

自動車 公害 및 그 對策

Automotive pollution & its control strategy

장 익 순*
Ik Soon Chang

1. 概 要

大氣汚染의 歷史는 産業의 發展과 그 맥락을 같이 한다. 自動車가 대기오염의 한 Source로 注目을 받기 시작한것은 1940년대초 LA의 극심한 Smog 발생의 原因을 찾으면서 부터이며, 1950년대에 와서 Haagen Smit博士에 의해 Photo Smog의 Mechanism이 解析되면서 Smog를 誘發하는 HC, NO_x는 自動車 排出 Gas가 50% 이상을, 有害한 CO는 90% 이상을 寄與한다는 것이 判明되어, 1965년 美國 California州에서 自動車에 대한 排出 Gas規制가 最初로 시작되었다.

自動車 排出 Gas로서 規制對象은 HC(炭化水素), CO, NO_x(窒素酸化物)이며, 엔진 Crankcase Emission(Blow-by Gas), Tail pipe로부터 排出되는 Exhaust Emission, 그리고 燃料 Tank, 氣化器등의 燃料系로부터 排出되는 Evaporative Emission에서의 HC, CO, NO_x各 上限値를 規制하고 있다.

2. 排出 Gas의 發生過程

2-1 HC

光化學的으로 不活性인 無害한 Metane과 活性인 Olefin類, Aromatic類등 넓은 範圍

가 포함되어 있으나 分離가 困難하므로 HC 總量으로 規制하고 있다. 自動車에서 排出되는 HC全體의 55%가 Tailpipe로부터, 25%가 Blow-by Gas, 20%가 燃料의 蒸發損失로 나누어지며 다음과 같은 여러 HC 生成因者가 있다.

- (a) 失火(Misfire) : 過濃, 過希薄混合氣에서 일어나기 쉬우며, Engine Cold時등 燃料의 蒸發이 不完全한 경우에도 일어나기 쉽다. 또한 EGR 過多時와, 殘留 Gas 濃度가 높은 경우의 運轉時에 일어나기 쉽다.*¹
- (b) Quench : 燃燒室의 壁面부근에서는 消炎作用으로 火炎이 傳播되지 않고 Cylinder 表面에 未燃燒 HC層을 形成한다. 이層을 Wall quench Layer라 부르며 HC發生의 主된 原因이 된다.*^{2,3} 또한 Top piston land Piston Top Ring과 Cylinder Wall사이의 間隙으로 形成되는 燃燒室 Crevice에도 火炎이 完全하게 전달되지 못하므로 HC發生의 原因이 된다.
- (c) 위 (a), (b)외에 吸排氣 Valve의 Overlap時에 吸入混合氣의 일부가 未燃 HC로 배출되기도 하며, HC가 燃燒室에서 배출되는 過程을 Tabaczynski, Heywood *⁴ 등이 明確하게 밝힌바 있다.

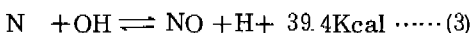
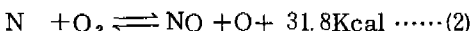
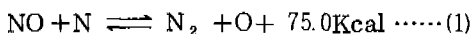
* 현대자동차 기술연구소 엔진연구부

2-2 CO

理論上 CO는 理論空燃比에서는 存在하지 않지만, 실제로는 理論空燃比보다 希薄한 空燃比에서도 存在한다. 그 理由는 CO₂ 熱解離로 生成된 CO의 酸化反應이 膨脹行程中 凍結(freeze)되기 때문이며,*5 quenched HC의 局部的酸化 및 排氣系에서 HC가 局部的으로 酸化할때에도 CO가 發生되는데 CO酸化反應은 HC酸化에 要求되는 溫度보다 더 높은 溫度가 必要하다. 그리고 실제의 多氣筒 Engine에 있어서는 混合氣의 氣化霧化의 程度, 氣筒間의 空燃比 變移(cylinder to cylinder A/F variation) 및 每 燃燒間의 空燃比 變移(cycle to cycle A/F variation)에 의한 混合氣 分配(Mixture distribution) 問題가 CO 發生의 原因이 된다.

2-3 NOx

NOx는 NO, NO₂, N₂O 등 9種類의 窒素 氧化物의 總稱이다. Engine에서 排出되는 NOx의 약 99%가 NO이고 약 1%가 NO₂이며 NO의 生成에 關與하는 大表的인 反應式은,



등이 알려져 있다. 式(1), (2)는 Zeldovich 機構, 그위에 (3)式을 더한것을 擴大 Zeldovich 機構라 부른다.*6 NO 生成에 影響을 끼치는 因子는 주로 溫度와 當量比 및 反應時間이며, 1,700℃ 以下에서는 NO 生成速度는 현저히 낮다.*7 NO의 生成은 反應時間에 따라 다르나 理論空燃比 또는 그보다 希薄한 쪽에서 最大로 된다.

Engine에 있어서는 溫度가 급격히 上昇, 下降하므로 生成, 分解反應이 平衡에 달하지 못하고 膨脹行程의 도중에서 反應이 凍結된 그대로 NO가 排出된다.*8.

3. 各國의 排出 Gas 規制 現況과 推移

3-1 美 國

美國에 있어서 自動車 排出 Gas 規制는 1965년 California州에서 最初로 始行된데 이어, 1968년 부터는 Federal 49州에서도 실시되는 등, 世界의 先頭를 지켜왔다. 1970년 大氣淨化法(Clean Air Act)에서는 HC 및 CO를 1975년까지 1970年 水準의 90%를 각각 減少시키고, 1976년에는 NOx를 90% 減少시키기로 하였으나 技術的인 어려움 및 Oil Shock로 인하여 1977年 大氣 淨化改正法(Clean Air Act Amendments)에 의해 規制 실시가 延期 緩和되었으며, 1981년부터 乘用車의 CO, HC 規制가 간신히 最終目標值로 되었으나, NOx에 대해서는 當初의 規制가 變更되어 現在에는 1.0g/mile의 規制가 適用되고 있다(表1).

表 1 美國의 排出 Gas 規制

| 년 도 | EXHAUST EMISSION (g/mile) | | | | | |
|-------|---------------------------|-----|-------|---------|------|-----|
| | CALIFORNIA | | | FEDERAL | | |
| | HC | CO | NOx | HC | CO | NOx |
| 규제이전 | 8.8 | 87 | 3.6 | 8.8 | 87 | 3.6 |
| 70 | 4.1 | 34 | — | 4.1 | 34 | — |
| 75-76 | 0.9 | 9.0 | 2.0 | 1.5 | 15.0 | 3.1 |
| 77-79 | 0.41 | 9.0 | 1.5 | 1.5 | 15.0 | 2.0 |
| 80 | 0.41 | 9.0 | 1.0 | 0.41 | 7.0 | 2.0 |
| 81-86 | 0.41 | 7.0 | 0.7 | 0.41 | 3.4 | 1.0 |
| (89) | 0.41 | 7.0 | (0.4) | 0.41 | 3.4 | 1.0 |
| 당초목표 | 0.41 | 3.4 | 0.4 | 0.41 | 3.4 | 0.4 |

주 : 75년 이전은 현 시험방법으로 환산한 값임.

3-2 Europe

Europe은 1970年 3月 Europe 經濟委員會(ECE)에서 Gasoline車에 대한 排出 Gas 規制(ECE NO. 15)가 制定되어 CO와 HC에 대해 規制를 시작하였다.

이후 Diesel 排氣 黑煙, Blow by Gas 規制가 追加되어 1981年 9月에는 ECE NO. 15

가 04 規制로 強化되는 것이 決定되었다. 이 規制는 美國의 1972 年 規制에 相當하는 level의 것이나 實施時期는 各國의 判斷에 맡겨져 있다. 가장 빠른 나라에서는 1982 年 10 月 부터 適用되어 現在에 이르나, 1986 年에 05 規制로서 더욱 強化하는 것이 提案되어져 있는 狀態이며, 西獨은 1987 年 부터 美國 Federal 規制水準으로 強化하여 실시할 豫定이다.

3-3 日 本

日本에 있어서의 自動車 排出 Gas 規制는 1966 年 부터 CO 濃度에 대한 規制가 시작되었고, 1973 年 부터 본격적인 排出 Gas 重量에 대한 規制가 실시되었다. 배출 Gas 試驗法은 10 Mode 라는 方法을 獨自적으로 採擇하였으나 規制値는 美國의 1970 年 大氣淨化法에서 設定한 目標 規制値를 그대로 踏躰하여, 1978 年度 最終目標 規制値를 達成하여 現在에 이르고 있다(表 2).

表 2 日本의 排出 Gas 規制

| 년 도 | EXHAUST EMISSION (g/km) | | |
|------|-------------------------|------|------|
| | HC | CO | NOx |
| 1973 | 3.8 | 26.0 | 3.0 |
| 1975 | 0.39 | 2.7 | 1.6 |
| 1978 | 0.39 | 2.7 | 0.48 |

3-4 國內 및 기타 地域

國內에서도 1981 年 부터 自動車 排出 Gas 規制가 실시되었는데 日本의 10 Mode 를 그대로 踏躰하였고, 1984 年에 日本 1973 年 規制水準을 1 次 強化 水準(現 Europe 水準과 同等)으로 실시중이나 87 年 7 月 부터 現在의 美國 Federal 規制水準으로의 強化를 決定한 바 있다.

Canada, Australia, Sweden 및 Swiss 등은 美國 規制方式에 의해 自動車 排出 Gas 規制를 실시하고 있으며, 規制水準은 國內 및 Europe 보다 엄격한 水準이다.

그중 Canada 는 87 年 9 月 以後 現 美國

Federal 規制 水準으로 強化 實施豫定에 있다.

4. 排出 Gas 試驗法

自動車 排出 Gas 規制는 規制値와 試驗法을 定하여 실시되는 것이다. 表 3 에 現在 排出 Gas 規制가 실시되고 있는 國家들의 排出 Gas 試驗法을 보인다.

試驗法은 다음의 運轉 Mode, 分析法, 試驗 裝置등으로 이루어진다.

表 3 各國의 排出 Gas 試驗法

| NODE | 세 용 국 가 | 시험법 | CYCLE | | | | 총 CYCLE 수 |
|-------------|--------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-------------|-------------|---------------------|
| | | | 시 간 (SEC) | 주행거리 (km) | 평균속도 (km/h) | 최고속도 (km/h) | |
| 10 MODE | 일 본 국 내 | HOT | 135 | 0.664 | 17.7 | 40 | 6 (Cycle은 측정 제외) |
| 11 MODE | 일 본 | COLD | 120 | 1.021 | 29.1 | 60 | 4 |
| LA-4 MODE | 미 국 | CANADA AUSTRALIA & 國 내 (장내) | 2,477 | 17.05 (11.1 mile) | 31.5 | 91 | 1 |
| LA-4 MODE | SWEDEN SWISS | SWEDEN SWISS | 1,372 | 12.07 (7.5 mile) | 31.5 | 91 | 1 |
| ECE 15 MODE | ECE 各 國 | COLD | 195 | 1.013 | 18.7 | 50 | 4 |

4-1 運轉 Mode

運轉 Mode는 各 國家 및 地域의 大氣汚染을 가장 效果的으로 改善하기 위하여 都市內에서의 交通 實態調査를 基礎로 統計의 處理를 하여 大表的인 Mode로 設定되어 있다.

이 運轉 Mode에는 加·減速 등 Transient 한 運轉狀態를 包含하며 大表的으로 使用되는 여러 Mode를 Fig. 1 에 보인다.

4-2 試驗裝置

자동차의 排出 Gas 試驗裝置는 다음과 같이 構成되어 있다(Fig. 2).

- (a) Chassis Dynamometer : 試驗車輛의 Road 上에서의 走行條件을 再現시키기 위한 裝置로 走行 抵抗 및 慣性(Inertia)을 Chassis Dynamometer 위에서 再現시킨다.
- (b) Sampler : 試驗車輛에서 試驗中 排出되는 Gas를 採取하는 裝置이며, Sampling 方法에는 CVS (Constant Volume Sampling),

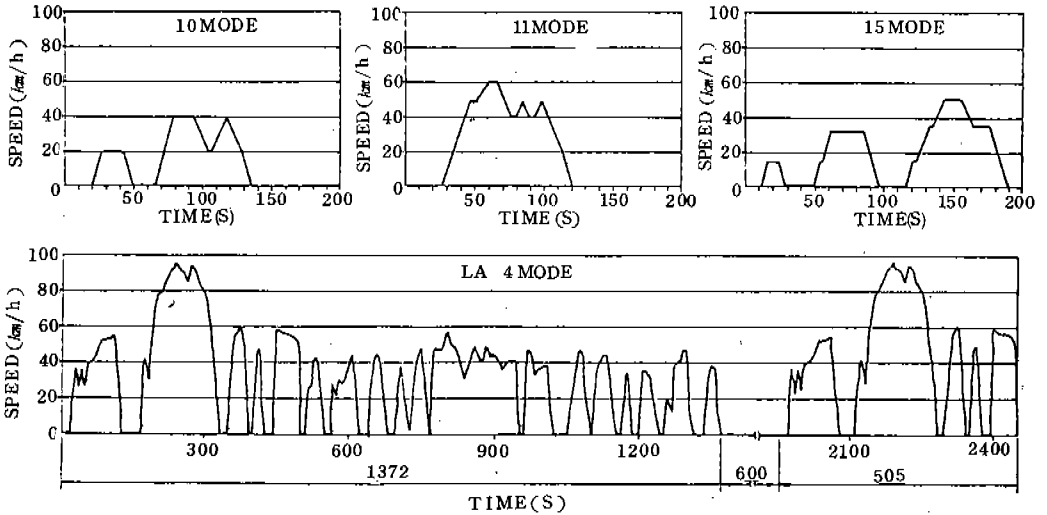


Fig 1. 各國의 運轉 Mode

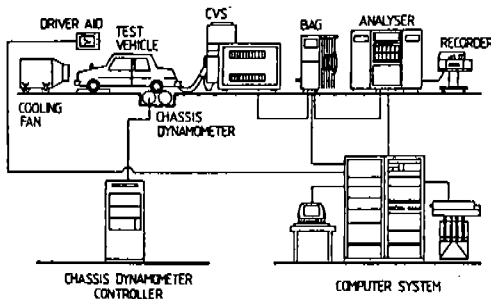


Fig 2. 排氣 Gas 試驗裝置

Total Bag Sampling, Direct Sampling 의 3 가지가 있다.*9 CVS 법은 Tailpipe에서 나온 排氣 Gas를 空氣로 希釋시켜, 全流量을 항상 一定하게 維持시키면서 大氣로 放出시키는 동안 希釋된 排氣 Gas의 一部 一定量을 Bag에 捕集하는 方法으로 現在 排氣 Gas試驗時 사용되는 Sampling 方法은 CVS를 주로 사용한다. Total Bag Sampling은 과거 Europe에서 사용되던 方法으로 Tailpipe에서 나온 排氣 Gas의 全量을 Bag에 捕集하는 方法이고, Direct Sampling은 排氣 Gas를 직접 Sampling하여 連續的으로 測定할때 사용되며 Chassis Dynamometer 上에서 뿐만아니라 Engine

Dynamometer 上에서의 Engine 單體 試驗時에도 사용된다.

(c) Emission Analysis System : Sample 로 採取된 排氣 Gas Sample에 存在하는 排氣 Gas의 性分을 分析하는 裝置로 NDIR 分析計, FID 分析計 및 CLD 分析計등이 사용된다.

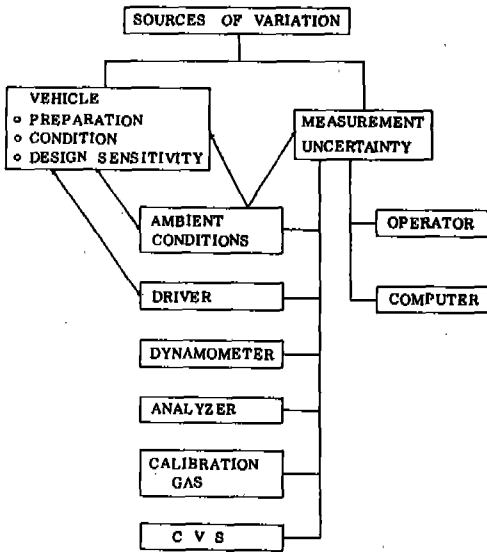
NDIR (Non-Dispersive Infrared) 分析計는 測定하고자 하는 性分에 赤外線을 通過시킬때 각 性分에 따른 특정 Spectrum이 吸收되어 Energy를 잃는다는 原理를 利用한 것으로 CO, CO₂ 分析에 사용되며, FID (Flame Ionization Detector) 分析計는 水素 불꽃을 炭化水素 化合物에 가할때 炭化水素 化合物은 炭素數에 比例하여 Ion化된다는 原理를 利用한 것으로 -HC 分析에 사용된다. 또한 CLD (Chemi-Luminescent Detector)는 NO와 Ozone을 反應시켰을때 光(Photon)이 發生된다는 原理를 이용한 것으로 NO_x 分析에 사용된다.

(d) Evaporative Emission Test 裝置 : 密閉된 空間에 車輛을 넣어 一定時間동안 車輛 全體에서 蒸發하는 HC의 量을 測定하는 裝置이며 이 方法을 SHED (Sealed Housing for Evaporative Determination)이라 한다.

위 (a), (b), (c), (d)외에 Data Processing 및 Control 을 위한 Computer 裝置, 그리고 Test Environment를 規定 條件으로 維持시키기 위한 Facility 가 있다.

4-3 試驗 技術

排出 Gas 規制가 強化될수록 排出 Gas對策의 正確한 評價를 위하여 試驗 技術의 向上이 要求되며 試驗間의 變移(variation)를 최대한 줄이는 것은 開發期間短縮 및 開發費用 節減面에서도 意義를 갖는다. 試驗 變移에 대한 要因은 아래와 같다.



5. 排出 Gas對策 技術

5-1 對策 技術의 發達過程

美國 및 日本의 排出 Gas 規制 強化에 對應하기 위한 對策 技術 開發史가 곧 對策技術의 發達過程으로 自動車에 대한 排出 Gas 規制가 가장 먼저 시작된 美國을 中心으로 간략하게 살펴보기로 한다.

(a) 1968-1974 年代

排出 Gas 規制 初期에는 주로 Engine Modification 만으로 規制에 대한 對應이 可能하였고, 주로 點火時期 調整, 空燃比(Air-fuel

ratio) 調整, EGR (Exhaust Gas Recirculation), 燃燒室改良 및 Valve Timing 調整 등이 사용되었다.

(b) 1975-1980 年代

排出 Gas 規制가 더욱 強化됨에 따라 Engine Modification 만으로는 對應이 不可能하게 되자 Exhaust Aftertreatment가 必要하게 되어 酸化觸媒(Oxidation catalyst)를 導入하기에 이르렀고, 여기에 Exhaust port 에 2次空氣를 注入하여 強化된 HC, CO 規制에 對應하였고, NOx 規制에는 Spark Retard 와 EGR 增量으로 對處하였다.

(c) 1981 年 以後

NOx 規制의 強化 및 HC, CO 規制의 強化로 HC, CO 와 NOx를 同時に 低減시키는 三元觸媒(Three way catalyst) 概念의 導入과 함께 三元觸媒의 效率를 極大化 시키기 위한 方法으로 電子式 空燃比 制御(Electronic Air fuel ratio control) 方式을 導入하기에 이르렀다.

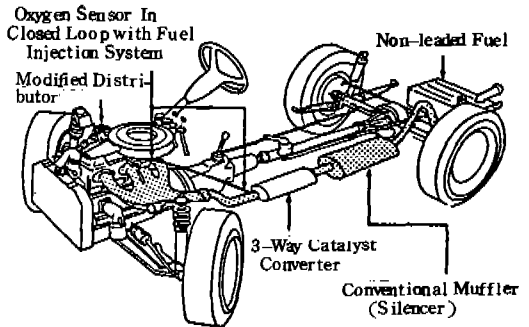


Fig 3. Three Way Catalyst Concept

5-2 Emission 對策 技術

排出 Gas 對策 技術에 대하여 좀더 具體的으로 살펴보기로 한다.

5-2-1 Crankcase Emission 對策

排出 Gas 規制중 가장 먼저 실시되었으며, 그 對策으로서 Crankcase 內의 Blowby Gas 를 Engine 吸入系로 再循環시키는 것으로 이를 PCV(Positive Crankcase Ventilation) System 이라 칭한다(Fig. 4).

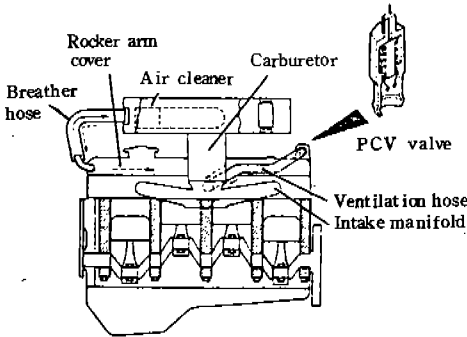


Fig. 4. Excel PCV System

5-2-2. Evaporative Emission 對策

燃料 Tank, 氣化器 등의 燃料系에서 蒸發되는 Hydrocarbon vapor 를 捕集하여 Charcoal 에 吸着시켜 貯藏하였다가 Engine 運轉중 Engine 吸入系로 Vapor 를 排出하여 燃燒시킨다. (Fig.5)

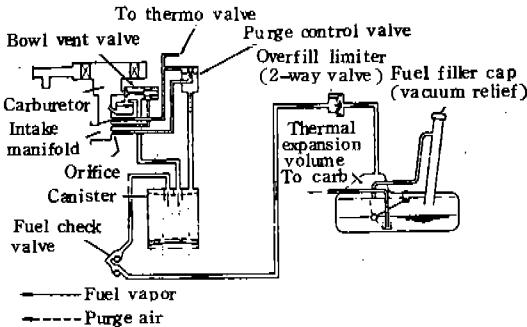


Fig. 5 Excel USA Evaporative Emission Control System

5-2-3. Exhaust Emission 對策

(a) 空燃比 制御 (Air fuel Ratio Control)

A/F 에 대한 HC, CO, NO_x 의 濃度 變化는 Fig. 6 과 같으며, 一般的으로 理論空燃比보다 조금 lean 한 領域의 A/F 를 사용하면 CO, HC 는 減小한다. 그러나, 逆으로 NO_x 는 增加하고 더욱 lean 한 A/F 를 사용하면 NO_x 는 減小하지만 失火 (Misfire) 에 의한 HC 가 急增加한다. 또한 Rich 한 領域의 A/F 에서는

NO_x 는 減小하지만 CO, HC 는 增加한다.

즉 CO, HC 와 NO_x 에 대한 A/F 의 影響은 서로 相反하는 關係에 있으므로 여기에 對策의 어려움이 있다. 現在는 TWC 의 效率를 極大化하기 위하여 $\lambda = 1$ 의 空燃比 Feed-back 制御 System 을 사용한다.

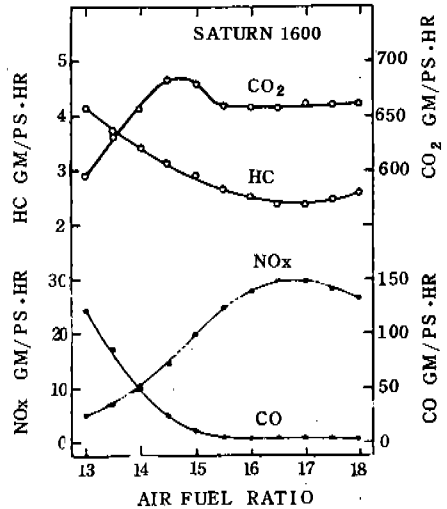


Fig. 6 Exhaust Emission에 대한 A/F의 影響

(b) 點火時期 調整 (Spark Retard)

點火時期 遲延은 排氣 對策에 適用된 첫 試圖중의 하나였다. MBT (Minimum Advance for Best Torque) 로 부터의 點火時期 遲延은 燃燒溫度를 낮추어 NO_x 를 低減시키며 또 한 排氣系에서 高溫을 持續시켜 HC 의 酸化를 促進시킨다. 그러나 點火時期 遲延은 BSFC (Brake Specific Fuel Consumption) 를 增加시키는 逆效果가 있으며, 이것이 Catalyst 의 概念이 導入되기 以前의 排氣對策에 있어서 燃費 (Fuel Economy) 를 惡化시키는 要因의 하나로 作用하였다. (Fig. 7)

(c) EGR (Exhaust Gas Recirculation)

EGR 은 效果的인 NO_x 低減策으로 現在까지 利用되어 오고 있다.

EGR 은 Combustion Diluent 로 作用하여 燃燒時에 放出되는 Energy 를 吸收하여 燃燒溫度를 낮추게 되며 結果的으로 NO_x 의 生成이

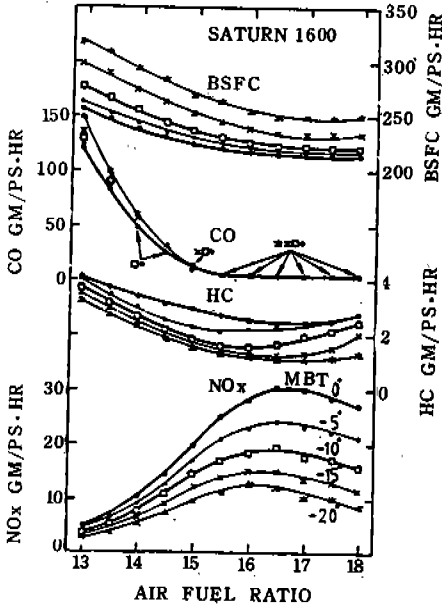


Fig. 7 Spark Timing에 Exhaust Emission에 미치는影響

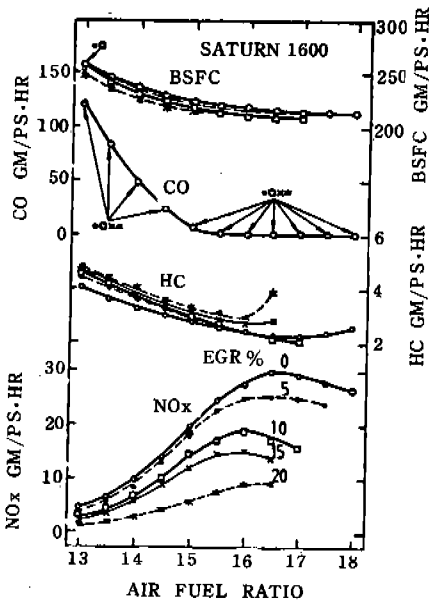


Fig. 8 EGR率과 Exhaust Emission과의關係

줄어뜰게 된다. (Fig. 8) 그러나 EGR은 어느
 限界이상 增加시켜가면 BSFC가 增加하게 되
 며 燃燒變移(Cyclic Variation)가 커져 결국

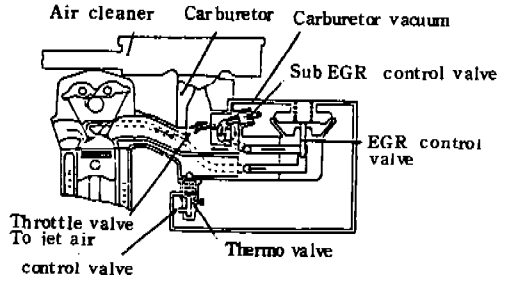


Fig. 9 Excel USA EGR System

에는 Misfire를 誘發하게 된다.

EGR의 方式에는 현재 吸氣管 負壓 혹은 排
 氣管 排壓을 이용한 機械的인 方式과 Soleno-
 id valve에 의한 電子制御方式등이 行해지고
 있다.

(d) 2次 空氣 供給裝置 (Secondary
 Air Supply System)

排氣系統에서 CO, HC의 酸化反應을 促進시
 키기 위해 필요한 空氣를 供給하는 裝置로,
 Air Pump를 사용하여 필요한 空氣를 噴射시키
 는 Secondary Air Injection System과 Exh-
 aust pulsation을 이용하여 reed valve를 쓰
 는 Pulse Air System의 두가지로 大別할 수
 있다. 또한 2次 空氣는 酸化 觸媒의 酸化 作
 用을 圖謀시키거나 때로는 觸媒의 過熱을 防止
 하는 役割을 위해서도 사용된다.

(e) 減速時 制御裝置 (Deceleration Con-
 trol System)

減速時에 Throttle Valve가 급히 닫히면 吸
 氣 負壓이 갑자기 커져 Manifold 壁面 附着燃

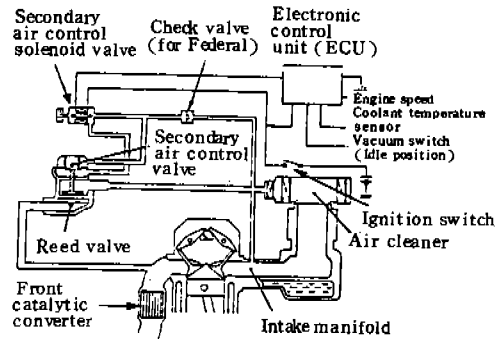


Fig. 10 Excel USA 2次 空氣 供給裝置

료가 급격히 氣化하여 A/F가 過濃(over rich)하게 된다. 그것은 失火(Misfire)後燃燒(Afterburn)등의 現象을 誘發하여 未燃 Gas 量이 많아지게 되어 HC가 增加한다. 이러한 것을 防止하기 위하여 減速時 Throttle Valve의 닫힘을 遲延시켜 A/F를 Control 하는 裝置로 Dashpot 와 Throttle opener 등이 있다.

(Fig.11)

(f) 燃燒室 改良

Emission 低減을 위하여 燃燒方式等 燃燒機構의 一部를 改良하는 것으로 주로 燃燒室에 대해 다음의 概念을 基本으로 한 對策이 行해지고 있다.

- 壓縮比의 適正化; 壓縮比를 適正 限度로 낮추어 HC를 減小시킨다. (Fig.12)

- 燃燒室의 S/V比 (Surface/Volume ratio)의 適正化; S/V比를 작게하면 火災傳播 速度가 增加하고, 結局 未燃 Gas를 減小시켜, HC를 低減시킨다. (Fig.13).

- Valve 重疊 (Valve Overlap)의 適正化; 排氣 殘留 Gas를 增加 (Internal EGR)시켜 NOx의 發生을 抑御시킨다. (Fig.14)

- 燃燒室의 形狀 變更; 希薄 混合氣에도 燃燒 可能한 形狀으로 變更하며 또한 大量의 EGR에도 安定된 燃燒가 可能한 形狀으로 變更한다. (Fig.15)

(g) 觸媒裝置 (Catalytic Converter)

排出Gas 規制가 嚴格해짐에 따라 Engine Modification 만으로는 對處가 不可能하여 後處理 (after treatment) 로써 觸媒를 사용하게

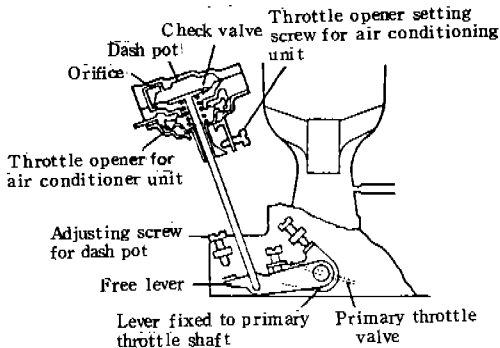


Fig.11 Excel USA Dashpot

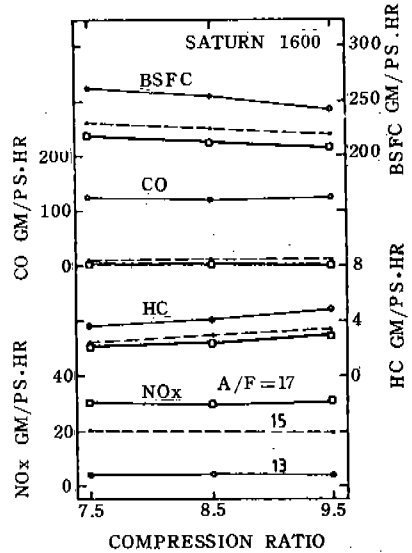


Fig.12 壓縮比의 變化에 따른 Exhaust Emission의 變化

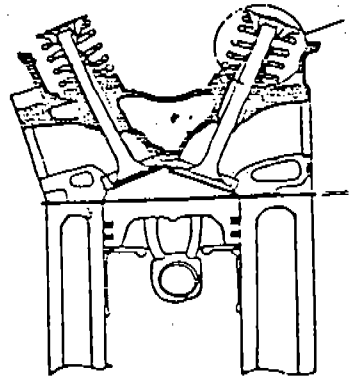


Fig.13 Pony SATURN Engine 半球形 燃燒室

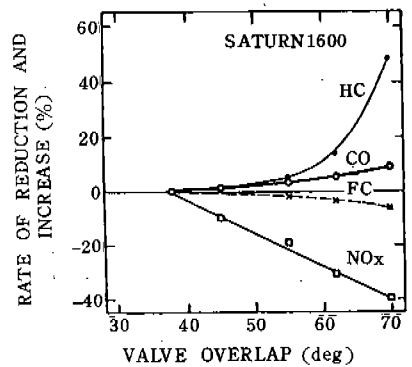


Fig.14 Exhaust Emission에 대한 Valve Overlap의 影響

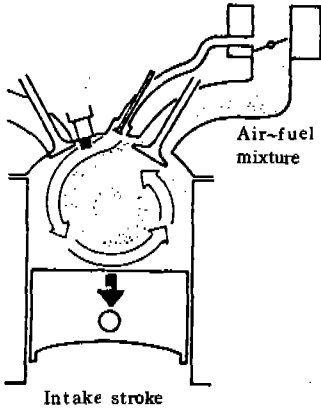


Fig.15 Excel ORION Engine Jet 燃燒室

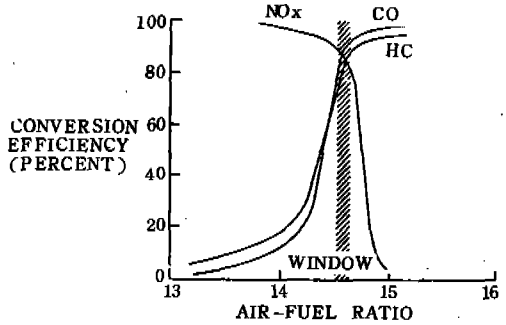


Fig.19 A/F와 觸媒淨化率과의 關係

되었다. 觸媒란 그 自體는 變化하지 않고, 다른 物質의 反應을 促進하는 것으로 反應物質 (排氣Gas)은 觸媒에 擴散 進入하여 吸着 反應하고 反應後는 生成物質 (淨화된 排氣Gas)은 離脫하여 擴散 流出되어 反應을 終了한다. 觸媒는 아래와 같은 方式이 주로 사용된다.

○ Single Bed Converter (Oxidation Catalyst)

HC 및 CO 低減 目的으로 酸化 觸媒를 使用하는 System으로써 觸媒의 酸化作用을 돕기 위하여 2次空氣를 多量 供給한다.(Fig.16)

○ Dual Bed Converter (TWC+TWC)

2개의 三元觸媒를 使用하는 System으로써 空燃比를 濃厚하게 하여, 前觸媒는 주로 還元作用을 시켜 NOx 低減을 圖謀하고 後觸媒는 多量의 2次空氣를 供給하여 酸化作用을 시켜 HC 및 CO 低減을 圖謀한다.(Fig.17)

○ Single Bed Converter (TWC)

1개 (때로는 2개)의 三元觸媒를 使用하는 System으로써 理論空燃比를 供給하여, 酸化와 還元反應을 同時에 作用시켜 HC, CO 및 NOx 低減을 도모한다. 본 시스템은 嚴格한 理論空燃比의 制御가 必要하며, 이를 위하여 電子制御式 氣化器 (Feedback Carburetor) 또는 電子制御式 燃料噴射裝置 (Electronic Fuel Injection) 를 사용한다. (Fig.18)

(h) 電子制御 (Electronic Control)

三元觸媒는 酸化, 還元反應을 同時에 修行해야 하므로 理論空燃比 부근의 좁은 領地 (Window)에서만 HC, CO, NOx의 淨化率이 높기 때문에 (Fig.19) 終來의 機械式 燃料 供給

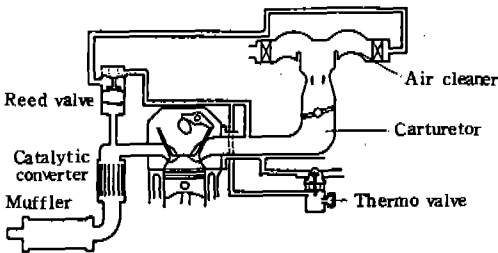


Fig.16 Excel Canada Oxidation Catalyst System

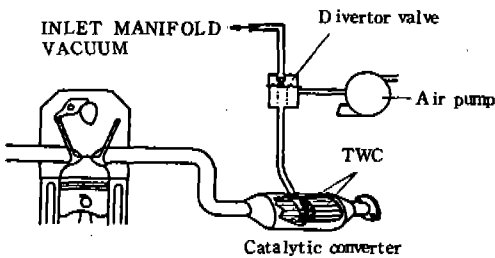


Fig.17 Pony USA concept Dual Bed Catalyst System

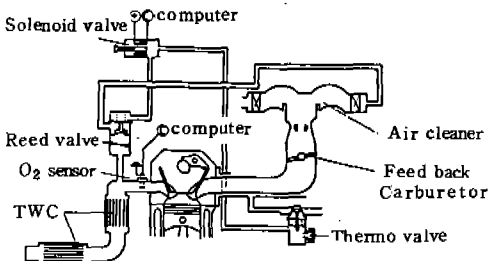


Fig.18 Excel USA Double Single Bed Catalyst System

裝置로서는 A/F 를 精度 높게 Control 할수 없
어 電子制御에 의한 正確한 空燃比 制御가 필
요하게 되었다. 이와같은 電子制御式 空燃比
制御 System 은 O_2 Sensor 를 이용하여 燃燒
된 混合氣의 O_2 濃度를 測定하여, 그 信號를
바탕으로 A/F 가 항상 理論空燃比가 되도록
Computer 로서 燃料量을 補正해주는 空燃比
Feedback Control 을 사용하는 것이다.

(Fig. 20)

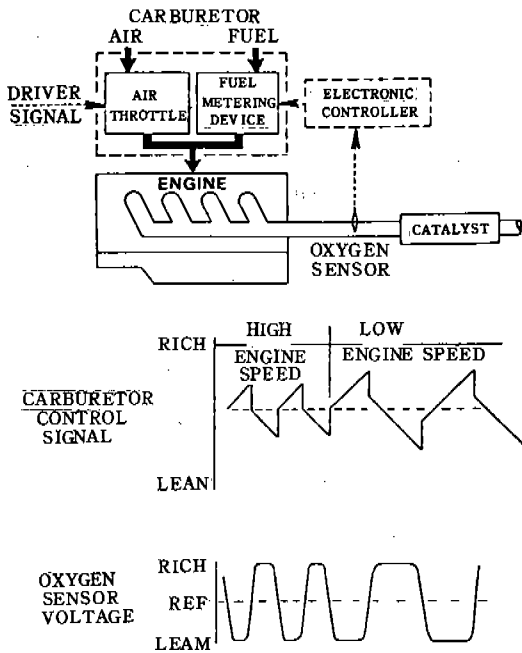


Fig. 20 空燃比 Feedback Control

이러한 空燃比 Feedback Control System
에는 FBC (Feedback Carburetor) 와 EFI
(Electronic Fuel Injection) 가 있으며, EFI
에는 SPI (Single Point Injection) 와 MPI
(Multi Point Injection) 가 있다.

i) FBC (Feedback Carbsretor)

Conventional Carburetor 는 Throttle 開度
의 變化에 따른 氣化器 Venturi 部의 壓力差에
의해 一定한 混合比가 定해지는데 Feedback
Carburetor 는 Conventional carburetor 의 基
本的인 空燃比 制御機能에 追加하여, 여러 Sen-
sor 의 入力 信號를 基本으로 Solenoid 로 驅

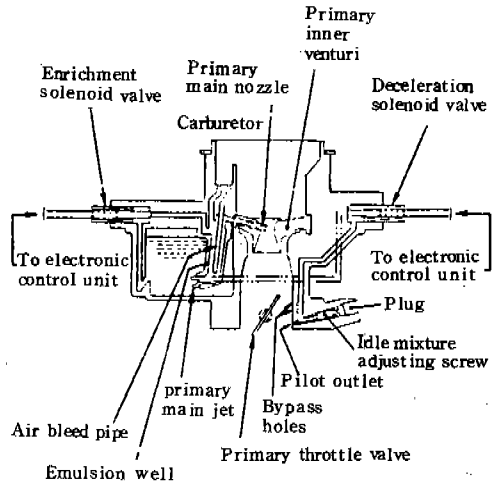
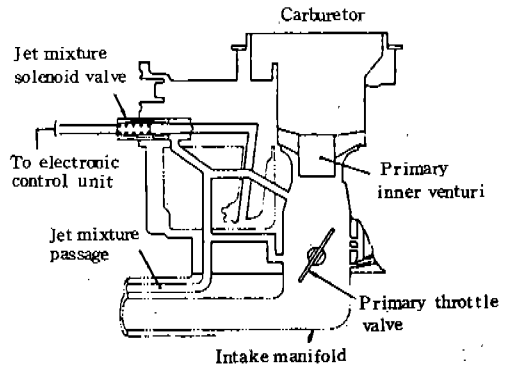


Fig. 21 Excel USA Feedback Carburetor

動되는 on-off valve 를 사용하여 Engine 에 供
給하는 燃料를 增減시켜, 모든 運轉條件에서
Optimal 한 空燃比가 되도록 Control 해주는
機能을 가진 Carburetor 이다.(Fig. 21.)

위와 같은 Solenoid Valve 는 항상 一定한
Frequency 로 作動을 하며, on-off valve Ac-
tivation 은 Solenoid 에 提供되는 電流 (cur-
rent) 의 量 (時間의 길이) 으로 Control 된다.

즉 時間의 길이를 變化시킴으로써 Solenoid
는 각 Cycle (Duty Cycle) 이라고 定義함) 동
안 動作하여 Engine 에 供給되는 混合氣가 精
密하게 Control 될 수 있다. 이러한 Duty-
Cycle 은 Exhaust O_2 Sensor, Throttle
Position Sensor (TPS), 冷却水溫 Sensor
등의 Signal 에 對應하여 ECU (Electronic
Control Unit) 에서 Control 하게 된다.

ii) EFI (Electronic Fuel Injection)

EFI는 Airflow Sensor(AFS)로 吸入 空氣量을 計測하고, 여러가지 Engine의 負荷狀態, 運轉 條件에 맞추어 必要한 燃料量을 In-jector로서 In-Mani에 직접 噴射해주는 方式이다.

이 EFI 方式은 Carburetor에 비해 燃料의 霧化(Atomization) 및 分配性(Distribution)이 좋아 Emission에 有利하고, 正確한 Fuel Metering으로 Fuel Economy 改善과 더욱 낮은 混合氣 溫度로 壓縮比를 높여 出力性能이 좋아지는 많은 長點이 있다.^{10,11)}

Injector의 數와 位置에 따라 SPI, MPI로 區分을 하나 보통의 경우 EFI라 함은 MPI 方式을 칭한다.

EFI는 1960年代 西獨BOSCH社에 의해 開發된 후 D-Jetronic, K-Jetronic, L-Jetronic, KE, LH-Jetronic, Motronic 등으로 發展해 왔으며, 吸入空氣量을 Sensing하는 方法에 따라 Speed Density 方法과 Mass Airflow 方法등으로 나눈다.

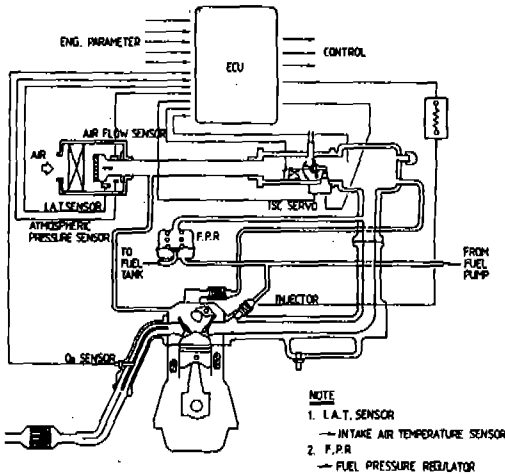
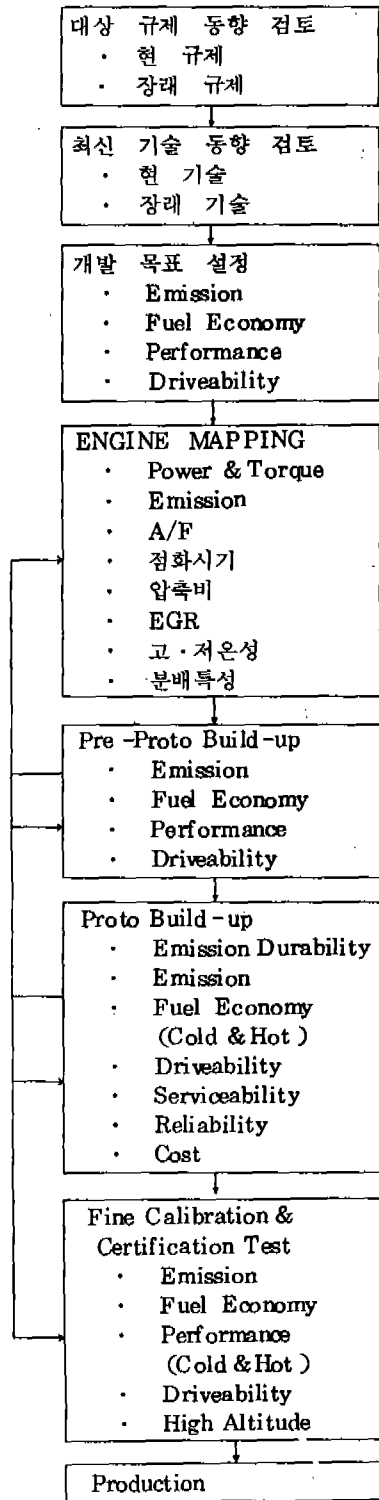


Fig.22 Stellar CANADA MPI System

6. 排出 Gas 對策 開發 過程

일반적인 排出 Gas 對策 開發 過程을 간략히 紹介하면 다음과 같다.



參 考 文 獻

1. 內燃機關 編集委員會編：“內燃機關의 燃燒” p. 184 山海堂，東京(1973).
2. 古濱堅一：“HC 生成과 그 對策” 內燃機關 Vol. 14, No. 162, p 16-22(1975).
3. Wayne, M. Brehob “Mechanisms of pollutant formation and control from Automotive sources” SAE paper 710483 (1971).
4. R.J. Tabaczynski, J.B. Haywood, J.C. Keck, “Time resolved measurements of HC Massflow rate in the exhaust of a spark ignition Engine” SAE paper 720112 (1972).
5. H.K. Newhall, “Combustion process fundamentals and combustion chamber design for low emissions” SAE paper 751001 (1975).
6. 松岡信, “火花點火機關의 燃燒와 排氣” 內燃機關 Vol. 14, No. 171, p 78(1975).
7. 文獻 6.의 p 79
8. 文獻 6.의 p 81
9. 堀場制作所, “高效率에의 Approach - 堀場 自動車 排氣 Gas 計測 System” p 89-92.
10. Hansjörg Manger “Electronic Fuel Injection” SAE paper 820903 (1982)
11. Otto Glöckler etc. “Present Status and Future Development of Gasoline Fuel Injection Systems for Passenger Cars” SAE paper 800467 (1980).