

# 엔진배출가스 측정기술의 동향

## Trend of Emission Measurement Technologies



이 성 육 / 국민대학교  
Seang Wock Lee / Kookmin University

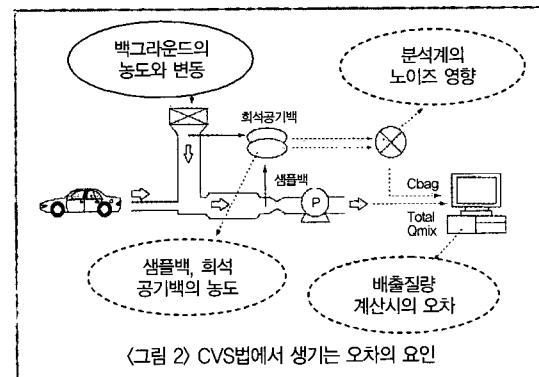
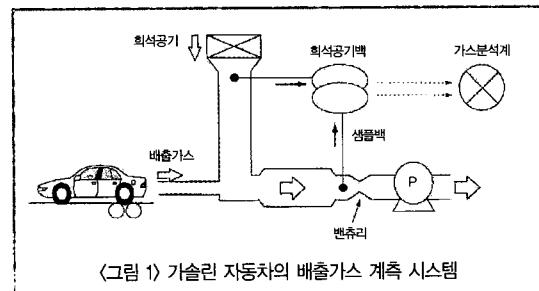
### 머리말

자동차의 배출가스규제는 파워트레인 기술뿐만 아니라 최근에는 계측기술에까지 많은 영향을 주고 있다. 그 예로서 가솔린자동차의 배출가스중의 오염물질 농도는 대기중 기준성분 농도와의 차가 거의 없을 정도로 향상되어 이를 정확히 계측하는 것이 어렵게 되었고 또한 디젤자동차로부터의 입자상물질 역시 큰 폭으로 저감됨으로써 고도의 정밀계측을 해야하는 어려운 점 등을 들 수 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 새로운 계측법들이 고안되고 있으나 각기 다른 방식을 채용하고 있는 미국, 유럽, 일본에서는 이들 방법의 타당성에 관해 현재까지도 활발히 논의되고 있다. 본고에서는 이와 같이 전환기에 있는 배출가스 계측기술에 대해 일본을 중심으로 그 동향을 살펴보도록 한다.

### 1. 가솔린 자동차의 배출가스계측과 문제점

#### 1.1 가솔린자동차의 기본 계측법

〈그림 1〉에 전형적인 가솔린 자동차의 배출가스계측 시스템을 나타내고 있다. 새시다이나모상에서 과도모드운전을 행하고 그 배출가스 전량을 CVS(Constant Volume Sampler) 장치로 유도한 후 일정유량의 공기



로 희석시켜 그 일부를 백에 샘플링하는 방법을 채용하고 있다. 모드 종료 후, 백에 평균화 된 가스중 규제성분의 농도, 밀도, 희석 배출가스의 전유량으로부터 규제물질의 배출질량을 구한다. 이 CVS백 계측법은 세계 각국의 규제법에 채용되어 오랜 기간에 걸쳐 세계표준

으로서 운용되어 왔다.

그러나 이 계측법은 배출가스가 상당히 다량 배출되던 약 30년 전에 규정된 것으로 현재와 같이 배출가스가 저농도인 자동차에 적용하기에는 모순점이 있다. 즉 규제가 강화되고 있는 과정에 있어 계측법을 검토하지 않고 규제치만을 강화해 왔기 때문에 문제가 되고 있는 것이다. <그림 2>에 저농도 계측에 있어서 CVS법의 문제점을 정리하였다. 이 중에서 대기와 동일 레벨, 또는 그 이하의 농도를 가진 배출가스를 계측할 때는 대기중의 기존 성분 농도가 계측정도를 크게 저하시키는 문제점이 지적되고 있다. 이로 인해 본 계측법은 희석가스 중 규제대상 가스성분은 포함되지 않았다는 가정하에 엔진은 언제나 이론공연비에서 연소하고 있다는 전제로 배출가스 질량을 산출하고 있다. 그러나 배출가스가 청정해짐에 따라 대기중의 규제가스농도, 예를 들면 대기중에 존재하는 탄화수소 농도를 무시할 수 없게 되었다. 또한 현행의 엔진이 반드시 이론공연비에서 연소하고 있다고 할 수 없기 때문에 상술한 전제 조건이 만족될 수 없고 경우에 따라서는 수십 %의 오차가 생기기도 한다.

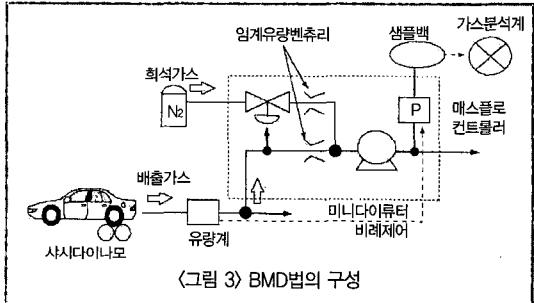
## 1.2 대체계측법의 검토

이와 같은 문제들을 방지하는 것은 바람직하지 않으므로 각국에서는 측정장치 및 시험법을 개량해 계측오차를 줄이고자 하는 움직임이 진행되고 있다. 다음에 열거하는 3가지 방법이 현재 실용화되고 있다.

- BMD법 : 배출가스의 일부분을 채취하여 합성공기 등 청정한 가스로 희석한다.
- 가열 CVS법 : 대기중 성분의 영향을 줄이기 위해 CVS장치의 온도를 높여 희석률을 낮춘다.
- 공기 정제법 : 기본적으로는 종래 CVS법을 그대로 이용하나 희석가스가 되는 대유량의 공기를 정제함으로써 대기중 성분의 영향을 없앤다.

여기서 짚고 넘어가야 할 점은 이들 방법이 다른 지

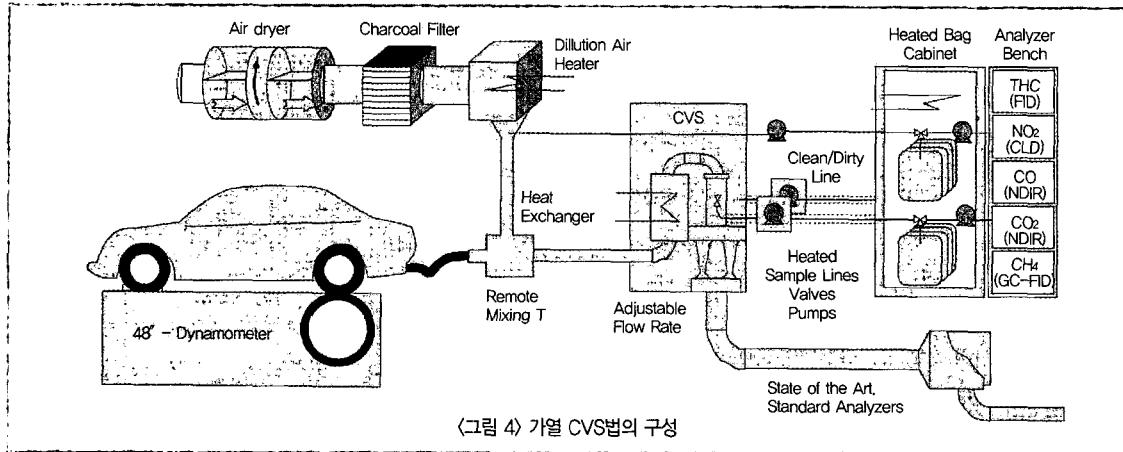
역(위에서부터 미국, 유럽, 일본)에서 개발 실용화되어 각 지역에서 사실상의 표준법으로 되어 있다는 것이다. 각 지역에서는 다른지역의 측정방법에 대해 흥미를 나타내고는 있으나 측정방법의 정도와 정확성에 대해서는 각자 채택한 방법으로 충분하다고 주장들을 하고 있으나 지면상 여기서는 일본에서 채택한 방법을 중심으로 그 동향을 소개하도록 한다.



<그림 3> BMD법의 구성

## 1.3 일본에서의 방법

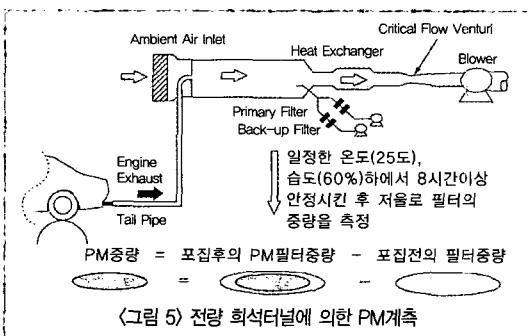
일본에서는 계측 정도의 향상을 위해 여러가지 방법이 고안되어 왔으나 현재 가장 효과적인 방법으로 여겨지고 있는 것이 희석공기를 정제하여 종래 CVS장치로 보내는 방법이다. 통상 대기가 아닌 규제가스 성분을 제거한 정제된 공기에서 배출가스를 희석함으로써 대기중 성분의 영향을 없애는 것이 가능하다. 일본에서는 미국이 주장하는 BMD법을 제작하여 평가한 사례, 가열 CVS를 채용한 사례가 있기는 하나 전체적으로 희석 공기 정제법을 채용한 곳이 많다. 여러가지 방법을 비교한 결과 본 연구가 EPA가 규정하는 계측법을 충실히 따르고 있는 점, BMD법과 같이 복잡한 제어를 필요로 하지 않고 컨셉트가 단순하다는 점이 평가되었다고 할 수 있다. 단지 이 장치는 대유량의 공기를 전기적으로 가열하여야 하고 촉매정제, 냉각 등을 하여야 하기 때문에 큰 공간을 필요로 하고 따라서 기존 실험장치에 추가적으로 설치하는 것이 곤란하다는 단점이 있다. 미국 및 유럽에서는 이러한 문제점을 지적하고 있다.



## 2. 디젤자동차의 배출가스 계측방법

### 2.1 디젤자동차의 기본 계측법

디젤자동차 계측의 특징으로는 가솔린자동차와 같은 가스성분 규제에 덧붙여 입자상물질(PM)의 규제가 있다는 점이다. 이 PM계측법도 EPA의 규정에 명기되어 있는 전량회석 터널을 사용한 필터질량법이 세계 표준으로 되어왔다. <그림 5>에 전량 회석터널의 구성도를 나타내었다. 본 방식은 배출가스의 전량을 터널이라고 불리우는 원통관 안에 통과시켜 공기로 일정 유량으로 회석하여 규정온도 이하로 냉각한다. 그 후 일부의 가스를 필터로 빼내어 이 필터상에 포집된 PM을 그 질량으로 규제하고 있다.



최근에는 가솔린 자동차의 경우와 마찬가지로 PM의 배출규제에 관해서도 계측법을 재검토하지 않은채 엄격한 규제치만을 적용하여 여러 문제가 생기게 되었다. 그 예로서 2007년에 예정되어 있는 미국 EPA규제치의 경우, 약 200mg의 채취필터상에 만약 0.2mg의 PM이 포집된다면 이는 규제치를 벗어난다는 계산이 되어 전체의 1/1000 이하의 질량차를 정확하게 측정하는 것이 요구되고 있다. 이는 대기의 습도변화에 의해서도 필터의 질량이 변하기 때문에 PM측정치에 영향을 줄 정도로 어려운 계측이라고 할 수 있다. 또한 상당히 미세한 입자는 인체의 폐속 깊숙히 진입하기 쉬워 건강에의 영향이 우려되고 있어 입자경도 계측하는 방법으로 PM을 규제해야 한다는 의견도 나오고 있다. 입자경에 관해서는 지금까지 많은 계측장치가 개발되어 왔으나 인증시험에 사용가능한 안정된 계측은 아직 실현되고 있지 않다. 이 입자경의 문제를 포함해 질량규제 방법을 변경한다면 어떤 방법이 좋은가 등에 대해서 아직까지 논의되고 있는 상황이다.

### 2.2 계측법 개량의 동향

2007년부터 미국 EPA는 종래의 필터 질량법의 채취부 온도 및 필터의 취급방법 등 세부항목을 규정하여

보다 정확하게 계측할 수 있도록 EPA 2007년 계측법을 명확히 하였다.

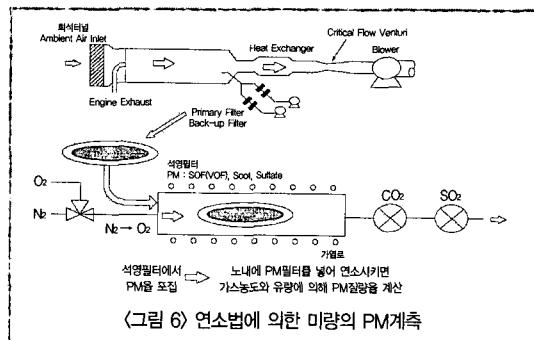
한편 국가연합의 (배출가스 전문 분과회)에서는 유럽, 우리나라, 일본이 참가하는 PMP(PM Program)가 발족되어 PM의 계측방법에 관한 연구가 국가적 프로그램으로서 실시될 예정에 있다. <표 1>에 PM계측법의 목적, 각종 방법 등 검토중인 항목을 정리해 놓았다. 현재 무슨 목적으로 무엇을 계측하는가라는 기본적인 문제가 아직 명확하게 정해지지는 않았으나 지금까지 진행되어온 일본내의 동향에 대해서 정리하였다.

<표 1> PM계측법의 목적과 각종 방법

• 계측장치 - Gravimetric - SMPS - ELP - LII - DC - PAS - DMS - CPS - TEOM - QCM - Enhanced Gravimetric	• 샘플링장치 - CVS법 - 터널법 - 직접법 - 고배율 희석법 - TD부착 - 간이 희석법	• 계측목적 - 인증시험 - 개발, 연구시험 - 사용중인 자동차의 검사
건강영향		
• 희석조건 - 희석률 - 희석온도	• 무슨 목적으로 무엇을 계측하나? • 건강에 영향을 미치는가	

### 2.3 일본의 동향

PM계측에 대한 문제제기의 시기는 미국이나 유럽보다 늦었으나 입자수를 계측하고자 하는 PMP 등의 움직임에 발빠르게 호응해 일본국내에서도 동종의 계측기에 의한 평가가 활발히 진행되고 있다. 단지 일본 특유의 진중함, 또는 근면성으로 인해 현재는 도로상에서 주행중 배출되는 PM의 성장과정을 연구하고 이를 실험실에서 재현한 후에 계측방법을 확립하기 위한 기초 연구를 중심적으로 진행되고 있다. 또한 종래의 필터질량법에 의한 계측법의 정확도 향상 시험도 실시되고 있다. <그림 6>에 필터상에 걸려낸 PM을 연소시켜 세계 최소 레벨의 PM질량측정이 가능한 장치 역시 일본에



<그림 6> 연소법에 의한 미량의 PM계측

서 개발되었다. 이와 같은 배경에서 입자수의 계측을 연구의 도구로 사용한다 하더라도 규제치는 역시 필터 채집량으로 해야한다는 의견이 많다. 또한 일본에서는 최근 전강문제와 관련된 공해소송과 동경 도지사의 주장 등으로 인해 PM문제가 크게 대두되고 있기 때문에 더욱 진보된 환경규제를 실행하도록 하자는 소리도 있으나 대응할 만한 계측법이 확립되지 않는 이상 진행이 어렵고 이러한 점에서 새로운 계측법이 시급히 개발되어져야 할 것이다.

### 마무리

이상으로 가솔린자동차와 디젤자동차에서의 계측방법에 대해 일본의 동향을 살펴보았다. 세계 각 지역의 방법은 각각 일장일단이 있으며 어느 방법이 좋은가 간단히 결론을 낼 수는 없으나 규제에 관련한 계측법이 크게 3극으로 나뉘어져 각각의 기술, 장치의 우위성을 주장하는 모습이 바람직하다고는 할 수 없다. 향후 누가 어디서 계측을 하더라도 동일한 결과 값이 얻어질 수 있도록 통일된 방법을 확립할 수 있도록 하는 것이 바람직하다고 할 수 있을 것이다.

(이성욱 편집위원 : energy@kookmin.ac.kr)

### 관련자료



1. www.uscar.org/ERC/BMDreport
2. 일본자동차기술 Vol.58, Jan., 2004