

배기처리 시스템에 대하여 Concerning the Emission Control System

李 成 烈
(成均館大學校 教授)

1. 머리말

오늘날 자동차 배기의 대기오염공해는 큰 사회 문제가 되어있으며 선진제국은 이미 오래전부터 배기정화를 시작하여 상당한 성과를 거두고 있으나 우리나라는 지금이 시작이 아닌가 생각된다. 배기정화는 자동차관계자가 해결해야 할 가장 큰과제의 하나일 것이다. 자동차의 원동기로서 피스톤식 내연기관을 사용하는 한 최종적으로는 어떻게 하든간에 배기처리를 할 필요가 있다.

따라서 배기처리방법의 성공의 여부는 자동차용 내연기관의 운명이 걸려있다고도 할 수 있다.

이러한 시점에 있어서 다른 사람들이 해온 배기처리방법을 고찰해 보는 것도 결코 무의미한 것이 아니라 생각되기에 저자는 약 10년전에 발족한 일본자동차연구소 (JARI: JAPAN AUTOMOBILE RESEARCH INSTITUT) 에서 시험제작을 하여 중점적으로 배기정화의 연구를 해온 배기의 완전무해화장치 (JAPECS; JARI Perfect Emission Control System) 를 소개하고 이것에 대한 고찰을 하고자 한다.

JAPECS의 시험제작연구의 목적은 단지 자동차배기의 완전무해화장치의 시험제작에 있는 것이 아니고 이 연구를 추진함으로써

- ① 내연기관의 배기정화의 궁극적인 가능성을 추구할 수 있는 것과
- ② 각 단계의 배기규제에 대처할 수 있는 가장 효과적이고 실용적인 배기처리장치의 개발을 위한 기술적인 검토가 될 수 있는 것으로 되어있다.

이 JAPECS project에서는 현재 사용되고 있는 모든 종류의 자동차엔진의 배기정화를 목표로 하고 있고 최초의 2년은 기초적인 검토에 중점을 두고 그 후는 실용화에 중점을 두고 있다.

2. 엔진의 종류와 배기성분

엔진의 종류에 대한 배기성분이 충분히 파악된 이후에야 비로소 적합한 배기처리방법이 안출될 것이므로 그림 1에 자동차용 각종 내연기관의 배기성분을 나타낸다. (JARI의 실험결과) 이것은 자동차마다 샤시디어나모미터에서 정상적인 운전 상태에서 측정한 것이다.

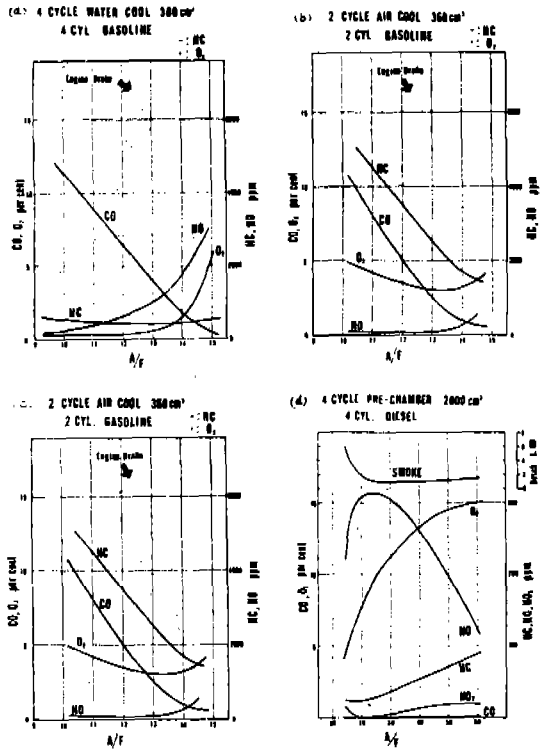


그림 1 각종 내연기관의 공기연료비와 배기성분

각종엔진의 배기가스의 경향이 다른 것이 확실하며 그림 1 (a)는 4사이클 가솔린기관의 경우이

며 통상 볼 수 있는 그림이지만 특히 이 경우 O₂ 량에 주의해야 할 것이다. 이론공기연료비이하에서도 항상 0.4% 정도의 O₂가 존재하고 있다. 이것은 배기처리방법을 결정하는 경우 중요한 요소가 될 것이다.

또한 배기중에 다량의 HC가 존재하고 있다. 배기처리를 하는 경우 미연배기성분은 당연히 연소시켜야 할 것이기 때문에 다량의 열을 발생하므로 장치의 내열성을 정하는 지표가 된다.

그림 1 (b)는 2사이클 가솔린기관의 예이다. 4사이클 가솔린기관에 비하여 HC와 O₂가 전반적으로 많고 NO가 적은 것이 특징이다.

그림 1 (c)는 Rotary Engine의 경우이다. HC와 O₂가 비교적 많고, NO는 4사이클 가솔린기관과 2사이클가솔린기관의 중간정도인 것이 특징이다. 그러나 공기연료비와 O₂ 량과의 관계는 4사이클가솔린기관에 가깝다.

그림 1 (d)는 4사이클 예연소실식 디젤 기관의 예이다. 이 경우 NO농도가 적는데 이것은 소형엔진이기 때문이다. 배기중에 다량의 O₂가 존재하고 CO, HC는 이것에 비하여 매우 적다. HC는 lean mixture로 됨에 따라 점차 증가하고 있다.

그림 1에 표시하는 배기성분과 그 이외에 각종 배기성분을 표 1에 나타낸다. 표 1의 제 1단은 무해가스이고 제 2단은 유해가스이다. 엔진의 종류에 의한 이상과 같은 배기의 여러 특성은 배기처리방식을 결정하는데 있어서 기초적인 조건이 된다.

3. 배기처리 방법

배기처리는 표 1의 제 2단에 표시하는 유해물질을 완전히 제거 또는 무해화하는 것을 목표로 해야 하기 때문에

- ① 각종 유해성분의 처리방법에 대한 개발연구
- ② 각종 엔진의 배기대책에 유효한 처리시스템의 개발연구
- ③ 그 장치를 최적제어를 할 수 있도록하는 조정방법의 개발연구

등이 필요하게 될 것이다.

표 2에 일반적으로 고려되는 유해성분의처리방법

	GASOLINE ENGINE			DIESEL ENGINE
	4 CYCLE	2 CYCLE	ROTARY	
N ₂	h	h	h	h
O ₂	i	h	h	i
CO ₂	m	h	h	h
H ₂ O	h	h	h	h
CO	h	h	h	i
HC	m	h	h	i
NO _x	h	i	i	m
SO _x	o	o	o	h
LEAD COMPOUND	h	h	h (a)	o
SOOT*	i	i	i	h
OH MIST*	i	h	m	i
ODOR	m	h	m	h

o: particulate
h: high
m: medium
i: low
o: zero

표 1 배기 방출 농도

법을 나타낸다. 이들 처리방법은 실험에 의하여 최적치에 접근해야 할 것이다. 또한 표 2에 들은 이외의 방법도 여러가지 생각되지만 이들에 대해서는 조사연구를 할 필요가 있다.

Pollutant	Control method
CO, HC	Thermal reactor After burner Catalyst converter
NO _x	Catalyst converter Adsorption or Absorption Exhaust recirculation Water injection
SO _x	Desulfured fuel —H ₂ SO ₄ —Alkali neutralization
Particulate	Centrifugal separation (Cyclone, Voltex tube etc.) Water injection (Venturi scrubber) Filter Electro-static precipitation Stick elimination
Odor	Oxidation Active charcoal adsorption

표 2. 배기 성분과 그 처리방법

다음에 JARI에서 시행해온 배기처리시스템을 소개하고자 한다. 이들 시스템을 그림 2에 나타낸다.

이들 시스템은 그림 1 및 표 1의 각종 처리방법의 특징으로 부터 각각의 처리방식을 유기적으로 결합하여 각종 엔진의 배기처리에 유효한 시스템으로 짜여져 있다.

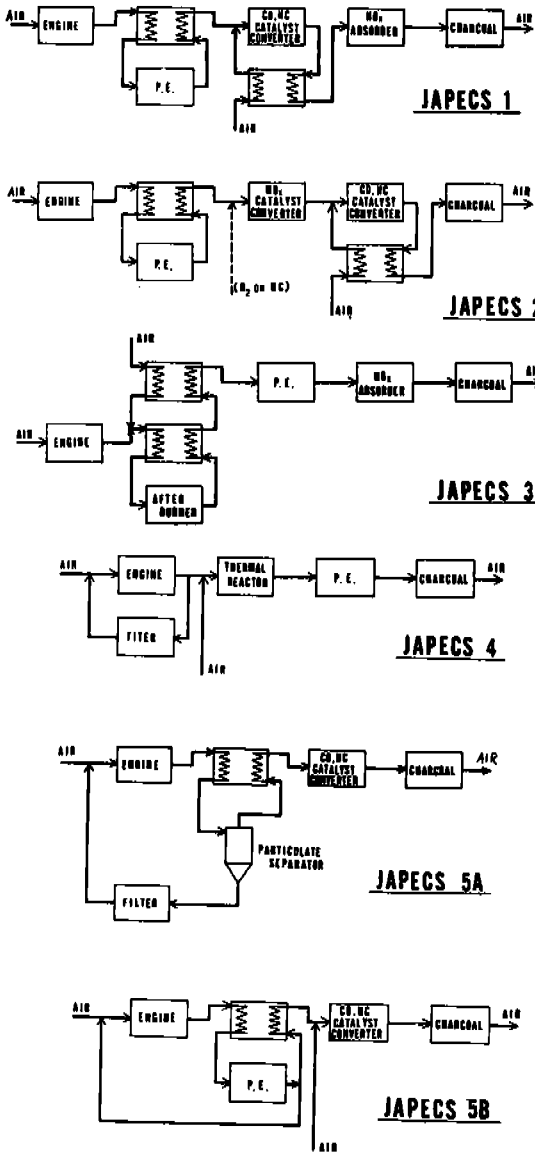


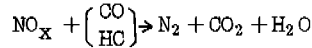
그림 2 각종 엔진의 배기처리 시스템

JAPECS 1은 NOx Absorbtor가 가능한 경우의 예이다. 즉 particulate (연 화합물 포함)를 최초로 제거하고 CO, HC산화용의 촉매 Converter를 통과하여 다음에 NOx를 흡수시킨다. 일반적으로 P.E. (Particulate Eliminator)는 저온에서 유효하므로 P.E.에 들어가는 가스와의 P.E.로부터 나가는 가스사이에서 열교환을 하는 것이 좋을 것이다. 또한 CO, HC 촉매 Con-

verter에서 발생한 열을 2차공기 가열에 이용함과 동시에 NOx Absorbtor에 들어가는 가스의 온도를 저하시킨다.

JAPECS 1은 주로 각종 가솔린기관의 배기처리를 대상으로 하고 있는데 실용적인 NOx Absorbtor의 개발이 문제가 될 것이다.

JAPECS 2는 2 Stage 방식이며 NOx촉매 Converter 앞의 H₂ 또는 HC의 첨가를 하지않는 경우에는 엔진은 rich mixture로 운전하며 1st Stage에 있어서



의 반응에 의하여 NOx를 완전히 제거하는데 충분한 CO 또는 HC가 공급되도록 할 필요가 있다. 또한 lean mixture에서 운전할 때는 H₂ 또는 HC 첨가를 적극적으로 할 필요가 있으며 이 첨가량의 조절이 완전히 되면 CO, HC 촉매 converter는 작동시키지 않아도 좋을 것이다.

JAPECS 2의 성공의 여부는 성능이 좋은 NOx 촉매의 개발에 있다고 할 수 있다. JAPECS 2의 경우에는 배기중에 O₂가 적을 것이 중요하며 따라서 4 사이클가솔린기관에 가장 적합하고 rotary engine에도 유효하다고 생각된다.

JAPECS 3은 배기중에 CO, HC 등의 가연성분이 많고 또한 O₂도 많은 경우에 유효하다. 그러므로 2 사이클가솔린엔진에 적합하다고 할 수 있다. 이 경우에는 afterburner 이후에도 배기중에 O₂가 많이 포함되므로 NOx 제거에는 Absorbtor를 사용하거나, JAPECS 4와 같이 배기재순환을 사용해도 좋을 것이다.

JAPECS 4에서는 기관의 운전조건에 합치된 (배기성분에 따른) 2차 공기량 및 배기재순환량의 조절이 기관 및 시스템의 성능향상에 중요한 요소로 된다.

JAPECS 5A는 디젤기관의 완전무해화에 유효할 것이다. 이 방식의 특징은 Particulate의 분리부분과 집진부분을 분리한 것이며 필터부분에서 탄소를 일정기간마다 필터의 교환으로 제거할 수 있는 처리가 간단하다. 디젤기관의 경

우에는 배기중에 충분한 O_2 가 포함되므로 2차 공기의 주입은 불필요하다.

JAPCECS 5B는 5A의 modification의 1에 이지만 이 경우에는 주로 가솔린기관을 대상으로 하고 있다.

이상과 같은 그림 2는 JAPCECS의 기본형의 예이지만 실용에 있어서는 배기규제치나 기관쪽의 대책등을 감안하여 각종의 modification이 고려될 수 있을 것이다.

화학플랜트에 비하여 배기처리시스템의 어려운 점은 처리가스의 온도, 성분 및 용적이 자동차의 운전조건 및 대기조건에 따라 넓은 범위에 걸쳐 변화하는 것에 있다.

그림 2에는 시스템의 각 부분에 있어서의 온도, 성분 및 유량 (또는 압력)의 조정에 대한 기록이 없는데 실제에는 기관의 운전조건에 대하여 항상 시스템이 정상으로 작동되도록 이들을 조정할 필요가 있다.

배기처리방법을 포함하여 배기정화를 하는 데 있어서주의할 것은 기관의 동력성능을 되도록 손상시키지 않도록 하는 것이다. 동력성능의 유지와 효과적인 배기처리를 달성하기 위해서는 기관

성능을 충분히 고려한 위에서의 배기처리시스템의 온도, 성분, 용적 조정이 필요하다.

4. 끝 맺음

이상에서 기술한 바와같이 합리적인 배기처리시스템은 기본적인 문제로서 자동차의 각 운전조건에 있어서의 배기성분이 명확히 되어야만 그것에 따라서 처리될 수 있는 시스템이 이루어질 것이다.

또한 이러한 시스템의 실용에 있어서는

- ① 배기처리의 각 부분의 성능 및 내구성향상의 문제가 따르며
- ② 각종 처리방법의 재검토 및
- ③ 기관의 성능을 고려한 배기처리시스템의 최적조정의 문제

등이 있다.

자동차공업 및 내연기관공학에 종사하는 분들에게 약간의 참고가 되었으면 하는 심정에서 JAPCECS를 중심으로 소개하였지만, 배기정화를 위해서는 자동차 및 그 관련업계, 학계 및 연구기관의 적극적인 협력이 필요하며 따라서 배기정화장치의 개발을 위한 위 3가지 유기적인 연구체계의 확립을 통감하는 바이다.