### ① 미국

구분	최고속도 (km)	가속성능 (초(km/h))	주행거리 (km)	공차중량 (kg)	배터리	배터리 중량 (kg)
GM Impact	120	8.5 (0~96)	144	1318	납축전지	499
Ford Ecostar	112	12 (0~80)	160	1338~1452	NaS	362
Chrysler Tevan	104	27 (0~80)	128	2265	니켈-카드뮴	727

자료 : 자동차신기술 동향 및 대응과제, 현대기아연구개발본부, 2003



② 일본

구분		최고출력 (마력)	주행거리 (km)	공차중량 (kg)	배터리
Toyota	e-com	100	100	770	니켈-수소
	RAV-4L	125	215	1540	니켈-수소
Nissan	르네사	120	230	1730	리튬이온
	하이퍼미니	100	115	840	리튬이온
Honda	EV PLUS	130	220	1620	니켈-수소
	City-pal	110	130	995	니켈-수소
Mitsubishi	이클립스	186	150	1400	리튬이온
Mazda	데미오	100	100	1350	니켈-수소
스즈키	코비	-	-	750	리튬이온

자료 : 자동차신기술 동향 및 대응과제, 현대기아연구개발본부, 2003

전기자동차에 대한 국내의 연구개발 동향은 다음과 같다.

현재 정부에서는 「환경친화적자동차의개발및보급촉진에관한법률」, 「수도권대기환경개선에관한특별법」 등을 통해 저공해 자동차의 의무 사용 및 보급을 추진하고 있다. 그러나 현실적으로 전기자동차의 경우, 상용화가 가능한 제품생산이 이루어지지 않아 정부차원에서의 지원은 하이브리드 및 연료전지 차량에 집중되고 있는 실정이다. 전기자동차 기술 또한 선진국에 뒤떨어지는 수준으로 정부차원의 지원 및 기업의 꾸준한 개발 노력이 절실히 요구된다.

① 현대 자동차

연도	추진 상황
1991	소나타 전기자동차 개발
1993	엑셀 전기자동차 실용화
1996	엑센트 전기자동차 개발

연도	추진 상황
1997	엑센트 전기자동차 미국 캘리포니아 대기보전국으로부터 ZEV 인증 취득 (최고속도 130km, 일회 충전 주행거리 200km)
1998	아토스 전기자동차 개발
1999	산타페 전기자동차 개발
2001~ 2003	산타페 전기자동차 하와이 시범운행 실시(15대)
2001~ 2005	산타페 전기자동차 제주도 시범운행 실시(5대)
	산타페 전기자동차 하와이 시범운행 연장실시 중(3대)

## ② 기아자동차

연도	추진 상황
1991	프라이드 전기 자동차 개발
1993	세피아, 베스타 전기자동차 개발 및 대전엑스포에서 운행 (최고속도 각 160, 90km, 일회 충전 주행거리 각 190,120km)

## ③ 대우자동차

연도	추진 상황
1993	르망 전기 자동차 개발
1996	DEV-4 개발(시에로)
1997	DEV-5 개발(최고속도 124km, 일회 충전 주행거리 201km)

## 2-5. 하이브리드자동차(HEV ; Hybrid Electric Vehicle)

일반적으로 넓은 의미의 하이브리드 자동차는 서로 다른 두 종류 이상의 동력원을 효율적으로 조합하여 차량을 구동하는 것을 의미하지만 대부분의 경우는 연료를 사용하여 동력을 얻는 엔진과 전기로 구동시키는 전기 모터

로 구성된 시스템을 말한다. 그 동안 선진국에서는 하이브리드자동차에 대한 개발의 필요성이 심도 있게 검토되어 왔으며 실용화 전 단계까지 기술 발전이 진전되고 있으나 국내에서는 이제 관심의 단계를 넘어 개발전략 수립의 필요성을 논의하는 시기에 와있다.

하이브리드자동차(HEV)의 필요성은 전기자동차(EV) 개발과정에서 파생되었다고 볼 수 있다. 자동차에서 배출되는 공해가스 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 해법으로 일찍부터 전기자동차가 제시되어 왔으나 축전지(battery) 기술의 발전이 지연되어 실용화가 지연되어 왔다. 그러나 1990년대 초반 들어 새로운 축전지 기술에 대한 창출 가능성이 타진되면서 미국에서 급속하게 개발이 추진되었다. 또한 자동차회사의 강한 반발에도 불구하고 캘리포니아 주정부의 강력한 의지로 1998년부터 전기자동차 사용을 의무화하는 ZEV(Zero Emission Vehicle) 규제를 적용하기로 입법화하면서 전기자동차 개발이 본격화되었다.

그러나 그동안 몇 년간에 걸친 집중 투자에도 불구하고 축전지 기술 개발이 예상만큼 진전되지 못하였기 때문에 캘리포니아 주정부는 1996년에 전기자동차 기술에 대한 전반적인 재검토를 거쳐 ZEV 규제 적용시기를 2003년으로 연장하였고, 이때 전기자동차 기술이 가까운 장래에 완성되기는 어렵다는 판단을 하게 되었다. 그렇지만 전기자동차가 자동차 배출가스 공해문제를 해결하는 대안이라는 데는 아직도 대부분의 사람들이 공감하고 있으며, 이러한 이유 등으로 인하여 개발 노력도 지속되고 있다. 이와 같은 시점에서 지금까지 개발되어 온 축전지 기술을 활용함과 동시에 개발을 계속 진행하면서 전기자동차가 실용화되기 전까지라도 시급한 공해문제를 지속적으로 개선할 수 있는 방안으로 하이브리드자동차 기술이 제시되었다.

하이브리드자동차 개념은 기존 자동차 엔진과 새롭게 발전되고 있는 축전지를 조합하여 사용함으로써 엔진만을 사용하는 경우보다 배출가스 공해를 줄일 수 있고, 전기자동차에서 가장 큰 결점으로 지적되고 있는 일회 충전시 주행거리가 짧은 점을 보완할 수 있으며, 향후 축전지 기술이 향상되는 대로 엔진 크기를 줄여감으로써 궁극적으로 전기자동차로 이행되어

갈 수 있기 때문에 하이브리드자동차는 전기자동차로 가는 과도기적 기술로 볼 수 있다. 하이브리드자동차의 장점으로서는 동력원을 다양화 할 수 있다는데 있다. 현재 사용되고 있는 가솔린이나 디젤엔진뿐만 아니라 압축천연가스(CNG), 연료전지, 가스터빈 등을 사용할 수 있고, 에너지 저장장치로도 축전지, 축전기(capacitor) 이외에도 회전력을 저장하는 플라이휠(flywheel), 유압 저장, 태양에너지 이용까지 다양하다.

하이브리드자동차는 동력원의 차량 구동방법에 따라 두 가지로 분류된다. 엔진은 연비와 배출가스를 최소화하도록 최적상태로 작동시키면서 축전지를 충전시키고 이 축전지 에너지를 사용하는 전기모터가 자동차를 직접 구동시키는 직렬방식(series type)과 엔진이 축전지만을 충전시키거나 또는 전기모터와 함께 자동차를 직접 구동시키는 병렬방식(parallel type)이 있다. 엔진과 모터의 배열에 따라 다양한 종류의 병렬방식이 가능하다. 여기서 직렬방식은 구조가 간단하고 제어가 용이하며 최적 점에서 엔진이 가동되기 때문에 유해 배출가스가 적은 장점이 있는 반면 자동차 구동을 위해서 엔진출력을 직접 사용하지 못하고 엔진에 의해 충전된 축전지의 전원을 전기 모타가 사용하기 때문에 동력전달 효율이 나쁜 단점이 있다. 이에 반해 병렬방식은 직렬방식과 거의 반대되는 장단점을 가지며 기계적인 구조의 복잡성으로 인하여 차량제작이 어려우나 동력전달 효율이 좋아 연료 소비율이 상대적으로 우수하다.

현재까지 진행되고 있는 연구결과를 살펴보면, 크라이슬러사는 가스터빈과 플라이휠을 조합한 하이브리드 경주용 자동차를 발표하여 관심을 끌고 있으며, 포드사는 직접분사식 디젤엔진을 사용하는 병렬방식 하이브리드자동차를 연구하고 있다. 또한 GM(General Motors Corporation)은 가스터빈과 스테어링 엔진 등을 배터리와 조합하여 하이브리드자동차 가능성을 검토하고 있다. 일본의 히노(Hino) 자동차는 디젤엔진과 전기모터를 결합한 HIMR(Hybrid Inverter - controlled Motor and Retarder System) 방식으로 연료소비를 15% 절약할 수 있는 하이브리드자동차를 실용화시켰으며, 유럽의 폭스바겐이나 볼보 등에서도 이미 시제품을 개발하여 경쟁에 대비

하고 있다. 국내의 경우도 향후 하이브리드자동차 경쟁에 대비하여 자동차 3사를 중심으로 각사의 시스템을 검토하여 시제품 하이브리드자동차를 발표하고 있다. 그러나 아직까지는 대부분 외국 기술에 의뢰하거나 의존하고 있는 수준이며 본격적인 국내 기술개발 체계는 미흡한 실정이다.

## 2-6. 연료전지 자동차(FCV ; Fuel Cell Vehicle)

1839년 William Groves가 전기분해 셀(cell)의 양전극에 수소와 산소를 공급하였을 때 외부 전도체를 통하여 전류가 흐르는 것을 발견함으로써 연료전지 원리를 발표하였으나 자동차에 적용하기 위한 연구는 1980년 후반에 미국의 지원으로 본격적인 연구가 시작되었다. 특히 전기자동차 개발이 지연됨에 따라 이에 대한 대체 기술로 연료전지 자동차 개발이 가속화되고 있으며, 자동차의 단일 기술 개발비로 가장 많은 연구비를 투입하고 있다. 연료전지의 장점으로는 효율이 90% 이상이며 특히 부분 부하에서 높다. 현재의 연료전지 1개는 0.55-0.75V 전압범위에서 0.8-1.2 A/cm<sup>2</sup> 정도의 전류를 얻을 수 있는 수준이며 자동차 모터를 구동할 수 있는 전류를 얻기 위해서 여러 개의 연료전지를 직렬 또는 병렬로 연결(stack)하여 사용한다.

연료전지 설계는 전해질의 종류에 따라 약 5종류의 방식이 연구되고 있으며, 폴리머전해질을 사용하는 PEMFC(proton exchange membrane) 방식이 자동차용으로 가장 많이 연구되고 있다. 연료전지의 연료는 수소로 제한되어 있지는 않으며 일반적인 연료전지의 반응은 '연료 + 산화제(oxidant) → H<sub>2</sub>O + 전기 + 기타 부산물'로 표현된다. 연료전지에 수소를 공급하는 연료로 직접 수소를 사용하거나 메탄올 연료, 가솔린 연료 등을 사용하는 연구가 이루어지고 있다.

### 2-6-1. 수소연료

가장 단순한 형태의 연료전지는 수소를 직접 연료로 사용하는 경우이다. 수소연료 공급 장치로는 현재 고압가스 실린더가 가장 많이 사용되고 있으며, 1996년도에 발표한 벤츠자동차의 NECAR-2에서처럼 140리터 실린더 두 개에 250bar의 압력으로 탑재되어 약 250km 주행 성능을 보였다. 이외에도 금속수소화물(reversible metal hydride)방식은 대기상태에서 가장 많은 양의 연료를 저장할 수 있으며, 초저온액체(cryogenic liquid) 저장방식, 저온탄소흡착(low temperature adsorption on carbon)방식이 연구되고 있다.

### 2-6-2. 메탄올연료

메탄올연료의 경우 수소시스템에 비해 증발기(vaporizer), 수소변환기(reformer), gas clean-up system, start-up heater가 추가되며 가장 중요한 시스템은 증발된 메탄올연료를 reformer내에서 수소로 변환시키는 방법이다. 1997년도에 벤츠에서는 A-class급의 콤팩트 차량에 메탄올연료를 사용하는 차량(NECAR-3)을 발표하였다. 이 차량의 수소변환기는 메탄올을 80%까지 수소로 변환시킬 수 있으며, 총 에너지효율(energy-to-road)은 31%로 디젤승용차의 24%보다도 높다. 또한 제동에너지까지 회수할 경우 에너지 효율이 40%를 충분히 상회할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

### 2-6-3. 가솔린 연료

가솔린 연료를 사용할 수 있으면 기존의 연료제조 시설과 공급망을 그대로 사용할 수 있으면서 배기가스에 의한 공해를 대폭적으로 줄일 수 있어 타 시스템에 비해 매우 유리하다. 수소변환 시스템을 활용할 경우 복잡한 하지만 가솔린으로부터 수소로 변환하여 전체 효율을 30% 이상 얻을 수 있는 것으로 분석하고 있다. 크라이슬러사에서 가솔린 연료전지자동차

개발에 주력하고 있다. 기존 가솔린엔진에 비해 열효율이 50% 이상 높으며 따라서 1회 주유시의 주행거리도 길어져 640km 이상이 될 것으로 기대하고 있다. 한편 연료전지의 결점으로는 부하변동에 따르는 반응속도가 느려서 출발과 급가속성능이 떨어진다는 점이다. 또한 시스템 가격이 엔진시스템 가격에 비해 훨씬 높아 실용화에 중요한 장애요인으로 작용하고 있다.

### 3. 저공해자동차 시장형성의 장애요인

지금까지 살펴본 바와 같이 저공해자동차는 연료마다 차이는 있으나 기존의 연료보다 배출가스 저감 측면에서 효과가 매우 크다. 차량기술에 있어서도 압축용기와 연소방법의 지속적인 개선으로 기존의 연료차량과 비슷한 수준으로 출력을 향상시키거나 연료의 효율적인 기술개발에 대한 노력이 이루어지고 있어 현재 개발속도로 보아 기존 연료차량과 동일한 성능을 갖는 차량의 개발문제는 곧 해결되리라고 전망하고 있다.

그러나 저공해자동차의 보급 측면에서는 다음에 제시한 사항들이 시장형성에 장애요인으로 작용하고 있어 이에 대한 개선이 요구된다. 첫째, 가솔린, 디젤 등 기존 연료와 기존차량에 부과되는 세금이 높다고 하더라도 이들이 가지는 연료수급이 용이성과 경제성으로 인해 대부분의 차량에는 기존연료의 이용이 많을 수밖에 없다. 둘째, 기존 연료와 비교하여 충전소 등 인프라에 대한 기반시설이 부족하여 정상적인 연료공급이 어렵다. 셋째, 대기오염물질 배출특성이 연료마다 달라 기존연료와 동일시 적용할 경우, 저공해자동차 사용의 이점이 상실될 수 있다. 따라서 저공해자동차에 대한 배출기준은 각 연료별로 차이를 두어 규격화될 필요가 있다. 마지막으로 안전기준 또한 저공해자동차 연료별로 각각에 대해서 명확하게 수립되어 있지 않다. 특히 저공해자동차 가스연료와 알코올 연료에 대한 충전소설치 기준, 실린더 용기제작 및 안전기준, 전기자동차 축전지의 환경유해성 등에

대한 기준이 마련되어야 한다.

결국, 기존의 가솔린이나 디젤 자동차와 비교해 볼 때, 저공해자동차의 생산비용은 높으며 새로운 저공해자동차 연료 주입에 적합한 충전소 등의 시설과 저공해자동차 연료의 분배시설 등 고정비용이 추가로 많이 소요된다. 전 세계적으로 저공해자동차 연료 시장이 아직 구체적으로 형성되어 있지 않은 상황에서 단기간에 저공해자동차의 대량 생산은 어려울 것으로 전망된다. 그러나 향후 다가올 온실가스 등의 대기오염물질을 저감시키기 위해 저공해자동차 연료가격차에 의한 비용손익은 초기에는 효과가 적을 수 있으므로 가격의 보조와 함께 설치자금의 지원 등 투자에 대한 정부 및 지자체의 적극적인 지원제도가 선행되어야 할 것이다.

#### 4. 저공해자동차의 온실가스 저감효과

현재 기후변화협약에는 온실가스 저감을 위한 자동차의 규제사항을 자세하게 명시하고 있지 않지만 향후 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 저감시키기 위한 국가별 목표량을 설정하고 CO<sub>2</sub> 배출량을 강제적으로 감축시키는 과정에서 자동차에 대한 규제가 이루어질 가능성이 높다. 국제협약에서 채택될 가능성이 높은 사항으로는 자동차의 효율개선을 위한 구체적인 연비 기준 채택, CO<sub>2</sub> 배출을 근본적으로 줄이기 위한 전기, 수소 등 저·무공해자동차의 사용의무화, 기존연료보다 CO<sub>2</sub> 배출이 상대적으로 적은 천연가스, 메탄올 등의 사용비율 확대 등을 들 수 있다. 따라서 온실가스 저감차원에서 저공해자동차에 이용되는 연료의 특성을 비교해 보고자 한다.

저공해자동차에 이용되는 연료는 기존의 석유계 연료에 비해 탄소함유량이 적고, 반응물질의 생성시 이용되는 에너지가 적어 근본적으로 이산화탄소의 발생량이 적다. 이산화탄소의 배출과정은 크게 차량의 배기관 배출, 차량의 제조, 연료의 제조 및 공급, 연료의 회수 등으로 구분이 되며, 온실가스 배출 중 많은 비율이 원료에서의 연료 생성과 이동 그리고 차량의 생



산과정이 차지한다.

한편, 저공해 연료별 연소시 사용된 연료당 이산화탄소 배출량을 비교하였을 때, 가솔린 엔진은 개조를 통해 가동 효율을 높일 수 있고 저공해연료 사용 엔진 또한 개조가 가능하므로 저공해연료의 상대효율은 크게 달라지지 않는다. 그리고 최적의 엔진 조건하에서 연료당 이산화탄소 배출은 가솔린엔진에 비해 디젤이 88%, 에탄올이 83%, 메탄올이 81%, LPG가 약 80%이며, 메탄이 주성분인 천연가스는 가솔린 차량의 약 66% 수준으로 배출이 적고 수소의 경우는 이산화탄소의 배출이 없다. 그러나 이러한 수치는 이론적인 것으로 차량유형, 운전조건에 따라 실제 배출에서 차이가 날 수 있다.

저공해자동차에 사용되는 연료별 차량의 운행, 연료 공급 등의 전 과정을 통해 배출되는 이산화탄소의 비율을 파악하여 정리한 결과를 <표Ⅱ-8>에 제시하였다. 여기에서 보면 대부분 연료에서 온실가스 종류 중 CO<sub>2</sub>가 가장 많이 배출된다. <표Ⅱ-8>에 제시되어 있지 않은 각 연료의 특성은 연료별로 간단히 설명하였다.

<표Ⅱ-8> 연료별 차량 전과정 중 온실가스 배출률(%)

구분	개량 가솔린	디젤	LPG	천연 가스	메탄올 (천연가스 추출)	메탄올 (목재 추출)
차량운행 (배기관 배출)	72	74	77	67	60	18
연료공급	18	13	10	21	30	52
차량제조	10	13	13	12	10	30
온실가스중 이산화탄소 배출 비중(%)	90	91	89	79	90	67.4
비이산화탄소계 최대 발생가스 종류	N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	메탄	N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O

자료 : OCED, Cars and Climate Change, 1993.

#### 4-1. 가솔린

개량 가솔린의 경우 기존의 가솔린과 동일한 양의 온실가스를 배출한다. 개량 가솔린 연료생산을 위한 에너지 소비로 이산화탄소의 배출은 높지만 비이산화탄소성 온실가스의 배출은 적다.

#### 4-2. 디젤

디젤은 가솔린에 비해 배기관 배출이 차지하는 비중이 크다. 연료에 관계된 배출은 디젤생성이 가솔린 생성에 비해 에너지 이용이 적어 배출이 적다.

#### 4-3. LPG

LPG는 가솔린이나 디젤에 비해 에너지당 탄소함량이 적고 정제과정에서 에너지의 이용이 적다. 또한 천연가스와 비교할 때 액화하는데 소요되는 에너지 소모가 적다. 증발 배출이나 연료에 관련된 배출이 가솔린과 비교시 매우 적으며, 비이산화탄소의 배기관 배출 또한 적다. 전체적으로 자동차 관련 전 과정에서의 이산화탄소 배출은 가솔린에 비해 약 24%정도 적다. 온실가스 배출률이 경트럭의 LPG는 가솔린에 비해 20%, 대형 디젤트럭에 비해서는 2%정도 작다. 그러나 LPG가 천연가스로부터 생산될 경우 가솔린에 비해 5-6% 온실가스 배출량이 적다.

#### 4-4. 천연가스

천연가스 자동차에서 이산화탄소의 배기관 배출은 가솔린의 경우보다 적다. 이러한 차이는 단위 에너지당 이산화탄소 배출이 낮고 높은 연료 효율에 기인한다. 천연가스의 경우 다른 연료와는 달리 비이산화탄소 물질 중 가장 많이 배출되는 것이 메탄가스로 이는 배기관에서의 메탄 유출에 의한 것이다. CNG 압축을 위한 동력 생산과정에서 온실가스의 배출이 큰 편이다. CNG 차량은 가솔린차량에 비해 온실가스를 19% 적게 배출한다. LNG의 경우, 액화와 LNG 분배용으로 에너지가 사용되므로 이러한 점을 고려하면 가솔린에 비해 온실가스가 15% 적게 배출된다.

#### 4-5. 알코올

대부분 알코올은 연료공급과 관련되어 배출되는 온실가스가 30%이상을 차지한다(목재에서 추출한 메탄올 : 52%, 생체추출 에탄올 : 84%). 천연가스에서 추출한 메탄올의 경우에는 온실가스 배출이 가솔린과 크게 차이 나지 않는다. 일반적으로 온실효과를 나타내는 CO<sub>2</sub> 배출은 알코올보다 가스연료에서 감소하고 LPG가 천연가스보다 CO<sub>2</sub> 배출이 약간 감소한다. 그러나 LPG는 앞에 언급한 바와 같이 생산방식(원유 또는 천연가스)에 따라 CO<sub>2</sub> 배출에 차이를 보인다.

#### 4-6. 전기 자동차

전기자동차의 경우 차량의 운행(배기관 배출)이나 연료의 공급시에는 온실가스 배출이 없으나 전력을 생산하는 과정과 차량을 생산하는 과정에서 차지하는 배출비중이 크다. OECD(organization for economic cooperation

and development)의 보고에 의하면 전기자동차용 전력을 만들기 위한 연료별 온실가스 배출과 가솔린, 디젤, 천연가스에서의 배출을 비교했을 때 석탄을 이용하여 전기를 공급하는 경우가 CO<sub>2</sub> 배출이 가장 많으며 미국에서는 주로 화력을 많이 이용하므로 연료 생산과정에서의 온실가스 배출이 비교적 많다.

지금까지 살펴본 저공해자동차에 이용되는 각 연료의 배출 오염물질별 저감효과를 <표Ⅱ-9>에 요약하여 제시하였다. <표Ⅱ-9>에서 보면 대기오염물질 배출 저감 측면에서 LPG와 천연가스 등 가스연료 자동차가 기존의 연료나 알코올 자동차보다 효과가 비교적 크다. 일반적으로 가스연료 자동차는 휘발유 자동차에 비해 CO와 NMHC(non-methane hydrocarbons)의 배출이 작으며 NOx의 경우는 연소방법에 따라 배출저감에 효과가 달리 나타나 디젤자동차와 비교할 경우 NOx 저감 효과가 클 것으로 기대된다.

<표Ⅱ-9> 저공해자동차 연료의 대기오염물질 배출 효과

연료	배출 효과			
	CO	NOx	NMHC	CO <sub>2</sub>
휘발유	기준	기준	기준	기준
디젤	↓	↑	↓	↓
메탄올	≅	±	↓	↓
개량 휘발유	↓	≅	↓	↑
에탄올	≅	±	↓	↓
천연가스	↓	±	↓	↓
LPG	↓	±	↓	↓

주. NMHC : non-methane hydrocarbons  
 ↓ : 낮음                    ↑ : 높음                    ≅ : 거의 같음  
 ± : 연소방법(희박연소 또는 양론(stoichiometric)관계 여부에 따라  
 유동적임.

<표Ⅱ-10>은 일본에서 저공해자동차로 분류하여 보급을 확대하고 있는 4종류의 연료 자동차에 대해 디젤 차량과의 배출저감 효과를 비교한 결과

를 정리한 것이다. <표Ⅱ-10>에 따르면 대부분의 저공해자동차는 디젤 차량과 비교하여 대기오염물질 배출 저감에 효과가 큰 것으로 평가된다. 여기서, 전기자동차의 경우는 전기자동차에 이용되는 전력 생산 과정과 차량을 생산하는 과정에서 배출되는 대기오염물질을 고려하여 평가된 결과이다.

<표Ⅱ-10> 디젤과 비교한 저공해자동차의 오염물질 배출 저감 효과

구분	환경개선효과(디젤차량 대비)		
	NOx 배출량	PM 배출량	CO <sub>2</sub> 배출량
전기자동차	0 (발전시를 고려해도 10% 정도)	-	0 (발전시를 고려해도 50% 정도)
천연가스자동차	10-30%	-	80% 정도
메탄올자동차	50% 정도	-	1.1배 정도
하이브리드자동차 (디젤-전기)	70-80% 정도	30% 자동차	80-90% 정도

자료 : 일본환경청, 1996

## 5. 저공해자동차의 보급 방향

지금까지 설명된 다양한 저공해자동차의 개발과 보급은 각 나라의 대기오염관리 정책 및 에너지 수급대책 등에 따라 약간씩 다르지만 현재의 저공해자동차의 개발은 지역 대기오염 저감 및 전 지구적 차원인 환경보전 측면에서 접근되고 있다. 저공해자동차의 보급은 대기오염을 저감시킬 수 있다는 장점이외에 기술의 다변화와 소비자에게 선택의 기회를 주고 수입 원유에 대한 의존도를 낮출 수 있다는 장점으로 인해 전 세계적으로 활성화

화되는 추세이다.

미국은 오존과 일산화탄소 오염이 심한 지역을, 일본은 자동차 NOx법 규제지역 및 공해방지 계획지역을 선정하여 우선적으로 저공해자동차를 보급하고 있다. 미국 연방정부의 보급 정책은 비교적 가솔린 자동차와 경량 차량에 초점을 두고 있고 일본은 NOx의 주요 오염원인 대형버스와 트럭에 주안점을 두고 있다. 그러나 최근 미국의 캘리포니아주는 우리나라와 유사하게 작은 비율을 차지하는 대형 경유차량이 캘리포니아주에서 발생하는 자동차 오염의 상당 부분을 차지하고 있다는 판단아래 대형 경유차량의 저공해화를 위해 노력하고 있다.

한편 저공해자동차의 보급 촉진을 위해 자동차 종류별 환경특성 및 에너지 소비효율을 비교, 검토하여 향후 저공해자동차 보급시 충분한 검토자료로 활용이 가능하도록 <표Ⅱ-11>에 정리하여 제시하였다.

<표Ⅱ-11> 자동차 연료별 환경성 및 에너지 소비효율 특성

차 종	도시대기환경에 영향				온실효과 가스			연비	주행거리	
	NOx	CO/HC	PM	HC	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O			
디젤자동차 (비교의 기준)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
휘발유 자동차	◎	○	◎	▲	△	△	△	△	△-○	
LPG 자동차	종래형	◎	○	◎	◎	△	△	△	△	
	선진형	◎	◎	◎	◎	△-○	△-○	△-○	◎	△-○
천연가스 자동차	◎	○	◎	◎	○	▲	△	△	▲	
메탄올 자동차	Auto type	◎	○	◎	△	△	△	△	▲	
	Diesel type	◎	○	◎	△	○	△	△	▲	
하이브리드 자동차(휘발유-전기)	Parallel type	◎	○-◎	◎	▲	◎	△	△	◎	△-○
	Series type	◎	○-◎	◎	▲	◎	△	△	◎	△-○
	Split type	◎	○-◎	◎	▲	◎	△	△	◎	△-○

<표Ⅱ-11> 계속

차 종		도시대기환경에 영향				온실효과 가스			연비	주행거리
		NOx	CO/HC	PM	HC	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
하이브리드 자동차 (CNG-전기)	Split type	◎	○	◎	◎	◎	○	○	◎	△-○
하이브리드 자동차 (경유-전기)	Parallel type	○-◎	○	○-◎	○	○-◎	○	○	○-◎	△-○
전기자동차		☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	◎	▲
연료전지 자동차	수소 저장 타입	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	◎	▲
	연료 전지 타입	◎-☆	◎-☆	◎-☆	△-○	◎	☆	☆	◎	△-○
주. 1. 좋음 : ☆ ← ◎ ← ○ ← △ ← ▲ : 나쁨 2. 자동차 보급 단계별 비교 자료										

자료 : 1. LPG 자동차 보급촉진 협의회, 일본  
 2. 일본 LPG 스탠드협회, 2001

또한 저공해자동차의 보급계획은 정부와 지방자치단체의 공동 인식하에 자동차 제작사의 저공해자동차 기술개발과 기반시설 구축현황 및 전망, 지역별 대기오염 현황에 기초하여 추진되어야 한다. 이러한 다양한 전제 조건 등을 고려하여 향후 기술 개발이 가능한 저공해자동차의 검토를 토대로 저공해자동차의 개발 및 보급 방향, 그리고 환경부에서 저공해자동차 기술별 보급이 가능한 대상 차종을 선정하여 정리한 결과를 <표Ⅱ-12>와 <표Ⅱ-13>에 각각 나타내었다.

<표Ⅱ-12> 향후 저공해자동차의 개발 및 보급의 방향성

차종	하이브리드 자동차	LPG 자동차	CNG 자동차	LNG 자동차	연료전지 자동차
소형트럭 <sup>2)</sup>	◇	◎	◎	◇	◇
중형트럭 <sup>3)</sup>	◇	○	◎	◇	◇
대형트럭 <sup>4)</sup>	-	◇	-	○	◇
노선버스 <sup>5)</sup>	◎	◎	◎	◇	○
관광버스 <sup>6)</sup>	-	◇	-	○	◇
승용차	◎	◎	◎	-	○

주 1) 기호의 의미

- ◎ : 보급단계에 있고 향후 성능 개선 및 보급이 기대되는 자동차
- : 개발단계에 있고 향후 개발 및 보급이 기대되는 자동차
- ◇ : 적합성에 대한 결론이 나지 않았으나 개발 필요성을 부정할 수 없는 자동차
- : 일반적으로 개발이 곤란하다고 판단되는 자동차

2) 소형트럭 : 주로 집배활동에 사용되는 최대적재량 2톤 정도의 트럭

3) 중형트럭 : 주로 집배활동이나 거점 도시간 수송에 사용되는 최대적재량 4톤 정도의 트럭

4) 대형트럭 : 주로 간선수송에 사용되는 최대적재량 10톤 정도의 트럭

5) 노선버스 : 주로 시가지를 주행하는 승합버스

6) 관광버스 : 주로 관광지/도시의 관광용도에 사용되는 버스, 주로 고속도로를 주행하는 노선버스

자료 : 1. 일본 LOG 스탠드협회, 2001

2. 저공해 LPG 자동차 개발 및 보급전략, 2004년도 LPG자동차 세미나



<표Ⅱ-13> 저공해자동차 기술별 우선 보급 대상차종의 선정

적용 차종 적용기술	승용차	RV SUV	중형 승합차	시내 버스	청소차 (5톤급)	청소차 (11톤급)	소형 트럭 (1톤)	소형 트럭 (5톤)	기타
전기 자동차	○	○							
하이브리드자 동차	○	○							
천연가스 자동차				○	○	○			
LPG 자동차	○	○	○				○	○	
휘발유 자동차	○	○							
경유 자동차	○	○	○	○	○	○	○	○	○

주. ○ SUV(Sports Utility Vehicle)  
○ RV(Recreational Vehicle)

자료 : 수도권지역 배출총량관리제 추진방안, 환경부, 2004

<표Ⅱ-12>에서 보면, 현재 하이브리드자동차, LPG, CNG 자동차는 보급 단계에 있고 LNG, 연료전지 자동차는 개발의 필요성에 대해서는 인식하더라도 기술면에서의 적합성은 확실히 정립되어 있지 않은 상태로 파악되었다. 또한 <표Ⅱ-13>을 보면, 환경부에서는 전기자동차와 하이브리드자동차의 경우, 승용차 및 RV 차량에 우선적으로 보급되어야 할 차량으로 분류하고 있고, 천연가스자동차는 시내버스와 청소차량에 우선 보급될 차량으로 분류되었다. 이에 반해 경유자동차는 모든 차종에 적용과 보급이 가능한 기술로 되어 있지만 저공해 차원의 보급을 위해서는 경유자동차 배출가스 저감장치(매연여과장치, 산화촉매장치 등)를 부착한 상태로 운행되어야 하는 전제조건이 수반되어야 한다.

### Ⅲ. 자동차 오염원 현황조사 및 분석

#### 1. 대기오염물질 배출현황

##### 1-1. 대기오염원

대기오염원은 크게 자연적인 오염원과 인위적인 오염원으로 구별된다. 자연적인 오염원은 인간의 활동과 관계없이 대기오염물질을 배출하는 오염원으로 배출원의 종류와 형태가 매우 다양하며, 여기에는 화산폭발, 산불, 비산해염입자, 황사현상 등이 해당된다. 인위적인 오염원은 인간의 활동에 의해 대기오염물질을 배출하는 발생원으로 산업시설, 화력발전, 소각시설 등이 여기에 속한다. 인위적인 대기오염의 발생원은 일반적으로 오염원의 이동성을 기준하여 공간적 이동이 없는 고정오염원과 이동성이 있는 이동오염원으로 대별된다. 이 중 고정오염원은 개별 오염원의 오염물질 배출량이 비교적 많은 발전소, 각종 산업시설, 대형숙박시설 등의 점 오염원과 오염원 각각의 오염 부하량은 크지 않으나 도심지의 주택지역과 같이 많은 수의 오염원이 밀집되어 있는 면오염원으로 나눌 수 있다. 그리고 이동오염원은 육상, 해상, 공중 수송에 이용되는 각종 교통수단이 포함되는데 이 중 선박이나 항공기 등은 육상교통수단인 자동차에 비해 그 수가 월등히 적어 통상 자동차를 이동오염원으로 표현한다.

대부분 자연적인 오염원에 의해 배출되는 대기오염물질들은 광역적으로 분산, 수송되므로 대기 중의 농도가 낮고 대기의 자정능력으로 정화가 가능하다. 그러나 인위적인 오염원에서 배출되는 대기오염물질은 국지적인 지역에 지속적으로 배출되므로 제한된 대기 내의 오염물질 농도가 높아져서 대기의 자정능력을 초과하여 축적되기 때문에 인위적 오염원에 대한 관리 대책이 요구된다.

청정한 대기질을 유지하기 위하여 모든 형태의 인위적 오염원을 적절히

관리하는 것은 사실상 거의 불가능하다. 따라서 오염물질별로 주요 오염원의 배출량과 그들의 오염 기여도를 파악하여 효율적인 관리대책을 수립하여야 한다.

## 1-2. 대기오염물질 배출량

각종 오염원에서 배출되는 대기오염물질의 배출량을 산정하는 방법에는 모든 오염원에 대해 배기가스 중의 오염물질 농도와 배기가스 유량을 실측하여 산출하는 직접 측정법과 연료 사용량과 각 오염원별 오염물질 배출계수로부터 산출하는 간접 산정법이 있다. 전자의 경우에는 극소수 배출시설의 배출량 산정에는 적용할 수 있으나 지역적 배출량 산정에는 현실적으로 적용하기가 곤란하지만 후자의 경우는 이러한 현실적인 문제가 적기 때문에 대기오염물질 배출량 산정에는 주로 간접측정법이 이용되고 있다. 따라서 본 조사에는 제주도내에서 소비되는 연료사용량과 각 연료의 대기오염물질 배출계수 등을 적용하여 대기오염물질 배출량 산정 및 전산조회시스템 구축을 주요 내용으로 하는 대기보전정책 수립지원 시스템(CAPSS ; Clean Air Policy Support System) 구축 사업의 연구결과를 토대로 하여 각 오염원별 대기오염물질 배출 현황을 분석하였다.

<표Ⅲ-1>에서 보듯이 2003년 1년 동안 제주도내에서 배출된 대기오염물질량은 대략 32,461톤이다. 부문별로 대기오염물질을 가장 많이 배출하는 오염원은 도로이동오염원, 비도로 이동오염원, 에너지 산업연소 순이다. 도로이동오염원, 즉 자동차가 배출하는 대기오염물질의 배출비중은 44.0%를 차지하고 경운기, 트랙터 등 중장비, 항공, 선박 등으로 표현되는 비도로 이동오염원의 배출비중은 19.1%로 나타났다. 따라서 도로 및 비도로 이동오염원, 즉 자동차에 의한 대기오염물질 배출비중은 63.1%로 나타나 자동차(이동오염원)는 제주도내의 대기오염물질의 주요 배출원인 것으로 판단된다. 또한 발전소로 대표되는 에너지 산업연소 부문의 배출비중은 17.6%

를 차지하고, 제조업 연소부문의 대기오염물질 배출비중은 0.5%로 매우 낮게 평가되고 있다. 따라서 제주 지역은 뚜렷한 산업시설이 없고 전력을 전량 화력발전에만 의존하고 있는 까닭에 발전시설에서 다량의 대기오염물질이 배출되는 반면에, 산업시설에서 배출되는 오염물질량이 아주 적은 특성을 반영하고 있는 것으로 생각된다. 특히 도로 및 비도로 이동오염원, 즉 자동차 부문에서 배출되는 대기오염물질량은 전국 평균으로는 49.0% 정도이지만 제주도는 63.1%로서 관광산업의 의존도가 큰 지역특성이 잘 나타난 결과로 생각된다.

<표Ⅲ-1> 배출원별 대기오염물질 연간 배출량(2003년)

(단위 : 톤)

구분	CO	NOx	SOx	PM10	VOC	합계
에너지산업 연소	943	2,813	1,823	24	117	5,720
비산업 연소	277	1,532	557	51	26	2,443
제조업 연소	13	76	64	1	2	156
생산 공정	-	-	8	-	175	183
에너지 수송 및 저장	-	-	-	-	250	250
유기용제 사용	-	-	-	-	3,018	3,018
도로 이동오염원	7,327	5,274	76	344	1,263	14,284
비도로 이동오염원	1,284	3,672	767	137	336	6,196
폐기물처리	27	101	21	-	62	211
합계	9,871	13,468	3,316	557	5,249	32,461

자료 : 국가 대기오염물질 배출량-연도별 배출량 추이(1999-2003), 국립환경과학원, 2005. 11

대기오염물질별로는 질소산화물(NOx)의 배출량이 13,468톤/년으로 가장 많으며, 다음으로는 일산화탄소(CO), 휘발성유기화합물(VOC ; Volatile Organic Compounds), 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 미세먼지(PM10 ; Particulate Matter under 10 $\mu$ m size)순이다. 그리고 대기오염물질별 발생원을 보면 일

산화탄소와 미세먼지(PM10)는 85% 이상이 도로 및 비도로 이동오염원 부문에서 배출된다., 질소산화물은 약 65% 이상이 도로 및 비도로 이동오염원 부문에 기인하는 반면에, 아황산가스는 발전소로 대표되는 에너지산업 연소 부문에서 전체의 55%로 가장 많이 배출되며, 도로 이동오염원 부문에서 비교적 적게 배출되는데, 이는 아황산가스는 연소장치나 연소조건과는 거의 무관하고 단지 연료 중의 유황함유량에 기인하는 특성 때문으로 판단된다. 또한 휘발성유기화합물(VOC)은 전 부문의 배출원에서 배출되는데 자연오염원을 제외하여 평가할 경우 배출비중이 가장 높은 부문은 페인트로 대표되는 유기용제 사용 부문으로, 전체의 57%를 차지하고 있어 휘발성유기화합물의 주요 배출원으로 파악되었다.

<표Ⅲ-2>에 나타낸 부문별 대기오염물질 배출량의 연도별 변화추이를 살펴보면 대기오염원과 연료사용량의 증가에도 불구하고 대기오염물질 총배출량의 연평균 증가율은 0.2%로 연간 대기오염물질 총배출량이 뚜렷하게 증가하는 현상은 보이지 않는데, 이는 청정연료의 공급이 점차 확대되고 있기 때문으로 판단된다. 한편, 대기오염물질 총배출량의 연평균 증가율이 폐기물처리 부문에서 32.1%로 비교적 높게 나타났는데 이것은 광역쓰레기 소각장을 본격 가동하는데 기인한 결과로 해석된다.

<표Ⅲ-2> 연도별, 부문별 연간 대기오염물질 배출량 변화

(단위 : 톤)

연도 부문별	1999	2000	2001	2002	2003	연평균 변화율 (%)
에너지산업 연소	5,718	5,553	5,676	5,728	5,764	0.2
비산업 연소	3,709	2,934	3,144	2,974	2,504	-9.9
제조업 연소	193	72	135	123	159	-6.2
생산 공정	19	22	187	375	193	27.4

<표Ⅲ-2> 계속

연도 부문별	1999	2000	2001	2002	2003	연평균 변화율 (%)
에너지수송 및 저장	238	241	246	232	250	1.3
유기용제 사용	2,632	2,729	2,775	2,859	3,018	3.4
도로 이동오염원	14,785	13,694	14,252	15,622	14,424	-0.6
비도로 이동오염원	5,139	5,466	5,085	5,494	6,223	4.9
폐기물처리	66	64	114	118	213	32.1
계	잘못된 계산식	잘못된 계산식	잘못된 계산식	잘못된 계산식	잘못된 계산식	0.2

자료 : 국가 대기오염물질 배출량-연도별 배출량 추이(1999-2003)-, 국립환경과학원, 2005. 11

앞에서 살펴본 바와 같이 도로 및 비도로 이동오염원, 즉 자동차는 전체 대기오염물질 배출량 중 질소산화물(NOx)의 66%, 미세먼지(PM)의 86%, 일산화탄소(CO)의 87%를 배출하고 있다. 이처럼 자동차는 제주지역의 대기오염 주범으로 제주도내 연간 대기오염물질 배출량에서 차지하는 비율이 현저하게 높은 부문이므로 현재의 청정대기를 유지하기 위해서는 자동차 배출가스 저감에 대한 적극적인 관리대책이 필요한 실정이다.

## 2. 자동차 배출가스의 관리

자동차 수의 급증으로 인하여 자동차는 대도시 대기오염의 주요인으로 작용하고 있다. 자동차에 의한 오염물질은 인구 밀집지역 및 도시 도로변 주거지역에 집중적으로 배출되기 때문에 체감오염지수와 건강에 대한 피해

정도가 다른 배출오염원에 비해 훨씬 크다. 자동차에서 배출되는 오염물질은 일반 오염물질 외에도 연료의 불완전 연소시 배출되는 각종 미량 유해물질을 포함하고 있으며, 연료 자체의 증발에 의해서도 건강에 유해한 대기오염물질이 다량 배출되기도 한다.

따라서 자동차로 인한 오염물질 배출량을 저감시키기 위해 제작자동차와 운행자동차에 대한 배출허용기준을 설정하여 관리하는 것은 물론 자동차 연료에 대해서도 제조기준을 설정하여 관리하고 있다. 하지만 자동차 오염은 자동차 생산 및 운행, 연료 및 교통정책 등이 다양하게 상호 연계되어 있어 저감 대책수립이 쉽지 않은 실정이다. 앞으로 자동차 대기오염 관리 대책은 크게 제작차의 저공해화 추진, 자동차 연료품질 개선, 운행차 관리 등을 토대로 저공해자동차 도입확대 및 운행촉진 기반조성이 필요하다.

## 2-1. 제작자동차 배출허용기준 강화

그동안 수차례에 걸쳐 제작차 배출허용기준을 강화한 바 있으나, 아직까지 미국, 유럽 등 선진국에 비해 국내 기준은 상대적으로 약화되어 있는 실정이다. 향후 자동차 대기오염에 대한 엄격한 관리, 지구온난화와 연계된 국제 규제 움직임 등을 고려하여 2006년까지 국내 기준을 선진국에 버금가는 수준으로 배출허용기준을 강화할 계획이다. 우선 1단계로 2000년 10월에서 2005년까지 적용할 기준을 현재 선진국에서 적용하고 있는 수준으로 강화하였다. 자동차의 저공해 엔진 기술개발에는 통상 4~5년이 소요되므로 2단계로 2006년 이후 적용할 배출허용기준을 <표Ⅲ-3>과 같이 설정하였다. <표Ⅲ-3>에서 보는 바와 같이 2006년 이후 배출허용기준을 휘발유차는 미국에서 2004년 이후 적용할 초저공해차(ULEV ; Ultra Low Emission Vehicle) 수준으로 강화하고, 경유차는 유럽에서 2005년 이후 적용하는 유럽 4단계(EURO 4) 수준으로 각각 강화할 방침이다.

<표Ⅲ-3> 제작차 배출허용기준 강화 방향

차종	오염물질	2002년 이전	현행	2006년 이후
휘발유승용차	질소산화물(g/km)	0.25	0.12	0.031
	탄화수소(g/km)	0.16	0.056	0.05
경유대형차	질소산화물(g/kwh)	6.0	5.0	3.5
	입자상물질(g/kwh)	0.15	0.1	0.02

자료 : 환경통계연감, 환경부, 2005

## 2-2. 운행차 배출가스 허용기준 강화

운행차 배출가스 허용기준은 운전자가 자동차를 구입하여 정상적으로 유지·관리하면서 운행하도록 하기 위해 설정된 기준이다. 여기에는 자동차가 판매되어 도로에서 운행하게 되면 차종, 차령 및 용도에 따라 각각 정기적으로 배출가스 검사를 받도록 하는 운행차 정기검사와 자동차가 출고되어 폐차될 때까지 도로상이나 차고지 등에서 수시로 검사를 받게 되는 수시검사가 있다. 운행차에 대한 시험은 도로 등에서 차량이 정지된 상태에서 간략하게 배출가스 상태를 확인하며 휘발유차량은 엔진 아이들링상태에서 CO, HC, 공기 과잉률 등을 측정하며, 경유차는 무부하 급가속에 따른 매연을 집중적으로 측정한다.

운행차 배출가스 허용기준은 사용연료, 차종에 따라 규제항목 및 규제기준을 다르게 설정하여 자동차 배출가스를 규제하고 있으며, 또한 경유자동차의 매연 배출을 저감하기 위해 2002년 7월 1일 이후 제작된 중량자동차에 대하여는 배출허용기준을 20%(2도) 이하로 강화하였다. 한편, 운행차 배출허용기준을 초과한 경우에는 당해 차량에 대한 개선명령과 함께 소유자에게 50만원 이하의 과태료를 부과하고 있으며 기준초과가 심한 차량에



대해서는 그 정도에 따라 3~7일 간의 사용정지 명령을 병행하고 있다.

또한, 운전자 등이 배출가스 관련 부품을 임의 조작하지 않은 경우 등 일반적 관리 요령에 의거 운용하였음에도 불구하고 배출허용기준을 초과한 차량에 대해서는 기준초과 원인에 대한 소명을 할 수 있도록 배출가스 보증기간 제도를 시행하고 있다.

### 2-3. 자동차 배출가스 무료점검 정기 실시

자동차 소유자의 환경의식 제고와 더불어 대기오염 저감을 위해 도, 시, 군에서는 월 2회 자동차 무료점검 서비스를 실시하고 있다. 제주시에서는 매월 둘째 주 금요일에 종합경기장 국기계양대 앞에서 실시하고 있고, 서귀포시에서는 매월 넷째 주 금요일에 시민회관 앞에서 자동차 무료점검 서비스를 시행하고 있다. 이것은 자동차의 자율적인 사전정비는 물론 자동차 배출가스로 인한 대기오염의 심각성을 운전자 스스로 인식할 수 있도록 하기 위한 시책으로 추진 중이다.

### 2-4. 배출가스 단속 강화

자동차 배출가스 단속을 강화하고 단속의 효율성을 향상시키기 위해 배출가스 단속반을 상설화하여 추진하고, 측정 장비를 확충해 나갈 계획이며, 위반대수가 많은 업체는 특별 관리하여 자동차로 인하여 발생하는 대기오염을 저감시키기 위해 노력하고 있다. 특히, 경유 차량의 매연 저감을 위하여 비디오카메라 등을 활용하여 단속을 실시하고 있는데 그 실적은 <표Ⅲ-4>와 같다.

<표Ⅲ-4> 자동차 배출가스 단속실적

연도별	점검대수	위반대수 (비율)	조치사항			
			개선명령	사용금지	고발	과태료 (만원)
1999	12,185	491(4.0%)	491	29	-	2,520
2000	18,521	353(1.9%)	353	31	-	1,965
2001	10,154	319(3.1%)	319	16	-	900
2002	7,494	71(0.9%)	71	-	-	-
2003	16,737	256 (1.5%)	256	2	-	200
평균	13,018	298(2.3%)	298	16		1,117

자료 : 환경백서, 제주도, 2004

<표Ⅲ-4>에서 자동차 배출가스 단속 결과를 보면, 조사기간 중 연평균 위반비율이 2.3%로 나타나고 있지만 1999년에 비해 2003년 현재 위반비율이 약 2배 이상 낮게 나타나 자동차 배출가스 단속 강화에 대한 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 도민 및 환경감시원을 활용하여 매연과다 발생 차량에 대하여 엽서 및 전화를 이용하는 환경신문고 제도를 활용함으로써 자동차 매연 저감에 기여하고 있다.

### 3. 자동차 대기오염물질 배출 현황

#### 3-1. 자동차 등록대수의 변화 추이

도로 및 비도로 이동오염원, 즉 자동차 오염원의 특성을 평가하기 위하여 차종 및 용도별 자동차 등록 현황과 자동차 등록대수의 연도별 변화 추이 및 자동차 연료 사용량의 경년변화 추이를 조사하여 <표Ⅲ-5>와 <표Ⅲ-6>에 나타냈다.

<표Ⅲ-5>에서 보는 바와 같이 자동차 등록대수는 1998년부터 2003년 기간 동안 연평균 7.8% 정도로 지속적으로 증가하여 2003년말 현재 199,659 대이다. 차종별로는 승합차와 특수차의 경우가 전체 연평균 증가율보다 빠른 증가속도를 보이지만 승용차 및 화물차의 경우에는 평균 증가율보다 낮은 증가 속도를 보였다. 그럼에도 불구하고 승용차가 전체의 62.0%를 차지하고 있으며 다음으로 화물차가 28.7%의 비율로 나타났다. 한편 용도별로는 자가용이 전체의 91.5%로 거의 대부분을 차지하는 것으로 파악되었다.

자동차 연료 사용량은 <표Ⅲ-6>에서 보는 바와 같이 매년 증가하여 도로 및 비도로 이동오염원에 기인한 대기오염물질 배출량이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 특히 유의할 것은 자동차 연료 중 경유가 가장 많이 소모되고 있을 뿐 아니라 사용량의 증가 추세도 지속되고 있어 이로 인한 대기오염물질 배출량이 더욱 증가할 것으로 예상된다. 또한 사용연료별 자동차 등록 현황을 <표Ⅲ-7>에 나타냈는데, 2004년 6월말 현재 사용연료별 등록된 자동차 수는 휘발유, 경유, LPG 차량 순으로 나타났고, 전국대비 휘발유 차량은 약 10% 정도 낮고, 경유와 LPG 차량은 약간 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 파악되었다.

<표Ⅲ-5> 차종 및 용도별 자동차 등록 현황과 연도별 변화 추이

(단위 : 대)

구분 \ 년도		1998	1999	2000	2001	2002	2003	연평균 증가율 (%)
차종별	승용차	87,377	91,906	95,565	105,718	116,957	123,948	7.6
	승합차	11,776	14,351	19,344	17,165	18,171	18,387	12.8
	화물차	41,621	45,691	49,208	52,213	55,224	57,305	7.3
	특수차	189	220	243	271	307	336	12.9
용도별	관용	938	957	1,028	1,048	1,098	1,139	4.0
	자가용	130,329	140,665	151,664	161,758	174,994	183,070	7.6
	영업용	9,696	10,546	11,668	12,561	14,567	15,767	10.8
계		140,963	152,168	164,360	175,367	190,659	199,976	7.8

자료 : 제주 통계연보, 2004

<표Ⅲ-6> 자동차 연료 사용량의 경년변화 추이

연료별 년도	휘발유(kℓ)	경유(kℓ)	부탄(톤)	계
1999	96,135	288,245	34,632	419,012
2000	97,724	288,404	42,826	428,954
2001	97,514	285,110	48,153	430,777
2002	101,835	296,127	56,451	454,413
2003	99,757	308,533	57,970	466,260
연평균 증가율(%)	0.9	1.7	12.2	2.7

자료 : 제주통계연보, 각년도

<표Ⅲ-7> 사용연료별 자동차 등록대수 현황(2004. 6월말 기준)

구분	휘발유	경유	LPG	기타	계
제주도	88,016	85,956	29,535	105	203,612
전국	7,731,846	5,235,502	1,762,264	46,403	14,776,015

자료 : 건설교통부

한편, 자동차 1대당 인구수를 <표Ⅲ-8>에서 보면 제주도가 2.8명으로 우리나라의 평균보다는 약간 낮지만 타 선진국에 비해서는 약 2배 정도 높은 것으로 파악되었다. 이러한 결과는 앞으로 제주지역의 자동차 등록 대수가 선진국 수준으로 증가할 것으로 예상되므로, 자동차의 배출가스가 제주지역의 대기환경에 악영향을 미칠 가능성이 큼을 시사하고 있다.

<표Ⅲ-8> 자동차1대당 인구수(2003)

구분	제주	한국	일본	미국	EU평균
자동차1대당 인구수	2.8	3.3	1.7	1.2	1.7

자료 : 환경백서, 환경부, 2004

### 3-2. 자동차에 의한 대기오염물질 배출량

자동차에 의한 대기오염물질의 배출량은 자동차의 종류, 사용연료, 제작년도 및 주행조건 뿐만 아니라 운행상태 등에 크게 좌우되며, 동일한 배기량일지라도 배출규제와 적용기술에 따라 배출가스 허용기준이 다르고, 차량의 제작년도 별로 오염물질 배출량에도 차이가 있다. 또한 제작년도가 같다고 하더라도 누적 주행거리, 차량의 관리상태 등에 따라서도 서로 상이한 값을 보여준다. 그러므로 자동차에 의한 대기오염물질을 산정하기 위해서는 자동차의 차종별 등록대수, 연료의 종류, 연도별 구성비 및 차종별 주행특성, 통행량, 일일주행거리 등의 자료를 기초로 하여 배출량을 산정하게 된다. 이러한 자동차 오염물질 배출량 자료는 도시 대기질 개선을 위한 정책 수립 및 제도 마련뿐만 아니라 이러한 여러 가지 정책적 수단들의 비용효과 분석 등 환경 경제성 평가, 대기오염물질 배출원별 기여도 평가 및 환경 유해성 평가 등 많은 부분에 활용되고 있다.

현재, 자동차오염원 배출량은 현행 차종 분류체계에 기초한 연식별 배출계수, 등록대수를 이용한 주행거리 및 실측 통행량 자료를 이용하여 산정하고 있다. 여기에서 시간배분은 월별로 하고 월별 자동차 등록대수를 이용하여 주행거리를 평가하며 이에 기초하여 배출량을 평가한다. 또한 공간배분은 교통량 실측 도로와 비실측 도로로 나누어 산정하는데, 실측 도로는 도로구간별 통행량 자료를 구축하고 비실측 도로는 배분지표로 행정구역별(차선×길이) 비율을 이용한다.

따라서 본 조사에는 제주도내에서 소비되는 자동차 연료사용량과 주행거리, 차종별 배출계수 등을 적용하여 산정한 대기보전정책 수립지원 시스템(CAPSS ; Clean Air Policy Support System) 구축 사업의 연구결과를 토대로 하여 차종별 연간 대기오염물질 배출량을 파악하였다.

<표Ⅲ-9>에서 보면 2003년말 현재 자동차에 의한 대기오염물질 총배출량은 연간 14,283톤으로 평가되었다.

<표Ⅲ-9> 차종별 연간 대기오염물질 배출량(2003)

(단위 : 톤/년)

구분	CO	NOx	SOx	PM10	VOC	합계
승용차	3,368	896	12	22	589	4,887
택시	1,016	209	5	-	114	1,344
승합차	376	325	7	41	44	793
버스	538	1,537	14	82	115	2,286
화물차	1,321	2,237	37	194	282	4,071
특수차	32	61	1	5	11	110
이륜차	675	9	-	-	108	792
합계	7,326	5,274	76	344	1,263	14,283

자료 : 국가 대기오염물질 배출량-연도별 배출량 추이(1999-2003)-, 국립환경과학원, 2005. 11

차종별로 보면 휘발유 및 LPG 연료를 주로 사용하는 승용차의 배출비율이 가장 높았고 다음으로 경유를 주 연료로 사용하는 화물차와 버스 차량 순이다. 승용차, 택시, 승합차 및 이륜차에서는 일산화탄소(CO)가 각각 68.9%, 75.6%, 47.4%, 85.2% 정도로 가장 높게 배출되고, 그 다음으로 질소산화물(NOx)인 것으로 파악되었다. 이와는 반대로 버스와 화물차 및 특수차에서는 질소산화물(NOx)의 배출비율이 가장 높고 그 다음이 일산화탄소(CO) 순으로 나타났다.

대기오염물질별로 보면 일산화탄소(CO)가 51.3%로 가장 높은 비중으로 배출되는 것으로 파악되었고 그 다음으로 질소산화물(NOx), 휘발성유기화합물(VOC)인 것으로 평가되었다.

또한 자동차 대기오염물질 배출량의 지역적 특성을 평가하기 위해 제주도를 포함한 국내의 자동차 오염물질 부하량(단위면적에 연간 배출되는 대기오염물질량)을 산정하여, 그 결과를 <표Ⅲ-10>에 나타냈다.

<표Ⅲ-10> 국내의 자동차 대기오염물질 부하량(2003)

구분	대기오염물질 부하량(ton/km <sup>2</sup> /year)					합계
	CO	NOx	Sox	PM10	VOC	
서울특별시	264.82	108.32	1.48	5.70	45.74	426.06
부산광역시	56.41	40.73	0.56	2.54	10.33	110.57
대구광역시	35.59	23.38	0.34	1.44	6.33	67.07
인천광역시	38.19	24.02	0.34	1.59	7.02	71.16
광주광역시	32.32	20.24	0.28	1.27	5.71	59.82
대전광역시	39.26	25.88	0.34	1.57	7.12	74.18
울산광역시	14.31	10.42	0.14	0.64	2.63	28.14
경기도	12.68	9.91	0.14	0.65	2.25	25.64
강원도	1.35	1.13	0.02	0.08	0.24	2.81
충북	3.64	3.40	0.05	0.23	0.66	7.97
충남	3.05	2.90	0.04	0.19	0.54	6.73
전북	3.51	3.00	0.04	0.20	0.62	7.37
전남	2.22	2.12	0.03	0.14	0.40	4.91
경북	2.16	1.90	0.03	0.13	0.39	4.61
경남	4.11	3.75	0.05	0.25	0.76	8.92
제주	3.96	3.10	0.04	0.19	0.68	7.97
전국	6.78	4.78	0.07	0.30	1.21	13.13

<표Ⅲ-10>에서 보면 2003년말 현재 국내의 자동차 대기오염물질 부하량은 서울지역이 426톤/km<sup>2</sup>/년으로 가장 높은 것으로 파악되었고 대구광역시가 그 다음으로 높았으며 강원도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 제주도의 자동차 오염물질 부하량은 7.97톤/km<sup>2</sup>/년으로 전국 평균 13.13톤/km<sup>2</sup>/년 보다 1/2 정도인 것으로 평가되었지만 광역시를 제외한 타지방보다는 비교적

높은 수준으로 나타났다.

대기오염물질 별로 보면 제주도의 경우 일산화탄소의 부하량이 3.96톤/km<sup>2</sup>/년으로 전체의 50%를 차지하고, 그 다음으로 높은 부하량을 나타내는 것은 질소산화물, 휘발성유기화합물, 미세먼지, 황산화물 순으로 나타났다. 그리고 타 지역대비 제주도의 자동차 대기오염물질 부하량은 절대적인 수치의 차이는 있지만 오염물질별 자동차 부하량의 비중은 거의 유사한 수준으로 나타났다.



## IV. 선진국의 저공해자동차 보급사례 분석

### 1. 저공해자동차 보급 방안

#### 1-1. 미국

##### 1-1-1. 무·저공해 자동차 보급 프로그램

캘리포니아의 무공해 자동차(ZEV ; Zero Emission Vehicle) 보급 프로그램을 보면, 의무적으로 판매해야 하는 전기자동차의 비율은 2003~2008년 간 자동차 판매량의 10%를 목표로 하고 있다. 이를 실현하기 위하여 <표 IV-1>의 분류에 따른 전기 자동차 등 무·저공해 자동차를 공급하는 것으로 하고, 전기 자동차(ZEV) 2%, 최적 기술을 적용한 하이브리드 전기자동차(AT-PZEV ; Advanced Technology PZEV) 2%, 하이브리드 전기자동차(PZEV ; Partial Zero Emissions Vehicle) 6%를 각각 보급하도록 하고 있다. 이러한 계획은 <표IV-2>에서 보는 바와 같이 2018년까지 보급목표를 16%까지 확대할 예정이다.

<표IV-1> 무공해 자동차의 분류

구분	분 류 기 준
PZEV	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ SULEV(Super Ultra Low Emission Vehicle) 기준 만족</li> <li>◦ 증발배출량 zero</li> <li>◦ SULEV(Super Ultra Low Emission Vehicle) 기준용 배출가스자기진단 장치(OBD; On-Board Diagnostics) 부착</li> <li>◦ 0.2 ZEV credit 부여</li> </ul>
AT-PZEV	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 전기자동차 기능 보유</li> <li>◦ 연료 효율 기준 만족</li> </ul>
ZEV	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 배터리 또는 연료전지 방식</li> <li>◦ 1일 주행거리 25km이하의 neighborhood vehicle, 50km 이하의 city vehicle 등으로 구분</li> </ul>

<표IV-2> 미국 캘리포니아 주의 무공해자동차 보급 목표

적용년도	'03~'08	'09~'11	'12~'14	'15~'17	'18~
적용비율(%)	10	11	12	14	16

또한 자동차 제작사의 목표 달성을 위한 융통성 제고를 위해 SULEV(Super Ultra Low Emission Vehicle) 규제를 만족시키는 차량에 대하여는 <표IV-3> 과 같이 Partial ZEV Emission Credit을 부여하는 방안도 수립 중이다.

<표IV-3> 전기자동차 의무판매 면제(ZEV Emission Credit)의 내용

차 종	Partial ZEV 인정
Gasoline SULEV	0.2
Hybrid Gasoline SULEV	0.3
CNG SULEV	0.4
Electric Vehicle	1.0

1-1-2. 무공해 전기버스(ZEB ; Zero Emission Bus) 보급 프로그램

차량 보유대수 200대 이상의 대형 운수업체별로 2003년까지 최소 3대의 무공해 전기버스(ZEB)를 보유토록 규정하였고 그 후 다음의 <표 IV-4>와 같은 계획으로 2008년 이후 신규 구매버스의 15%를 의무적으로 무공해 전기버스로 구입하도록 유도하고 있다.

<표IV-4> 운수업체별 무공해 전기버스 보급 목표

운수업체 구분	적용년도	신규 구매분 중 ZEB 비율
경유 사용 업체	'08~'15	15%
대체연료 사용 업체	'11~'15	15%

1-1-3. 청정 도시 구현 프로그램

청정도시 구현 프로그램은 미국 에너지성이 후원하고 공공기관과 개인이 참여하여 대체연료자동차(AFV : Alternative Fuel Vehicle)의 보급과 인프라를 구축하고, 국가와 지방정부차원에서 대체연료 자동차 사용을 촉진시켜 에너지 효율과 환경의 질을 향상시킬 목적으로 추진하고 있다. 주요 활동은 대체연료 자동차의 보급과 인프라 구축, 대기환경 개선, 시민의식 제고 사업 등이다. 이 프로그램에는 소규모의 지방 사업자와 지역의 대기질을 관리하는 기관에서부터 전국 규모의 대체 연료회사까지 4,400여개 이상의 단체가 참여하고 있다.

여기서 대체 연료는 천연가스, 에탄올, 메탄올, 수소, 바이오디젤(Bio-diesel), LPG, 전기동력(Battery-electric Power)을 말하며 청정도시 구현 프로그램에 참여하는 지역은 Los Angeles, Denver 등 41개주 80개 지역이다. 그리고 청정도시 구현 프로그램의 목표는 2010년까지 대체연료 자동차 1,000,000대 보급과 10<sup>9</sup>갤론(gallon) 정도의 휘발유상당 대체 연료를 보급하는 것이다.

1-1-4. 미국 주별 저공해자동차 도입을 위한 인센티브

대기환경을 개선할 목적으로 저공해자동차 도입을 촉진하기 위한 미국의 주별 인센티브를 <표IV-5>에 정리하였다.

<표IV-5> 미국 주별 저공해 차량 전환 유인책

주 별	인센티브
Alabama	· 저공해차량 fleet 전환시 주 보조
Arizona	· 면허세 감면, AFV(alternative fuel vehicle) 또는 주유장비 (Refueling Equipment) 구입시 세금 공제
California	· 주 판매세금 면제 · 주 소득세 공제
Colorado	· 저공해차량 전환시 세금 공제 · CNG 또는 Propane을 위한 연료 특별소비세 면제, 그러나 Flat Fee는 부과
Florida	· 저공해 차량 전환시 주 보조
Iowa	· 저공해 차량 전환시 저리 대출이 가능
Kansas	· 저공해차량 구입시 대출이 가능, 소득세 공제
Maryland	· 저공해 차량 전환에 이용되는 장비, 주유소 설립, 청정연료의 보관 또는 분배, EV(electric vehicle)의 재충전에 대한 판매 및 사용세 면제, AFV(alternative fuel vehicle) 구입시 공제
Montana	· 저공해 차량 전환시 세금에 대한 공제
New York	· 주 판매 및 사용세 면제
North Dakota	· CNG 전환에 대한 소득세 공제
Oklahoma	· 주 소득세 공제 · 정부 부서와 학교 지역에 대한 무이자 대출
Pennsylvania	· 저공해 차량 전환시 주 보조 · EV(electric vehicle)에 대한 주 판매 및 사용세의 면제
Texas	· Propane과 천연가스 이용에 대한 부분적인 연료 특별소비세 면제 · 대체연료 제공자 및 장치 제공자에 대한 비용보조 제도 · 공공 및 개인 저공해자동차 fleet 전환에 대한 보조
Utah	· 부분적인 연료 특별소비세 면제 · 주 소득세 공제 · 공공 및 개인 저공해자동차 Fleet 전환에 대한 주자금 대출
Virginia	· 공공 소유 저공해차량으로의 전환에 대한 주 대출 및 보조 · 대체 연료 차량에 대한 부분적인 판매세 면제

## 1-2. 일본

### 1-2-1. 저공해 자동차 지정 제도

일본의 7개 도·현·시(동경도, 사이다마현, 지바현, 가나가와현, 요코하마시, 가와사끼시, 지바시) 지역의 질소산화물(NOx) 배출량의 약 50%를 자동차가 배출하고 있어 대기오염의 개선을 위해 자동차로부터 배출되는 질소산화물의 배출량을 억제하는 것이 불가피하였다. 이에 따라 7개 도·현·시에서는 저공해차의 보급과 제작을 촉진하기 위하여 1996년 3월에 <7개 도·현·시 저공해자동차 지정제도>를 공동으로 발족시켰다. 이 제도는 자체적인 심사기준에 의해 저공해차를 지정하고 배출가스 수준에 따라 <표IV-6>과 같이 3등급으로 구분하고 있다. 이 제도는 전기자동차, 천연가스자동차, 메탄올자동차, 하이브리드자동차뿐만 아니라 일반적으로 시판되고 있는 가솔린, LPG 디젤 자동차에서도 질소산화물 등의 배출량이 적은 저공해 자동차를 지정하여, 7개 도·현·시가 자발적으로 공용차를 구입함과 동시에 저공해 자동차의 도입을 권장하는 것이다. 저공해자동차 증명서를 발급 받을 수 있는 차종으로는 전기자동차, 천연가스자동차, 메탄올자동차 및 하이브리드자동차 등 소위 대체연료 차량과 기존의 가솔린, LPG 및 디젤자동차 등 전통적인 화석연료 차량인 경우에도 질소산화물(NOx) 배출량이 적은 차종은 여기에 해당된다.

<표IV-6> 저공해자동차의 3등급 구분 기준

저공해자동차의 구분	국가가 정한 배출가스 규제치에 대하여 <sup>1)</sup>	국토교통성 지정 저배출가스차의 구분
양저공해차(良低公害車)	배출가스 25% 저감 자동차	+
우저공해차(優低公害車)	배출가스 50% 저감 자동차	++
초저공해차(超低公害車)	배출가스 75% 저감 자동차	+++

주. 1) 배출가스 규제치 : 승용차 및 경량차(1.7톤 이하)는 2000년, 경화물차는 2002년, 중량차(1.7-3.5톤)는 2001년, 중량차(3.5톤 초과)는 2003년 기준

일반적으로 지정저공해차의 명칭은 배출가스 저감 기술수준에 따라 모든 오염물질에 대해 배출기준을 만족해야 하나 7개 도·현·시가 추진하는 저공해차 지정제도에서는 저공해 수준을 분류할 때 질소산화물(NOx)가 중심이 되므로 분류 명칭 또한 달리하였다. 즉, 지정 저공해차의 명칭은 ULEV(Ultra Low Emission Vehicle)를 ‘초저공해차’, LEV(Low Emission Vehicle)를 ‘우(優)저공해차’ TLEV(Temporary Low Emission Vehicle)를 ‘양저공해차’로 구분하여 사용하고 있다. 국토교통성에 의해 인증된 저배출 가스차는 자동적으로 ‘지정공해차’로 하였으며, 연비기준을 폐지해 ‘저연비차’에 해당하는 경우에는 그 취지를 명기하는 것으로 했다.

따라서 초저공해차에는 전기자동차, 국토교통성에 의해 ‘초저배출 가스차’로 인정받은 자동차, 질소산화물 배출량이 ‘7개 도·현·시 지정기준 <표IV-7>’의 초저공해차 배출가스기준치 이내이고, 대기보전전문부회의의 심사 후 지정받은 자동차가 여기에 해당된다. 우저공해차에는 국토교통성에 의해 ‘우저배출 가스차’로 인정받은 자동차, 질소산화물 배출량이 ‘7개 도·현·시 지정기준’의 ‘우저공해차 배출가스 기준치 이내이고 대기보전전문부회의의 심사 후 지정받은 자동차가 해당된다. 또한 양저공해차에는 국토교통성에 의해 ‘양저배출 가스차’로 인정받은 자동차, 질소산화물 배출량이 ‘7개 도·현·시 지정기준’의 양저공해차 배출가스 기준치 이내이고 대기보전전문부회의의 심사 후 지정받은 자동차가 해당된다. 저공해차로 지정된 차량에는 우대주차장 운영, 유료도 이용금액 감면 등의 인센티브가 주어진다.

<표IV-7> 일본 7개 도·현·시 저공해차 지정기준

차종			측정 방법	배출가스 수준								
				질소산화물			탄화수소 <sup>1)</sup>			입자상물질 <sup>2)</sup>		
				양저 공해 차	우저 공해 차	초저 공해 차	양저 공해 차	우저 공해 차	초저 공해 차	양저 공해 차	우저 공해 차	초저 공해 차
승용차 (경승용차 포함) 경량차 1.7톤이하			10·15모드( g/km)	0.03	0.04	0.02	0.06	0.04	0.02	-	-	-
			11모드 (g/test)	1.05	0.70	0.35	1.65	1.10	0.55	-	-	-
경화물차			10·15모드 (g/km)	1.10	0.07	0.03	0.10	0.07	0.03	-	-	-
			11모드 (g/test)	1.65	1.10	0.55	2.63	1.75	0.88	-	-	-
버 스 트 럭	차 량 총 중 량	중량차1 .7 ~3.5톤	10·15모드 (g/km)	1.10	0.07	0.03	0.06	0.04	0.02	-	-	-
			11모드 (g/test)	1.20	0.80	0.40	1.65	1.10	0.55	-	-	-
		대형차3 .5톤 이상 <sup>3)</sup>	13모드 (g/kWh)	2.54	1.69	0.85	0.65	0.44	0.22	0.14	0.09	0.05

주. 1) 천연가스 자동차에서는 탄화수소의 양 대신 0.8배에 상당하는 비메탄탄화수소의 양을 사용할 수 있다.  
 2) 입자상물질에서 “-”은 배출량이 미량으로 배출이 거의 없다고 인정되는 값이다.  
 3) 차량 총중량 3.5톤 이상의 대형차인 버스 및 트럭의 경우 배출가스 값이 질소산화물 3.38g/kWh, 탄화수소 0.87g/kWh, 입자상물질 0.18 g/kWh 이하인 것은 당분간 상기표의 배출가스 값과 상관없이 양저공해차로 할 수 있다.  
 ◦ 전기자동차는 주행시에 배출가스를 배출하지 않기 때문에, 배출가스 75% 저감 수준에 해당한다.  
 ◦ 10·15모드라는 것은, 도시지역에 있어서의 평균적인 주행형태를 표현하는 주행패턴에 의해 주행할 경우에 배출되는 배출가스의 양을 측정하는 방법. 11모드라는 것은, 교외에서 도심으로 향한 주행형태를 나타낸 주행패턴에 의해 주행할 경우에 배출되는 배출가스의 양을 측정하는 방법.  
 ◦ 배출량이 복수의 배출가스저감 수준인 경우 배출가스 저감 수준이 나쁜 것을 기준으로 함.

## 1-2-2. 저공해 자동차 보급 프로그램

### ① 동경도의 저공해 자동차 도입 의무화 제도

일본의 동경도에서는 자동차에서 배출되는 NOx의 특정지역에서의 총량 감소에 관한 특별조치법에 근거하여 자동차 배출가스 NOx 총량감소 계획을 수립하고 NOx 총량감소를 위한 하나의 방안으로 저공해차 도입을 의무화하고 있다. 이에 따라 동경도 「도민의건강과안전을확보하기위한환경관련조례」 제35조에 근거하여 자동차를 구입·사용할 때는 저공해차의 도입이 필요하다. 조례의 내용에는 사업자로 하여금 저공해차 도입을 의무화하고 있으며 대상 사업자는 도내에서 200대 이상의 자동차를 사용하는 사업자(자동차의 임대 등을 업으로 하는 자에 있어서는 소유자)를 대상으로 하여 동경도가 지정하는 저공해자동차를 의무적으로 5%이상 도입하는 제도로서 이 제도의 적용 시기는 2006년 3월말까지이다.

### ② 저공해차 개발·보급 Action Plan

2010년까지 실용 단계에 있는 저공해자동차(CNG, 전기차, 하이브리드, 메탄올차, 저공해 인정 자동차)를 1,000만대 이상 보급하고, 연료전지 자동차도 5만대를 보급할 예정이다.

### ③ 공공부문의 저공해 자동차 우선 구입(Green 구매법)

공공부문에서의 저공해차 우선 구입, 전기 자동차 보급 기반 구축 등을 촉진하고, 연료전지 자동차, 차세대 하이브리드 자동차 등 차세대 저공해차 기술 개발을 촉진하기 위한 것으로서 <표IV-8>과 같이 2004년도까지 공용차 전체를 저공해차로 도입하고 지방자치단체, 기업 등에 대해서도 이와 유사한 대책을 추진한다.



<표Ⅳ-8> 공공부문의 저공해 자동차 보급목표

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
도입대수(대)	316	1,329	3,189	5,120	7,021
도입률(%)	4	19	45	73	100

### 1-2-3. 저공해 자동차 보급 현황

일본 동경의 저공해자동차 보급 상황은 <표Ⅳ-9>에서 보는 바와 같이 2003년 3월말 현재 전기 자동차 3,315대, CNG 자동차 11,525대, 하이브리드 자동차 22,642대, 메탄올 자동차 1,555대 등 총 39,037대의 저공해자동차가 보급되었다.

<표Ⅳ-9> 일본 동경의 저공해자동차 보급상황(2003년 3월말 기준)

종류 년도	저공해자동차(대)					기타 지정 저공해자동차(대)			합계
	전기 자동차	메탄 올자동차	CNG 자동차	하이브 리드 자동차	소계	LPG 차	가솔린 자동차등	소계	
1990	26	62	15	-	103	-	-	-	103
1991	101	78	25	1	205	-	-	-	205
1992	279	118	40	12	449	-	-	-	449
1993	350	145	55	28	578	11	-	11	589
1994	380	156	120	65	721	73	1,226	1,299	2,020
1995	368	154	205	93	820	120	11,426	11,546	12,406
1996	331	172	269	122	894	177	63,862	64,039	64,933
1997	341	167	428	444	1,380	253	193,630	193,883	195,263
1998	284	159	786	1,760	2,989	2,145	315,869	318,014	321,003
1999	287	162	1,130	3,090	4,669	3,397	479,939	483,336	488,005
2000	286	91	1,435	3,712	5,524	9,237	696,258	705,495	711,019
2001	148	45	2,324	5,837	8,354	9,833	882,106	891,939	900,293
2002	134	46	4,693	7,478	12,351	14,895	1,048,257	1,063,152	1,075,503
계	3,315	1,555	11,525	22,642	39,037	40,141	3,692,573	3,732,714	3,771,791

자료 : 동경도 자동차 배출 질소산화물 및 자동차 배출 입자상물질 총량삭감계획, 동경도, 2004

#### 1-2-4. 저공해 자동차 도입을 위한 인센티브 제도

저공해자동차 보급을 확대하기 위해 <표Ⅳ-10>과 같이 저공해자동차 취득과 보유 시에 세제상의 혜택을 부여하고 저공해 자동차에 대한 자동차세 경감을 위한 재원은 노후차량에 대해 중과하여 마련한다.

<표Ⅳ-10> 저공해 자동차 보급 촉진을 위한 인센티브

대 상	우 대 조 치	내 용
저공해차 구매	자동차 취득세 경감 조치	- 전기, 천연가스, 메탄올 자동차 : 2.7% 경감 - 하이브리드차(트럭, 버스) : 2.7% 경감 - 하이브리드차(승용차) : 2.2% 경감 - 저공해인증자동차 : 구매가에서 30만엔 공제
저공해차 구매	자동차세 경감 조치	- 경감 내용 : 전기, 천연가스, 메탄올차 : 50% 감면 초저공해 자동차 : 50% 감면 · 우저공해 자동차 : 25% 감면 양저공해 자동차 : 13% 감면 - 중과 내용 : 11년 초과된 경유차, 13년 초과된 휘발유차 : 10% 중과
저공해차 취득 연료공급시설 설치 (CNG, 메탄올)	소득세·법인세 우대조치	- 1차년도 30% 감가상각 특례 - 소득세 7% 특별 공제
연료공급시설 (전기, 천연가스, 메탄올) 설치	고정자산세, 특별 토지보유세 감면	- 고정자산세 과세 표준특례 - 특별 토지보유세 비과세
특별대책지역내 지방공공기관	저공해차 보급등 사업비 보조	- 저공해차 도입시 통상 가격의 1/2 보조 - DPF(Diesel Particulate Filter) 부착 비용의 1/2 보조 - 연료공급시설 설치 비용의 1/2 보조
지방공공기관, 법인	크린에너지 자동차 도입추진 대책비 보조	- CNG 자동차 도입시 가격차의 1/2 이내 보조 - 사업용 연료공급시설 설치비 전액보조 - 비사업용 연료공급시설 설치 비용의 1/2 이내 보조
특별대책지역내 버스·트럭 사업자	저공해차 보급 촉진 대책비 보조	- 저공해차 도입 가격의 1/4(통상 가격차의 1/2 한도) 보조 - DPF(Diesel Particulate Filter) 부착 비용의 1/4 보조

### 1-3. EU 국가

#### 1-3-1. ZEUS((Zero and Low Emission Vehicles in Urban Society) Project

ZEUS 프로젝트는 유럽 내의 도시지역에 환경친화적이고 지속가능한 교통시스템을 구축하기 위해 시작한 프로젝트이다. 이 프로젝트는 저공해자동차의 보급은 물론 도시계획 차원에서 인프라 구축 및 환경친화적인 도시교통체계를 구축하고자 한 것이다. 이 프로젝트에서는 CNG, LPG, 전기, 에탄올, 전기하이브리드 등 다양한 종류의 자동차 보급을 추진하고 있다.

#### 1-3-2. 스웨덴의 Environmental Zone Program

환경존(Environmental Zone)을 스웨덴의 3대도시 Stockholm, Gothenburg 및 Malmoe의 도심에 지정하고 이 지역에서 운행되는 대형디젤자동차에 대하여 입자상물질을 저감시키기 위한 대책을 추진하고 있는 프로그램이다. 이 프로그램에서는 차령 9~5년인 차량은 후처리장치를 부착하여야 하고 후처리장치의 성능기준은 미세먼지(PM) 80%이상, 탄화수소(HC) 60%이상 저감시키며 질소산화물(NOx)는 증가하지 않아야 된다. 후처리장치는 입자상물질 여과장치와 산화촉매를 결합한 장치로서 경유 중 황 함유량은 10ppm 이하의 초저황 경유를 사용하는 것으로 되어 있다.

## 2. 저공해자동차 보급 지원정책

저공해자동차의 보급을 촉진시키기 위하여 각국에서 실시하고 있는 지원정책을 요약하여 <표IV-11>에 나타내었다.

<표IV-11> 각국의 저공해자동차 보급촉진을 위한 지원정책

국가별	지원정책
이탈리아	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LPG차량 1,234천대, LPG충전소 2천여개소, CNG차량 380천대, CNG 충전소 355개소 계획</li> <li>- CNG/LPG에 대한 소비세를 휘발유나 경유보다 낮게 책정하여 경쟁력 확보</li> <li>- CNG/LPG 자동차 구입시 보조금 지급, 구형 휘발유 자동차를 CNG/LPG 자동차로 개조시 총 개조비용의 3/4 정도 지원</li> <li>- 공공기관이나 기업체의 차량은 청정연료자동차 구입 장려</li> <li>- National Autogas Day를 지정</li> <li>· LPG가스 차량으로 개조시에는 총 개조비용의 3/4 정도 지원 이외에 개조비용 지원금의 15% 정도를 추가지원</li> <li>· LPG 충전시 60원씩 할인</li> <li>· 전국 94개 주요 도심권에서 아침 9시부터 저녁 7시까지 차량 운영을 제한하는데 전기차, CNG, LPG차량은 통행제한 면제</li> <li>- 대체연료차량에 대해서는 격일제 운행 면제</li> <li>- 전기자동차 지원 정책</li> <li>· 도로세 : 구입 후 5년간 면세, 보험료 50%할인</li> <li>· LOMBARDIA주에서는 구입비 30% 정도 보조</li> </ul>
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LPG차량 200천대, LPG충전소 1600개소, CNG차량 3천대( 시내버스 300여대) 보급 계획</li> <li>- 휘발유나 경유에 비해 CNG/LPG 소비세 낮게 책정, 면허세 절반 이하로 저감, 버스와 택시에 사용하는 LPG의 연간사용량 중 일정량에 대해 소비세를 최고 100%까지 환원, 경우에 따라서는 부가세 100%환불</li> <li>- 2001년부터 EURO 3기준을 만족하는 LDV(light-duty vehicle)를 LPG차로 개조하는 경우 US\$1,350까지 보조금 지급</li> <li>- 전기자동차 지원정책</li> <li>· 정부·민간 EV(electric vehicle) 보급 협정</li> <li>· GIVE(EV보급 관련기관 연합회) 설립</li> <li>· 구입비 보조 : 25,000프랑(정부+전력회사+자치단체 함께 출연)</li> <li>· EV 전용주차장 정비(5% Share 목표)</li> <li>· 도로세 면제, 자동차 등록세 할인, 특수전력세 공제 등 적용</li> <li>· 도입의무 부과(정부·민간 Fleet 신규 도입 차의 20%)</li> </ul>

<표 IV-11> 계속

국가별	지원정책
네덜란드	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LPG버스 140대 운행, 2010년까지 버스 75%를 LPG차로 교체</li> <li>- 경유 차량의 주행세에 초과부담금을 부과하고 LPG차량에는 적은 세금을 부과하여 LPG차량이 10%가 되도록 유도</li> <li>- 정부와 대중교통 사업자는 2003년까지 신규차량의 50%를 가스차량으로 구입하고 2010년까지 운행 중인 모든 버스의 70%를 대체연료로 사용하도록 합의</li> <li>- LPG 버스에 대해 소비세 저감 및 주행세 미부과</li> <li>- 청정연료 사용 촉진 프로그램 수행 : LPG 자동차 개발 및 지원 정책</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LPG자동차 24천대, LPG충전소 560개소, CNG자동차 835대, 가스충전소 18개소 계획</li> <li>- 휘발유와 경유는 소비세를 8%올리고 LPG/CNG는 29% 삭감하여 휘발유, 경유, LPG, CNG의 소비세 비율=100:100:50:50</li> <li>- 기존 연료자동차를 CNG/LPG/전기자동차로 개조시 보조금 지원</li> <li>- Powershift Program</li> <li>· 청정연료차량 구매시 차량가격 차의 50%지원, 가스자동차로 개조시 개조비용의 50%지원</li> <li>· EURO 2 기준 이상으로 HC, NOx를 감소시킨 정도에 비례하여 재정 지원. 즉, HC, NOx에 대해 최저기준의 25%, 50%, 75%의 3단계로 구분하여 재정지원, EURO 2 기준보다 HC, NOx를 75%이상 감축시키면 개조비용의 75%보조. 이 제도는 제작차에도 적용하는데 기존 연료자동차의 생산비용에 비해 추가로 든 비용에 보조금 지급비율을 적용</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기자동차 지원 정책</li> <li>· 국가 보조제도 등</li> <li>· 지방자치단체가 도시내 주행규제 가능한 법률제정</li> <li>· 전력(RWE Energie) : 가격차 보조, 전지 리스</li> </ul>
스위스	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기자동차 지원 정책</li> <li>· 에너지부 : 2010년까지 20만대(전체의 8%)의 Light-weight EV(electric vehicle) 도입</li> <li>- Pilot Development Project 추진(약 900억원)</li> <li>· EV 렌탈(Martigny), 소형 EV 30대 운용</li> <li>· 리조트 EV운용(Zermatt, Sass Fee등 9개소에서 약 880대 이용)</li> </ul>

<표IV-11> 계속

국가별	지원정책
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조세감면 : 천연가스 자동차 구입시 차량 한대당 2,000~3,000\$ 소득세 감면</li> <li>- 에너지법에 의한 AFV(alternative fuel vehicle) 구입의무 부과</li> <li>· 2010년까지 등록대수 전체의 30%(2000년 : 10%)</li> <li>· EV(electric vehicle) 구입비의 10%를 세액 공제(상한 \$4,000/대)</li> <li>- 충전설비비의 감세(상한 \$100,000/기)</li> <li>- 소비세(8%)의 공제, 구입비 보조 : \$5,000/대</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LPG 자동차 구입 및 개조시 보조금 지급, LPG 소비세는 경유의 1/3, 휘발유의 1/4</li> <li>- NGV(Natural Gas Vehicle) Utilization Inquiry Project : 천연가스 차량의 고효율 엔진 개발과 관련된 연구에 소요자금의 1/2 보조</li> <li>- Eco-Station 2000 Plan : 가스 스테이션 설치 보조금 지원</li> <li>- 기존 자동차를 CNG 자동차로 대체시 비용의 1/2 보조</li> <li>- 천연가스 차량 구매시 취득세 감면</li> <li>- 전기자동차 지원정책</li> <li>· EV(electric vehicle) 기존차량 가격차의 1/2이내 보조(2000년 약 40억 보조)</li> <li>· 대상 : 법인 및 영업용 개인 사업자</li> <li>· 취득세 감면(2.7%), 자동차세 감면(50%)</li> <li>· 구입 첫해 30%감가상각 및 7% 법인세 우대 조치</li> <li>· 충전 Station 정비, 신에너지 촉진사업(전기자동차 대량 도입)</li> </ul>

### 3. 자동차 보급정책사례 분석

#### 3-1. 저공해자동차 보급 정책

##### 3-1-1. 연료 관련 세제혜택

저공해자동차를 구입했을 때 연료 관련 세제 혜택은 가솔린이나 디젤 등의 기존연료에 비해 청정 연료의 소비세를 낮게 부과하고 있는데, 연료소비세는 휘발유가 가장 높고 다음으로 무연휘발유, 디젤, LPG, CNG 순으로 낮게 책정되어 있다.

##### 3-1-2. 보조금·용자제도

저공해자동차 구입시 가격차의 일정부분을 중앙정부와 지방자치단체가 공동으로 보조(1/4~3/4 정도)하는 체계가 주류를 이루고 있고, 운행 차량의 개조 또는 입자상물질 저감장치(DPF, 산화촉매장치) 장착의 경우에는 기존 자동차 개조 비용의 일부를 보조하고 있다. 또한 대중교통 사업자나 공공기관인 경우, 저공해자동차 구입가의 일정비율을 지원하고 저공해자동차, 배출기준에 적합한 차량 구입에 대해서도 일반 시중 은행에서는 저리·무이자 제도를 운영하고 있다.

##### 3-1-3. 자동차 관련 세제 혜택

자동차 관련 세제에서는 저공해자동차를 구입했을 때 주로 소득세, 주행세, 취득세 등을 감면하고 있는데 미국은 소득세, 판매세, 소비세를, 일본은 지방세인 자동차취득세, 자동차세, 국세인 소득세, 법인세를, 호주는 자동차등록세, 프랑스는 면허세, 네덜란드는 주행세 등을 감면 또는 면제하고 있다.

자동차 관련 세제 지원을 통해 저공해자동차 보급이 활성화된 도시 사례

는 미국 캘리포니아주 산타클라라(Santa Clara)시이다. 산타클라라(Santa Clara)시는 자동차로 인한 환경오염 저감을 위해 휘발유와 전기를 함께 사용하는 하이브리드(hybrid) 자동차 구매자들에게 각종 세금 감면 혜택을 부여하고 있다. 최근 이러한 시의 노력과 함께 산타 클라라시의 소프트웨어업체인 하이퍼리온(Hyperion)은 하이브리드 자동차를 구매하는 직원에게 일인당 5,000달러씩 지원하는 인센티브 프로그램을 발표하였다. 하이퍼리온사는 미국 내 1,500명 그리고 해외 1,000명의 직원을 고용하고 있는 IT 업체이다. 이 프로그램에 해당되는 자동차는 에너지 효율이 높고 오염이 적은 도요타 자동차의 프리어스(Prius), 혼다 자동차의 인사이트(Insight)와 시빅(Civic)이다.

한편, 자동차 세금에 대해 엄격한 차별화를 통하여 저공해자동차 보급을 유도하는 일례는 일본의 사례가 대표적이다. 연간 CO<sub>2</sub> 배출량의 19%, NOx 배출량의 41%가 자동차에서 배출되는 일본에서는 자동차 배출가스에 의한 대기오염을 방지하기 위해 자동차 세제(차량 취득세 및 자동차세)의 'Green 세제'화를 시행하고 있다. 즉, 저공해차량을 구입·운행할 경우 자동차세금을 감면하고, 환경오염이 큰 차량을 구입할 경우에는 자동차세금을 가중 부과한다. 자동차세의 경우, 저공해차에 대한 감면 폭은 13~50% 수준이지만 차령이 11년 이상인 디젤차, 13년 이상인 가솔린차의 경우 10%의 세금이 가중되어 부과된다. 여기에 차량취득세는 차종에 따라 감면액이 다르지만, 저공해차의 감면 폭이 크며, 배출가스가 최소 규제 값의 1/4 이하인 저공해차량은 향후 2년간 자동차세의 50%가 감면된다.

### 3-2. 저공해자동차 운행관련 규제 대책

#### 3-2-1. 배출허용기준 강화

운행차 배출허용기준 위반 차량에 대해서는 주행을 금지하고 일정 도심



지역내를 운행하는 트럭, 버스 및 디젤 승용차는 NOx 및 입자상 물질의 배출량이 적은 차량에 한하여 주행하도록 규제하고 있다.

### 3-2-2. 저공해자동차 의무제작·구입 의무비율 규정

일정규모 이상의 저공해자동차 제작자에게는 자동차 제조·판매에 대한 의무 비율을 부과하고, 공공기관 및 운수사업자들은 일정비율 이상의 저공해자동차를 확보한다. 향후 저공해차 의무 판매제도를 도입하는 미국의 도시와 주들이 점차 늘어날 전망이다. 로스앤젤레스시를 비롯하여 캘리포니아주에서 자동차를 판매하는 업체들은 2002년 하반기에 시판하는 2003년형 모델부터 저공해차 판매량이 최소한 총 판매량의 10%가 되도록 해야 하며, 이 중 2%는 공해가 전혀 없는 전기자동차를 의무적으로 판매하도록 하였다. 특히 뉴욕주는 저공해차 판매를 장려하기 위해 자동차 제조업체들이 2007년 이전에 저공해차를 생산하여 판매하기 시작하면 2007년에 전기자동차 의무판매를 면제해주는 ‘크레딧 부여(Zero Emission Vehicles Credits)’ 제도를 도입할 예정이다. 예를 들면, 자동차업체가 2002년에 저공해차인 고성능혼합연료차를 1대 팔 경우, 2007년에 12대의 전기자동차를 판매한 것으로 간주해 주는 제도이다.

### 3-3. 저공해자동차 운행을 위한 인프라 구축 지원

저공해자동차의 보급 및 운행을 촉진시키기 위해서는 충전소 시설 설치 등의 인프라 시설에 대한 지원이 절실히 필요하다. 따라서 이 부분에 대한 비용의 일정부분은 중앙 정부나 지방자치단체에서 보조하고 충전소 설치비용에 대한 조세공제와 더불어 저공해자동차 연료공급시설에 대한 다양한 세금감면 혜택이 부여된다. 일례로 미국 로스앤젤레스시에서는 대체연료 자동차 보급을 더욱 활성화하기 위해 연방에너지성에서 주관하는 「청정도

시 프로그램(Clean Cities Program)」의 회원 자격을 향후 5년간 더 연장하는 계획을 발표했다. 시는 그동안 자동차가 유발하는 대기오염을 줄이기 위해 청정연료 자동차의 보급 확산을 추진해왔다. 그 결과 시의 청정연료 자동차는 1996~2001년 사이에 279~807대를 기록해 매년 평균 23% 증가해 왔다. 이에 로스엔젤레스시 환경국은 시민들이 자발적으로 전기·천연가스 등의 대체연료를 사용하는 자동차로 전환하도록 지원하고, 대체연료 자동차 운영을 확산하기 위해 기반시설 구축에 관심을 집중하고 있다. 특히 기반시설인 천연가스·LPG 충전소를 도심과 공항에 설치했으며, 전기 자동차 충전소도 도시 전역에 380개소를 설치했다.

### 3-4. 저공해자동차 운행촉진 인센티브 제공

저공해자동차 운행촉진을 위한 인센티브 제공 방안으로 저공해자동차의 운행시간의 제한을 제외하고 혼잡통행세의 면제 또는 감면과 더불어 공공주차장 및 주차시설 이용 요금의 할인 또는 무료 이용 등을 추진하고 있다. 이러한 인센티브를 통해 저공해자동차 보급이 촉진된 경우는 영국 런던에서 LPG차량 등 ‘친환경 승용차’에 대한 혼잡통행료를 면제한 사례이다. 영국 런던시는 최근 도심을 통과하는 승용차를 대상으로 교통혼잡료 5파운드를 부과하고 있다. 이에 따라 승용차 운전자들에게는 월 100파운드 정도의 추가 비용이 발생하게 되었다. 그런데 이 제도 도입이후 오히려 승용차 판매량이 크게 증가하는 현상이 나타났다. 이는 승용차의 도심통과 억제책에도 불구하고 판매량이 증가하는 원인은 ‘친환경 승용차’에는 혼잡통행료가 부과되지 않기 때문이다. 이에 따라 LPG 전용차와 휘발유 또는 LPG 겸용 승용차의 판매가 급증하였다.

### 3-5. 시민참여 유도

저공해자동차의 보급을 유도하기 위한 다양한 강연회, 저공해자동차의 전시회 및 시승회를 개최하고, 어린이를 대상으로 환경 학습을 운영하는 등 저공해자동차 전시, 모형 제작과 같은 다양한 교육프로그램을 개발하여 시민들의 저공해자동차 운행에 적극적인 참여를 유도한다. 일례로 미국 델라웨어주의 대중교통 운영기관에서는 최근 전기-디젤 하이브리드 버스 2대를 뉴캐슬카운티의 일부 노선에 도입했다. 교통당국은 연료 효율이 기존 버스에 비해 최고 60%까지 높은 이 버스를 도입함으로써 연료비 절감 및 대기오염 배출량 감소에 기여할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한 이 버스의 외관에 주요 관광지의 모습을 담은 우편엽서 모양의 장식을 하여 관광지 홍보 및 버스 승객 유치 효과도 기대하고 있다.

## V. 저공해자동차 보급 방안

### 1. 경제적 유인제도 도입

지금까지 환경의 질을 개선하기 위해 배출허용기준, 환경세, 배출허용권 거래제도, 보조금, 정부의 직접투자, 홍보 및 교육 등 다양한 정책수단들이 사용되고 있다. 과거에는 주로 지시 및 통제방식의 직접 규제가 주를 이루어 왔으나 최근에는 경제적 유인 제공을 통한 간접 규제방식으로 점차 옮겨가고 있는 것이 세계적 추세이다. 후자에 속하는 것으로는 환경세와 배출허용권 거래제도가 대표적인 데, 이러한 제도를 일반적으로 경제적 유인제도(economic incentives) 혹은 경제적 수단(economic instruments)이라 하기도 한다. 하지만 경제적 유인제도의 정의가 무엇인지, 그리고 어떤 정책수단들이 경제적 유인제도에 속하는지는 명확하지 않기 때문에 경제적 유인제도의 개념을 살펴보고 여러 가지 정책수단에 대한 비교분석을 시도하고자 한다.

#### 1-1. 경제적 유인제도의 개념

경제적 유인제도는 전통적인 지시 및 통제 방식의 직접 규제와 대비되는 개념으로 직접 규제가 초래하는 비효율성, 정보수집의 한계 등을 극복할 수 있다는 점에서 부각되는 제도이다. 하지만 다양한 정책수단들을 이 두 가지 범주로 명확하게 구분하고 각각에 대하여 장단점을 평가하는 것은 현실적으로 쉽지 않다. 오히려 경제적 유인제도의 개념 자체가 혼동되어 사용하는 경우가 빈번하기 때문에 경제적 유인제도의 정의를 직접 규제와의 상대적 관점에서 파악하고자 한다.

먼저 ‘경제적’의 의미를 살펴보면, 우리는 일반적으로 화폐적, 금전적이란

느낌을 많이 받는다. 경제적 유인제도에서의 ‘경제적’도 이러한 의미를 포함하는 것으로 이해되기 쉽다. 하지만 어떤 이익이 금전적 형태의 이익을 띠는 것인지를 구분하는 것은 애매할 뿐만 아니라 구분이 필요한지도 확실하지 않다. 예를 들어 경제적 유인제도의 대표적 예로 꼽히고 있는 배출권 거래제도의 경우에도 배출권의 판매에 수반되는 반대급부가 반드시 화폐일 필요는 없다. ‘경제적’이라는 의미를 화폐적, 금전적 성격에 국한한다면 이는 배출권 거래제도를 경제적 유인제도로 분류할 수 없다는 것을 의미하며, 너무 협의로 해석하는 결과가 될 것이다. 경제적 유인제도에서의 ‘경제적’이란 의미를 ‘금전적 및 비금전적 이익 혹은 손해와 관련’되는 넓은 의미로 사용하도록 한다.

다음으로 유인제도의 개념을 살펴보면, 유인(incentive)이란 용어가 뜻하는 바와 같이 유인제도란 ‘어떤 행위를 간접적으로 유도하는 것’의 성격이 강하며, 특정 행위를 강요하고 위반 시 처벌하는 지시 및 통제방식의 직접 규제 수단과는 다름을 뜻한다. 하지만 유인제도와 지시 및 통제방식의 직접 규제사이의 경계도 명확한 것은 아니다. 오히려 두 가지 개념의 차이가 불분명한 경우가 많다. 예를 들어 배출업소에 대한 배출허용기준의 설정과 이에 수반된 지도점검 결과에 따른 벌금부과정책의 경우, 이는 통상적으로 직접규제 수단으로 인식되고 있다. 하지만 다른 각도에서 보면, 이 제도는 지도점검에 따른 벌금부과를 통해 배출허용기준의 준수라는 환경친화적 행위를 유도하고 있는 것으로 해석될 수 있으며, 하나의 경제적 유인책으로 간주할 수도 있는 것이다. 사실상 직접규제로 인식되고 있는 대부분의 정책수단에는 준수에 대한 감시활동과 함께 위반 시에 따르는 벌금 혹은 징역 등 다른 형태의 제재 조항이 결부되어 있으며, 이러한 감시·감독제도는 어떤 의미에서 유인책의 성격을 갖는다.

한편, 경제적 유인제도라고 불리는 환경세나 배출권 거래제도의 경우에도 배출량의 보고활동이나 거래활동에서의 규칙 위반행위에 대한 감시활동과 함께 위반 시 처벌조항이 공존하고 있는 것도 사실이다. 즉, 직접 규제나 경제적 유인제도는 물론 대부분의 정책수단에 있어서 규칙 위반에 대한

감시 및 처벌 조항이 규칙의 준수를 유도하기 위한 유인책 성격으로 항상 존재하는 것이 일반적일 것이다. 따라서 경제적 유인책과 직접 규제를 구분하는 데 있어서 중요한 것은 정해진 규칙의 준수를 유도하는 유인책이 아니라 규칙 그 자체의 성격인 것이다. 즉 법적, 제도적으로 규정하고 있는 경제행위의 규칙 그 자체가 어떤 성격이냐에 따라서 경제적 유인제도와 직접 규제가 구분될 필요가 있다. 이 두 가지 제도를 구분하는 가장 중요한 기준을 경제적 행위의 자율성에 둔다. 즉, 정책수단이 목적하는 바를 달성하기 위해 규제대상의 경제활동을 얼마나 엄격히 제한하는가에 따라 경제적 유인제도와 직접 규제를 구분할 수 있다. 이는 경제활동의 자율성 및 유연성을 보다 넓게 보장하는 정책일수록 경제적 유인제도에 속할 가능성이 크다는 것을 의미한다.

결론적으로, 경제적 유인제도는 규제대상의 오염유발 활동에 대하여 경제적인 다양한 이익 및 부담을 통해 지시 및 통제하는 방식보다는 간접적인 통제방식을 이용하는 규제수단이다. 보다 구체적으로 어떤 정책수단이 다음의 두 가지 기준을 만족할 때 이를 경제적 유인제도로 분류한다. 첫째는 둘 이상의 대안 중에 경제주체의 합법적, 자율적 선택권의 보장되어야 한다는 것이고, 두 번째는 경제주체의 선택이 스스로의 의사결정에 따르는 것으로 자신의 이해득실에 따라 결정되어야 한다는 것이다. 이러한 관점에서 설비 허가 등을 통한 기술규제는 가장 직접적 규제 성격이 큰 규제수단이며, 환경세나 배출권 거래제도는 경제적 유인제도의 성격이 매우 강하다고 할 수 있다. 즉 후자의 경우가 정책수단의 목적인 환경오염의 완화 혹은 오염물질 배출량 삭감을 유도하는데 규제대상 경제행위의 자율성을 보다 폭넓게 보장하며, 이에 대한 선택이 경제적 인센티브에 따라 결정되기 때문이다. 배출허용기준을 통한 규제는 오염을 유발하는 생산 활동에 대한 직접적 개입보다는 최종 배출상태에 대해서만 간섭하지만 업체간 상호조정 등 유연한 대응 가능성을 배제하므로 경제적 유인제도와 직접 규제의 성격을 모두 갖고 있다고 볼 수 있다. 하지만 배출업소가 위법성 없이, 그리고 경제적 인센티브에 따라 결정할 수 있는 선택권은 단지 배출허용기준의 준

수밖에 없다는 점에서는 이를 직접 규제로 분류한다.

한편 교육 및 홍보나 환경마크제도와 같은 정보정책(Information Policy)은 가장 간접적인 형태의 정책수단인데, 이는 경제주체에게 직접적 이익 혹은 손해를 통한 규제라고 보기 어려우므로 경제적 유인제도로 분류하지 않고 단순한 유인정책으로 간주한다. 물론 특정한 환경마크의 획득이 구체적인 이익을 가져다 줄 경우, 이는 경제적 유인제도로 분류될 수 있다. 예를 들면 오염물질의 배출이 일정수준 이하인 자동차에 대하여 환경마크가 부여되고, 이에 따라 세금, 통행료, 주차료 등에 있어서 혜택이 제공된다면 이는 경제적 유인제도로 할 수 있다.

## 1-2. 경제적 유인제도의 유형과 장단점

자동차 공해와 관련된 대표적인 환경정책 수단들을 직접규제 정책과 경제적 유인제도, 그리고 단순한 유인정책의 세 가지로 대분류하여 <표 V-1>에 제시하였다. 직접 규제는 지시 및 통제라 불리기도 하는데, 특정 기술 및 장비의 사용을 의무화하는 형태를 띤다. 이는 경제주체로 하여금 특정한 행위의 선택을 추가적인 보상 없이 강요하는 형태로 나타나는데, 충분한 정보를 바탕으로 효율성과 형평성을 고려한 정교한 의사결정이 뒷받침 되지 않을 경우 경제의 자율성을 침해하고 효율성을 저하시킬 가능성이 크다. 반면에 경제적 유인제도는 경제주체의 행위선택에 따른 이익 혹은 비용의 구조를 변화시킴으로써 사회적 관점에서 바람직한 것으로 판단되는 행위를 자발적으로 선택하도록 유인하는 정책수단이다. 경제적 유인제도의 장점은 정책의 수립과 집행에 필요한 정보 및 행정비용이 직접규제에 비해 상대적으로 작다는 점과 경제주체의 자율성을 보장함으로써 시장의 효율성과 형평성을 증진시킬 수 있다는 점이다.

<표 V-1> 유형별 자동차 공해저감대책

유형	정책대안
직접 규제	제작차 및 운행자 배출가스 허용기준, 제작자 인증, 리콜, 조립라인 및 생산 공정 규제, 연료질 규제, 연비규제, 속도제한, 오염과다 차량 수입제한
경제적 유인제도	연료세, 자동차세, 통행료, 주차료, 보조금, 배출유발권 거래제도, 등급제 및 경보제를 이용한 통행제한, 단속 및 벌금제도 개선 등
정보 및 교육	교육, 훈련, 홍보 및 정보공개(자동차, 타이어, 유류에 대한 환경마크제, 연비등급제, 운전자 교육 등), 자발적 협정

마지막으로 정보 및 교육정책은 경제주체가 의사결정시 고려하는 가치관과 가용 정보를 변화시킴으로써 사회적으로 바람직한 선택을 유도하려는 것이다. 환경의 중요성에 대한 교육을 통해 자동차 구매자가 청정연료 자동차를 구입하도록 촉진한다든지 경유차의 매연배출 수준이 얼마나 높으며 이로 인한 건강피해가 얼마나 심각한가와 관련된 정보를 충분히 제공하는 정책 등이 이에 속한다.

자동차공해를 줄이기 위한 경제적 유인제도로는 연료세, 자동차세, 통행료, 보조금, 오염유발권 거래제도 등이 대표적이다. 통행제한과 같은 정책수단은 직접규제의 특성이 강한 것은 사실이지만 여기서는 경제적 유인제도의 일종으로 분류하였다. 이는 오염 우려지역 혹은 오존 경보지역 등에 대하여 차량의 오염 유발정도에 따라 운행 및 각종 통행세 등을 차별화함으로써 간접적인 형태로 공해저감을 유도할 수 있기 때문이다. 이러한 관점에서 통행제한과 같은 정책수단은 차종별 오염등급 표시제와 같은 정보공개 정책수단과 함께 사용되는 것이 효과적이다. 또한 경제적 유인제도와 상호간의 복합적 사용으로 보다 높은 정책 효과를 거둘 수 있다.

예를 들어 고정세율(자동차세)의 인하와 변동세율(연료세) 인상을 통해 자동차 이용자의 총 부담을 증가시키지 않으면서 공해저감을 유도할 수도 있다. <표 V-2>는 경제적 유인제도의 종류별로 내용과 정책효과를 요약하



고 있으며, <표 V-3>은 각 경제적 유인제도에 대하여 여러 가지 자동차 공해 저감대책에 대한 연계효과를 정리한 것이다.

<표 V-2> 경제적 유인제도의 종류 및 정책효과

종류	내용	정책효과
연료세	청정도에 따른 차등 유류세, 탄소세, 주행세	청정연료 사용촉진, 저공해 자동차 보급 활성화, 교통 및 에너지 수요관리, 자원확보
자동차세	Fee bates, 자동차 청정도 및 연비에 따른 차등과세	저공해자동차 보급 촉진, 교통 및 에너지 수요관리, 자원확보
통행세	혼잡통행료	교통 및 에너지 수요관리, 자원확보
주차료	저공해 차량에 대한 주차료 할인	저공해자동차 보급 촉진, 교통수요관리
보조금	폐차보조금, 저공해자동차 구입 및 전환시 보조금, 대체연료 보급소의 설치 지원, 매연후처리장치 장착보조, 가속상각 기타 세제상혜택	노후/오염과다 차량 교체 촉진, 저공해자동차 보급 활성화, 매연후처리장치 보급 촉진
통행제한	버스 및 저공해자동차에 대한 전용차선제, 오염과다 차량의 통행제한	교통 및 에너지 수요관리, 저공해자동차 보급 촉진
오염유발권 거래제도	제작사에 대한 평균오염률 규제	저공해자동차 보급 촉진
단속 및 벌금 제도 개선	검사 및 단속방법 개선, 벌금제도 개혁	운행자 배출가스 관리 개선

<표 V-3> 경제적 유인제도와 정책대안의 연계효과

구분	저공해 자동차 보급	매연 후처리 장치 보급	노후 차량의 조기 폐차	운행차 배출가스 관리실태 개선	교통 및 에너지 수요 관리	재원 조달 효과
청정도에 따른 차등 유류세	○				◎	+
탄소세					◎	+
주행거리에 따른 도로세			○		◎	+
청정도에 따른 차등 자동차세	◎		○			±
Fee bates제도	◎		○			±
고정세 인하 +변동세 인상	○				◎	±
혼잡통행료	○				◎	+
저공해자동차 주차료 할인	◎		○			-
저공해자동차 전용 차선제	◎				○	±
공해유발자동차 부제 실시	◎	○	○		◎	±
폐차보조금			◎			-
매연여과장치 장착 보조금		◎				-
저공해자동차 가속상각제도	◎					-
제작사에 대한 평균오염률 규제	◎		○			±
검사방법 개선	○		○	◎		-
대체연료 보급소 설치 지원	◎					-
주. ◎ : 효과 강함      ○ : 효과 약함      + : 재정수입효과 ± : 재정중립 혹은 효과 없음      - : 재정지출						

## 2. 국내의 저공해자동차 보급을 위한 가이드라인

### 2-1. 천연가스(CNG) 자동차

#### 2-1-1. 배경 및 문제점

2002 한·일월드컵축구대회 개최를 계기로 월드컵 개최도시 및 수도권을 중심으로 2002년까지 천연가스 자동차 3천대를 보급할 계획이었으며, 2007년까지 월드컵 개최도시와 전국 도시지역의 경유시내버스 2만대를 천연가스 자동차로 전량 교체할 계획을 수립한 바 있다.

이와 관련하여 11톤 CNG 청소차량은 CNG 시내버스 엔진을 사용할 수 있기 때문에 별도로 CNG 엔진을 개발하지 않아도 된다.

천연가스를 이용한 시내버스 보급에서 가장 문제가 되고 있는 것은 충전소의 확보가 어려워 노선버스의 연료 충전에 어려움이 많은 것으로 지적되었다. 뿐만 아니라 천연가스 엔진부품에 대한 국산화율이 낮아 엔진장치가 가격이 고가이며 고압 연료탱크 가격이 차지하는 비율이 높아 다른 기존 연료 자동차에 비하여 차량가격이 매우 고가일 수밖에 없는 문제점을 안고 있다.

위와 같은 이유 등으로 차량 생산대수가 많지 않아 연구투자비의 환수 주기가 길어 생산단가가 매우 비싸다는 것이 현실적인 문제이다..

#### 2-1-2. 가이드라인

천연가스 충전소의 안전성과 천연가스 자동차의 청정성을 지속적으로 시민에게 홍보하여, 천연가스 충전소 설치로 인한 님비현상을 해소하고 천연가스 버스의 운행을 선호하는 분위기가 조성되어야 한다.

천연가스 엔진부품의 국산화율을 높이고 품질향상과 가격인하를 위한 부품개발에 연구비를 투자하여야 한다.

고압연료탱크에 의한 차량가격 상승과 1회 주유로 주행거리의 연장을 위하여 CNG 엔진의 개발을 지원하여야 한다.

자동차 제작사는 수출 등을 통하여 자동차 생산량을 늘리고 부품의 국산화를 촉진시켜 제조단가를 낮추는데 노력하여야 한다.

CNG 자동차 부품의 국산화 및 품질 개선을 통하여 차량 제조 단가를 저감하여 나가야 하며, 산화촉매장치를 부착하여 CO, NMHC 및 메탄을 배출량을 저감시켜야 한다.

## 2-2. 전기자동차/하이브리드 전기자동차

### 2-2-1. 배경 및 문제점

현대자동차에서도 베르나 HEV를 개발하였으며, 카운티버스를 HEV(디젤베이스)를 개발하여 시범운행을 계획하고 있다.

우리나라의 자동차 배출가스 허용기준에 대한 차기 규제가 시작되는 2006년 이후에는 전 세계의 유명 자동차 제작사에서 전기자동차, 연료전지 자동차 및 하이브리드 전기 자동차가 양산체계를 갖추고 본격적으로 판매될 전망이다.

우리나라는 선진 외국과 같이 전기 자동차 의무보급 규정이 없으므로 자동차 제작사가 전기자동차 보급에 대한 구체적인 계획을 수립하기 어렵다.

하이브리드 전기 자동차의 배출허용기준이 제작차 배출가스 허용 기준에 설정되어 있으나 휘발유 또는 가스사용 자동차 배출가스 허용 기준과 같은 수준으로 규제하고 있기 때문에 보다 더 저공해 자동차 보급을 유도하기 어렵다.

## 2-2-2. 가이드라인

전기자동차의 보급을 촉진시키기 위해서는 「대기환경보전법」에 전기자동차 의무보급 규정이 마련되어야 한다. 뿐만 아니라 보다 엄격한 하이브리드 전기자동차의 배출허용기준이 설정되어야 한다.

전기자동차, 연료전지자동차 및 하이브리드 전기자동차에 대한 고품질, 저가자동차를 생산할 수 있도록 정부의 예산지원에 의한 연구개발 투자가 지속적으로 이루어 져야 한다.

전기자동차, 연료전지자동차 및 하이브리드 전기자동차의 보급을 촉진시키기 위하여 시범프로그램을 실시하여 이들 자동차의 확대 보급시 야기될 수 있는 제반 문제점을 도출하여 보완하고 보급을 촉진시킬 수 있는 인센티브 제도를 도입하여야 한다.

무·저공해자동차의 시범사업과 시범사업에 대한 객관적인 평가를 수행할 수 있는 위원회를 설립, 운영하여야 한다.

## 2-3. LPG 자동차

### 2-3-1. 배경 및 문제점

민간지원으로 설립된 'LP가스엔진연구사업단'이 대형 경유자동차를 LPG 액체연료분사방식(LPLi)으로 개발하여 11리터급 대형 LPG엔진을 개발하였으며 소형승합차 및 소형트럭도 액체연료분사 방식의 엔진으로 개발하여 시범 운영을 하고 있다.

운행하고 있는 경유자동차를 LPG연료엔진으로 개조(Retrofit)하여 재활용품 수거용 1톤 트럭 106대와 2.5톤 청소트럭 6대가 운행되고 있으며 5톤 청소트럭도 LPG엔진이 개발된 상태이다.

휘발유자동차는 2003년부터 LEV(low emission vehicle) 수준으로 규제가

강화되었으나 LPG자동차는 TLEV(temporary low emission vehicle) 수준으로 규제가 강화되어 2005년까지 믹서식 LPG엔진이 사용될 전망으로 믹서식 LPG 엔진에 대한 문제점이 해결되지 못하고 있다.

LPG 공급회사 및 연구기관에서 LPG 액체연료분사방식(LPLi)의 전자식 연료분사방식의 저공해 LPG엔진(EURO 4 기준 만족)을 개발하였으나 자동차 제작사에서 대량생산을 위한 제품개발이 미진하여 2006년에 저공해 LPG자동차의 보급이 불투명하다.

LPG 자동차도 CNG 자동차와 마찬가지로 출력과 연비의 향상을 목적으로 대형 자동차에 대해서는 희박연소방식의 엔진을 사용함으로 질소산화물의 저감에는 한계가 있다.

## 2-3-2. 가이드라인

휘발유자동차의 배출허용기준이 2003년에 LEV(low emission vehicle) 수준, 2006년에 ULEV(ultra low emission vehicle) 수준으로 규제가 강화되므로 휘발유자동차의 보급이 가능한 차종, 즉 소형자동차에 대해서는 LPG 자동차(전자식)의 보급을 촉진하기 위한 연료가격 정책을 제외한 세제 혜택 등 특별한 지원정책을 추진할 필요는 없을 것으로 사료된다.

경유자동차로 보급되는 차종 중에 중대형자동차에 대해서는 연료가격 정책과 더불어 세제혜택은 물론 구입가격 차이에 대한 보조 등 인센티브 정책을 추진함으로써 경유자동차를 저공해 LPG자동차로 대체해 나가도록 해야 한다.

LPG 자동차는 CNG자동차에 비하여 연료보급을 위한 충전시설이 전국적으로 비교적 잘 갖추어져 있기 때문에 마을버스와 2.5톤~5톤급 청소차량을 LPG자동차로 대체하는 정책을 추진하는 방안을 검토하여야 한다.

운행 중인 경유자동차의 엔진을 LPG엔진으로 개조할 수 있도록 제반 지원정책과 더불어 제도적인 보완이 이루어져야 한다.

## 2-4. DPF(Diesel Particulate Filter)의 보급

### 2-4-1. 배경 및 문제점

경유자동차는 휘발유나 LPG자동차에 비하여 출력이 높고, 연비가 좋으며, 유지보수가 용이하다는 장점이 있어 미세먼지(매연)와 질소산화물이 많이 배출되며 소음과 진동이 휘발유자동차에 비하여 심함에도 불구하고 유지비가 적게 들기 때문에 소비자들이 선호하고 있다.

특히 대형 버스나 트럭은 장기간 사용하기 때문에 배출가스 규제를 강화한다 하더라도 강화된 규제를 만족시키는 자동차로 전체 차량이 대체되기에 장기간이 소요되므로 도로에서 운행되는 전체 자동차 중 엄격한 배출가스 규제를 적용하는 자동차나 CNG, LPG 등 저공해자동차로 대체되는 자동차의 수는 많지 않을 수 있다.

미국 및 일본 등 대기오염이 심한 일부 도시에서 본격적으로 입자상물질 저감장치(DPF) 부착을 추진하고 있으나 각 국에서 사용하고 있는 자동차의 특성 배출가스 규제정도 및 주행조건에 따라 입자상물질 저감장치(DPF)의 성능이 상이하기 때문에 수도권에서 입자상물질 저감장치(DPF)를 운행차에 부착하기 위해서는 시범운행 및 평가 사업이 선행되어야 하나 이에 대하여 아직까지 본격적인 시범운행사업이 추진되고 있지 않다.

축매식 연속재생 입자상물질 저감장치(DPF)를 상용하기 위해서는 초저황 경유(30ppm이하)가 보급되어야 하나 경유자동차 배출허용기준이 EURO 4 수준으로 강화되는 2005년 이후에 초저황 경유의 보급을 계획하고 있으므로 시범운행 등을 거쳐 부착할 수 있는 가능성은 높다고 본다..

### 2-4-2. 가이드라인

현재 정부 프로젝트에 의하여 입자상물질 저감장치(DPF)에 대한 평가 사업이 진행되고 있으나 이는 현행 기술 수준의 평가에 주안점을 두고 있

으므로, 이 평가사업의 결과에 따라 본격적인 시범사업 및 평가 사업이 추진되어야 한다.

입자상물질 저감장치(DPF)의 성능 향상과 부품의 국산화율 제고를 위하여 정부 예산지원에 의한 연구가 추진되어야 한다.

운행중인 자동차에 입자상물질 저감장치(DPF) 부착을 촉진시키기 위해서는 운행중인 경유자동차 배출허용기준을 적절히 강화하고 엄격한 배출가스 검사와 더불어 검사에 불합격한 자동차에 대하여 입자상물질 저감장치(DPF) 장치의 부착을 유도해 나가야 하며, 이때에는 장치가격에 대한 예산 보조 등 정부에서 지원정책을 추진할 필요가 있다.

입자상물질 저감장치(DPF) 장치는 현재 미국 등에서 내구성이 입증된 촉매식 연속재생방식의 입자상물질 저감장치(DPF)를 우선하여 부착하고 전기히터식이나 버너식과 같은 강제재생방식의 입자상물질 저감장치(DPF)는 충분한 시험을 거쳐 내구성이 입증된 후에 사용되어야 할 것이다.

DOC(diesel oxidation catalyzer)는 SOF(soluble organic fraction)의 저감에 의해 입자상물질이 저감되는 것이므로, 정밀검사에서 매연이 불합격된 경유자동차의 매연을 저감시키기 위해서는 사용할 수 없다. 그러므로 DOC는 소형 경유승합차 등에 부착을 유도하여 인체에 유해한 물질로 구성된 SOF의 저감과 휘발성유기화합물(VOCs) 및 악취물질의 제거를 목적으로 부착하여야 한다.

## 2-5. 운행 중인 휘발유 및 LPG 자동차의 삼원촉매장치 교환

### 2-5-1. 배경 및 문제점

휘발유자동차나 LPG자동차에 부착한 삼원촉매장치는 배출가스 보증기간 내에서 성능을 발휘하여 배출가스 규제를 만족할 수 있도록 제작되었다.

현행 우리나라의 승용차 일일 평균 주행거리를 감안 할 때에 휘발유 자



동차는 4년 정도, LPG 택시는 1.5년이면 배출가스 보증기간을 초과하게 된다.

휘발유자동차나 LPG자동차의 장기간 사용에 의해 삼원촉매장치가 노후화 되었을 때 삼원촉매장치의 교체와 배출가스 관련부품의 교환 및 엔진의 조정에 의하여 배출가스를 50%이상 저감시킬 수 있다.

현행 운행차 배출가스 정밀검사 규정에 의하면 2003년까지는 비사업용 승용자동차가 정밀검사를 받아야 하는 차는 차령 12년이 경과한 자동차이며, 2004년부터는 차령 7년이 경과한 자동차로 규정하고 있다. 일반 자가용 승용차가 12년을 사용하게 되면 최소 20만km 이상을 사용한 자동차로서 삼원촉매장치만을 교환한다 하더라도 배출가스 저감효과를 크게 기대하기 어렵다.

현재의 운행차 배출가스 관리방법은 배출가스 검사방법 및 절차만을 강화하였을 뿐 정밀검사에 불합격된 자동차의 올바른 정비방법 및 절차에 대하여는 규제하고 있지 않기 때문에 부당한 방법에 의하여 자동차를 조작하고 검사를 받아 합격한다 하더라도 아무런 제재조치가 없어 검사에 불합격한 후 고가의 삼원촉매장치를 교환할지가 의문이다.

삼원촉매장치 등 배출가스 관련부품의 교환은 제작사의 순정품을 사용하여 함으로 가격이 고가이다. 특히, 삼원촉매장치와 같이 고가인 부품에 대하여는 교환부품에 대한 품질기준을 정하여 교환부품용으로 시중에 보급되어야 하나 아직 이러한 제도가 마련되어 있지 않다.

## 2-5-2. 가이드라인

운행차 배출가스 정밀검사 대상차량의 차령을 합리적으로 조정하여야 한다. 정밀검사 대상차량은 배출가스 보증기간을 감안하여 정하여야 하며, 비사업용 자동차인 경우 삼원촉매장치 교환주기를 차령 4년이 경과한 자동차로 하는 것이 적당하다. 다만, 2000년 10월부터 휘발유 및 LPG승용차는 배출가스 보증기간이 10년 또는 16만km로 연장되었으므로 2000년 10월 이후에 생산 판매된 자동차는 정밀검사 대상차량의 차령을 6년 정도로 연장할

수 있을 것이다.

현행 대기환경보전법 및 시행규칙을 개정하여 정밀검사 뿐만 아니라 정밀검사 대상차량의 검사전 정비와 검사 불합격차량에 대한 정비가 필요하다. 이를 위해 이들 정비업체의 시설장비 기준, 정비기술요원의 자격과 정비 절차와 방법에 관한 구체적인 규정을 마련해야 한다. 이를 토대로 검사에 불합격 판정을 받은 자동차에 대해 부당한 방법에 의한 정비로 검사만 통과하면 된다는 생각과 경로를 차단함으로써 삼원촉매장치를 교환하여 배출가스 저감효과를 높여야 한다.

정밀검사시 불합격된 자동차가 일반정비만으로는 검사에 합격할 수 없을 때 일반정비와 함께 삼원촉매장치 및 배출가스 관련부품 교환에 필요한 정비비용 삼원촉매장치의 규격의 설정과 규격품의 관리를 위한 성능검사 방법 등을 정하여 규격품이 시중에 보급될 수 있도록 제도적인 조치가 필요하다.

## 2-6. 노후 차량의 조기 폐차 유도

### 2-6-1. 배경 및 문제점

자동차의 최초 구입가격이 높고, 자동차의 품질이 향상되고 있을 뿐만 아니라 일일 주행거리가 점차 줄어들고 있는 등의 이유로 자동차의 수명이 길어지고 있어 향후에는 10년 이상 사용하는 자동차의 보유비율이 높아질 것으로 예측되고 있다.

오늘날에는 자동차의 배출가스 규제가 3~6년 주기로 50%정도씩 강화되고 있는 추세이므로 6~10년 정도 사용한 자동차는 현행 자동차의 배출가스 규제에 비하여 75%정도 오염물질이 더 많이 배출된다고 볼 수 있다.

1998년 이전에 판매된 자동차를 1993년 규제 기준에 만족하는 자동차로 교체할 때 입자상물질(PM) 89%와 질소산화물(NOx) 55%를 저감할 수 있으며, 2005년 규제 기준을 만족하는 자동차로 교체시 입자상물질(PM)

98%, 질소산화물(NOx) 68%를 저감할 수 있다. 이와 같이 10년 이상 경과된 노후차량의 조기 폐차 유도는 실질적인 대기오염물질 저감에 아주 유효한 정책으로 볼 수 있다.

노후차량의 조기폐차유도는 엄격한 정밀검사에 의하여 오염물질 과다차량을 불합격조치하고 정비 및 후처리장치 부착 등의 조치에도 불구하고 규제 기준을 만족시킬 수 없을 뿐만 아니라 정비비용이 과다하게 소요되어 폐차할 수밖에 없는 자동차가 대상이 되나 이러한 자동차는 일반적으로 저소득자의 생계수단으로 이용되는 자동차가 많아 이런 차량을 폐차하는 경우 신차 구입비 보조 등의 혜택을 주지 않으면 불만의 소지가 높다.

## 2-6-2. 가이드라인

배출가스 정밀검사에 의한 불합격차량의 정밀정비(삼원촉매 교환 또는 입자상물질 저감장치(DPF) 부착 포함)에도 불구하고 규제 기준을 만족하지 못하거나 정밀정비에 따른 비용이 고가인 경우에는 자동차의 폐차를 유도한다.

폐차 대상자동차의 신차 구입비용의 일부 보조 및 세제혜택 등 인센티브를 제공한다.

## VI. 제주도내 저공해자동차 보급 방안

### 1. 저공해연료자동차의 보급 단계

저공해자동차의 특성(대기오염물질 배출특성, 경제성, 연료 수급성, 안전성, 기술성)과 자동차로 인한 대기오염 현황에 비추어 볼 때, 향후 제주도내에서 보급 가능한 저공해자동차는 질소산화물(NOx)과 입자상물질(PM; particulate matter), 광화학반응성 탄화수소의 배출저감에 효과가 있는 CNG, LPG, 메탄올, 하이브리드(전기)자동차, 연료전지자동차를 고려하는 것이 타당하다고 판단된다.

저공해자동차는 하나의 특정 저공해자동차만을 지정하여 보급하는 것보다는 몇 개의 가능한 저공해자동차를 차종에 맞게 보급하는 것이 기술의 다변화와 국제적인 추세에도 합당할 것이다. 물론, 초기의 보급전략에 있어서는 기술개발의 현황과 연료 수급 상태 및 도민 정서 등을 고려하여 단계별 우선순위를 정하며, 보급정도(대수)는 저공해자동차 각각의 기술개발 상황에 따라 제주도와 국내 제작사의 협의에 의해 추진하는 것이 바람직하다.

현재 국내 제작사의 기술개발 동향과 연료의 수급 측면을 고려할 때에 보급전망이 가장 밝은 저공해자동차는 천연가스(CNG) 자동차와 LPG자동차이며, 향후 기술개발을 강화하여 보급이 가능하도록 노력해야 할 자동차는 하이브리드(전기)자동차라고 판단된다. 현재 LPG자동차는 이미 제주도내에 상당수가 보급되어 있는 자동차로서 현재의 보급상 문제점을 보완하여 확대, 추진할 필요가 있다. 이와 같이 다양한 관점에서 검토한 결과, 저공해자동차의 보급단계를 다음의 <표 VI-1>과 같이 제안하고자 한다.

<표 VI-1> 단계별 저공해자동차 보급 순위

보급단계	저공해 자동차
1단계	LPG 자동차, CNG 자동차
2단계	하이브리드(전기)자동차
3단계	연료전지자동차

특히 LPG자동차는 CNG자동차와 비교해 안전성의 우려가 지적되고 있는 현 상황을 고려하여 용량이 큰 차량보다는 현재와 같이 소형 경유 차량과 택시를 대상으로, CNG자동차는 대형 디젤 차량 등을 대상으로 보급하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## 2. 보급촉진을 위한 전략

제주도내에 저공해자동차 보급을 촉진하기 위한 전략을 다음과 같이 제시하고자 한다.

### 2-1. 1단계(저공해자동차의 시범운행을 위한 관련 법규 제정)

우선 정부가 보급이 가능한 저공해자동차에 대한 지정 제도를 마련하는 것이 선행되어야 한다. 그리고 자동차 제작사로 하여금 저공해자동차 의무보급 규정을 마련하여, 제작사로 하여금 저공해 자동차 개발에 주력할 수 있는 제도적 장치를 마련하여야 한다.

이에 따라 제주도내에서는 저공해자동차의 시범운행시기에 맞추어 이에

대한 법제도 개편과 더불어 자동차 배출가스 등에 대한 직접 규제 정책과 경제적 유인제도를 함께 도입하여 저공해자동차의 보급 촉진 환경을 조성한다. 아울러 국내 저공해자동차 개발 기술을 향상시키기 위해서는 시범운행이 필수적이며, 시범운행을 통하여 타당성이 입증되어야 할 것이다. 섬이라는 특수성 등을 고려하여 중앙정부에서 제주지역을 저공해 자동차 보급 시범지역으로 지정하여 각종 인센티브를 부여하는 것이 바람직하다.

## 2-2. 2단계(초기 저공해자동차 보급시장 구축)

제주도의 저공해자동차 시장 규모는 전국에 비해 매우 작기 때문에 먼저 정부가 자동차 제작사와의 사전 협의함으로써 초기 저공해자동차 시장 형성의 가능성을 제시하는 것이 중요하다. 따라서 제주도 내에서 저공해자동차의 보급을 촉진시키기 위해서는 중앙 정부와 타 지방과의 연계 및 저공해자동차 보급을 위한 인프라 구축 등에 대한 중앙 정부의 지원이 필수적이다. 뿐만 아니라 자동차 배출허용기준을 위반한 차량에 대해 보다 강력한 제재조치가 수반되어야 할 것이다. 또한 이런 토대를 바탕으로 제주도 내에서 저공해자동차 보급을 위한 초기단계로 저공해자동차 시범운행의 효과를 높이기 위해 저공해 자동차 구입차량 보급계획이 수립되어야 한다. 이에 따라 다음과 같이 구입차량과 대체 차량의 우선순위를 제안하고자 한다.

### ○ 구입 차량 우선순위

구입차량은 다음과 같이 공공기관의 업무용 차량을 우선으로 한다.

- 중앙정부(출장소 또는 제주지부) 차량
- 제주도 및 지방자치단체 차량
- 저공해연료 제조 및 판매 회사 차량
- 자동차 등록대수가 많은 제주시내 20-30대 이상의 차량을 보유한 회사 차량

○ 대체 차종 우선순위

- 경유 차량

제주도내 자동차 대기오염의 특성상 2단계에 제시한 우선순위 차량 중 대형버스, 공해 단속차, 우편물 배달차, 공항 순환버스, 청소용 차량, 업무용 소형 경유차 등 경유 차량을 대체할 자동차를 우선 구입한다. 특히, 비교적 주행거리가 길지 않고 일정거리를 계속 순환하는 차량이나 차고지가 한 곳에 집중되어 연료의 공급이 용이한 차종을 우선으로 한다. 특히 소형 경유차는 현재 정부의 추진계획에 따라 LPG자동차로 대체하고 대형경유차는 CNG자동차로 대체하도록 유도한다.

- 휘발유 차량

앞서 경유 차량에서 제안한 구입 우선순위 차량 중 공공기관 업무용으로 사용되고 있는 휘발유 차량은 우선 LPG, CNG 등의 연료를 사용하는 저공해자동차로 대체하도록 한다.

**2-3. 3단계(자동차 공해정보 제공으로 보급 활성화)**

저공해자동차 보급 촉진 2단계를 통하여 관용차량 등 특정 대상 차량을 저공해자동차로 우선 대체함으로써 초기 저공해자동차 보급시장 형성의 가능성을 제시하고 일반인에게 시범운행의 효과를 홍보한 후에는 저공해자동차 기반시설 구축 현황에 따라 일반인에게 보급을 확대하도록 유도한다.

일반인을 대상으로 환경의 중요성에 대한 교육을 통해 저공해자동차 구매를 유도 한다든지, 경유 차량의 매연 배출수준에 따른 건강피해의 심각성 등의 정보를 충분히 제공할 수 있는 도민 홍보 및 교육프로그램을 개발하여 차량 구매자로 하여금 바람직한 선택을 유도한다.

## 2. 보급촉진을 위한 인센티브

저공해자동차는 일반 자동차에 비하여 자동차 가격이 고가이고 연료공급 등 기반시설이 휘발유자동차나 경유자동차에 비하여 매우 부족한 실정이다. 그러므로 자동차 제작사가 저공해자동차를 제작하고 일반 소비자들이 저공해자동차를 구매할 수 있도록 일정한 인센티브가 주어지지 않으면 저공해자동차 보급은 결코 쉽지 않다.

저공해자동차의 보급과 제작을 촉진시키기 위한 인센티브를 제공하기 위해서는 먼저 정부 또는 제주도가 저공해자동차 지정제도를 마련하는 등 저공해자동차에 대한 기준을 명확하게 제시해야 한다. 이를 토대로 저공해자동차 인증 스티커를 제작, 발부하고 이 스티커가 부착, 등록된 차량에 한하여 주차료, 자동차세 등의 다양한 인센티브를 부여한다. 여기에 부여되는 각종 제반 혜택과 그 정도는 경제성 평가 등 전문가의 검토를 거쳐 시행되어야 하지만, 여기에서는 저공해자동차의 보급을 촉진하기 위해 일반적으로 고려할 수 있는 주요 지원 정책을 몇 가지 제시하고자 한다.

### ○ LPG/CNG자동차

- LPG/CNG에 대한 소비세를 휘발유나 경유보다 낮게 책정하여 연료비 부담에 대한 경쟁력 확보
- LPG/CNG자동차 구매시 보조금 지급 및 용자제도 시행
- LPG/CNG자동차 구매시 소비세 감면
- LPG/CNG자동차 구매시 취득세 감면
- LPG/CNG 충전소 설치시 보조금 지급
- LPG차량으로 개조시 보조금 지급
- 공영주차장 주차료 할인 및 면제 등

### ○ 하이브리드(전기)자동차

- 하이브리드(전기) 자동차 구매시 보조금 지급 및 용자제도 시행



- 하이브리드(전기) 자동차 구매시 취득세 면제
- 하이브리드(전기) 자동차 보유시 자동차세 감면
- 충전설비의 감세
- 공영주차장 주차료 할인 및 면제 등

### 3. 도민참여 유도

저공해자동차의 보급을 유도하기 위한 다양한 강연회, 저공해자동차의 전시회 및 시승회를 개최하고, 어린이를 대상으로 환경 학습을 운영하는 등 저공해자동차 전시, 모형 제작과 같은 다양한 교육프로그램을 개발하여 도민들의 저공해자동차 운행에 적극적인 참여를 유도한다.

## 참고문헌

1. 국립환경연구원, 도시지역 대기질 개선에 관한 연구, 1991
2. 편집부, 저공해자동차 기술, 산업기술정보원, 1992
3. 김은태, 우리나라의 저공해 자동차 개발 동향, 자동차공학회지, Vol. 16, No. 4, 1994
4. 국립환경연구원, 대기질 개선을 위한 운행차 배출가스 규제 강화방안 연구, 1996
5. 한국환경기술개발원, 저공해연료자동차 보급 활성화 방안 연구, 1996
6. 한국환경정책평가연구원, 자동차 공해저감대책의 비용효과 분석 및 경제적 유인제도 적용방안, 1997
7. (사단법인)자동차환경센터, 저공해자동차 보급 촉진 방안, 2002
8. 환경부, 친환경적 자동차 배출가스 등급 분류 및 세제 개편방안 연구, 2002
9. 차재호외, 에너지총설(하), 한국에너지정보센터, 2003
11. 국립환경연구원, 자동차 오염물질 배출계수 산정에 관한 연구(1, 2), 2003/2004
12. 환경부, 수도권 지역 배출총량관리제 추진방안, 2004
13. 환경부, 환경통계연감, 2005
14. 국립환경과학원, 국가 대기오염물질 배출량-연도별 배출량 추이 [1999-2003년]-, 2005
15. 김운수, 서울시 저공해자동차의 운행촉진을 위한 기반조성 및 지원방향, 서울시정개발연구원, 2005
16. 제주도, 주요 행정총람, 2005
17. 정용일, 저공해자동차 기술개발 현황, 한국기계연구원, 2005
18. The Automobile NOx Reduction Law and the Relevant Air Pollution Control Measures in Japan, 1993, Environment Agency Government of Japan

19. OECD, Control of Emission from Heavy-Duty Vehicles, OECD Environment Monographs No. 5, 1993
20. CFR, Clean Fuels Report, Comprehensive Coverage of Business, Government and Technology Issues for Transportation Fuels, J.E. Sinor Consultant Inc., 1995
21. US DOE, Hybrid Electric Vehicle, 1995

---

## 참여연구진

---

연구책임자	김태운	제주발전연구원 연구실장
공동연구자	박원배	제주발전연구원 연구위원
	박용이	제주산업정보대 교수

---