

自動車の燃費低減에 관한 考察(I)

Review on Fuel Economy of Vehicle (I)

張 炳 周*

Chang Byung-Ju

1. 序 言

自動車が 처음 만들어진 당시에는 目的地까지 무사히 도착하는 信賴性이 중요한 課題가 되었으리라 생각된다. 무사히 도착되니 다음은 어떻게 하면 빨리 도착할 수 있을까하는 要求에서 高速化 즉 기관의 高出力化가 이루어졌다. 自動車の 轉利함이 認識되고 또 보급됨에 따라 자동차가 주위환경에 미치는 영향이 문제가 되어 1960年代 後半부터 自動車排기가스 規制가 시작되고 이어서 騒音規制가 실시되어 점차 強化되고 있다.

1973년부터 시작된 石油危機이래 自動車の 石油使用量을 低減시키는 목적으로 미국에서는 燃費規制가 실시되기에 이르렀고 다른 국가들도 거기에 따르고 있다. 미국의 1975년 에너지政策·保存法(Energy Policy and Conservation Act of 1975)은 1974년의 平均燃費 14mile/gallon을 1985년까지는 약 2 배의 27.5mile/gallon까지 높이고자 하는 것이다. 가까운 日本에서도 약 35% 정도 向上되고 있는 실정이다.

自動車の 低燃費特性은 製品機能으로 점차 중요시되는 동시에 國家次元에서는 石油에너지節約의 한 方面으로 社會的으로도 해결하여야 할 立場에 이르렀다. 이 에너지節約 問題는 자동차의 小型化를 포함한 국제적인 自動車 再開發問題로 발전, 80年代의 新技術開發의 최대과제가 되고

있다.

또 最近의 使用者의 요구는 運轉性, 實用性에 대해서도 까다롭고 또 多樣化하고 있다. 이들 要求와 엄격한 排기가스規制 및 騒音規制를 만족시키면서 燃費低減을 꾀하는것인 만큼 실로 어려운 일임에는 틀림없다.

여기서는 가솔린機關 乘用車의 燃費低減을 중심으로 規制의 狀況, 燃費의 向上技術에 대해서 論하고자 한다.

2. 各國의 燃費規制

2.1 美國의 燃費規制

1975년의 에너지政策·保存法은 1978~1985년까지의 乘用車 및 輕量트럭의 Maker平均燃費值(CAFE)가 규제되었다(表 1). 이들은 어느 것이나 美國試驗法으로 구한 市街地燃費值와 高速道路燃費值에서 式(1)에 따라 계산한 調和平均燃費值(combined燃費)로 논의하며 0.1mile/gallon 率로 1대에 대해 5 달러의 벌금이 부과되는 것으로 되어있다.

$$\text{調和平均燃費值} = \frac{1}{\frac{0.55}{\text{市街地燃費值}} + \frac{0.45}{\text{高速道路燃費值}}} \quad (1)$$

$$\text{加重調和平均燃費值} = \frac{\sum \text{當該型式의 燃費} \times \text{販賣台數}}{\sum \text{販賣台數}} \quad (2)$$

(CAFE值)

Maker平均燃費와는 별도로 燃費가 不良한 차에 대해 課稅하고자하는 法律이 1978년에 成立되어 1978年 에너지課稅法·(Energy Tax Act of 1978)이라 불려지며 課稅額은 그림 1 과 같이 해마다 늘어나고 있다.

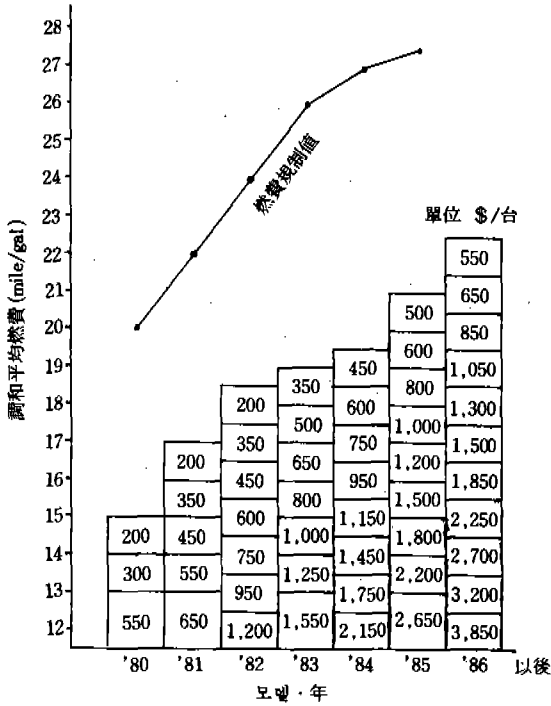


그림 1. 高燃費車의 課稅額

表 1. 美國의 乘用車, 輕量트럭의 規制燃費 (MPG)

승용차	1978年	輕 量 트 럭	
		2輪驅 動	4輪驅 動
1978年	18	—	—
1979年	19	17.2	15.8
1980年	20	16.0	14.0
1981年	22	16.7	15.0
1982年	24	18.0	16.0
1983年	26	18.0~22.0	15.8~18.0
1984年	27	18.8~21.4	16.1~19.3
1985年	27.5	19.7~22.4	16.2~19.9

한편 국민에게 低燃費車를 선택시키기 위해 1台마다 EPA(Environmental Protection Agency)

의 認證燃費值를 표시하는것이 의무화되어 있으며 EPA자신도 每年 각 모델의 燃費值一覽表를 公表하고 있다.

2.2 美國以外的 燃費規制

表 2는 미국이외의 규제동향을 정리한 것으로 1985년까지의 燃費向上 目標을 訂해놓고 있다. 대개가 小型車中心이며 各車의 效率向上에 의한 燃費向上이기 때문에 10%向上정도를 目標로 하고 있으며 日本은 都市走行에 기준한 10모우드 試驗法이며 나머지는 ECE市街走行 모우드 90km/h, 120km/h의 走行燃費를 併記하고 스웨덴만은 美國試驗法을 사용하고 있다. 프랑스, 영국, 스웨덴은 燃費表示를 의무화하고 있다. 韓國도 10 mode試驗法에 의한 燃費를 基準으로 하고 있다.

表 2. 歐州 各國의 燃費規制 및 燃費改良目標

英國	1978年 4월 1일에 燃費表示 義務化 ECE No. 15 cycle, 90km/h, 120km/h 1985년까지 10%의 燃費改良(모빌)
프랑스	1976年 4월 1일에 燃費表示 義務化 ECE No. 15 cycle, 90km/h, 120km/h 1985년까지 10%의 燃費改良(生産車加重平均)
독 일	1979年 自動車Show부터 燃費를 Maker側 自由公表 ECE No. 15 cycle, 90km/h, 120km/h 1985년까지 乘用車 燃費10%, 商用車 5% 改良
스웨덴	1978年 1월 1일부터 表示 義務化 政府가 燃費向上에 가이드 라인 준비중(調和平均燃費值) 1985년 8.5ℓ/100km, 1990년 7.5ℓ/100km
日 本	1979年 6월 에너지使用 合理化 規定 10모우드 60km/h 1985년까지 燃費10%改良

3. 最近의 乘用車燃費向上 推勢

미국에 있어서는 排出가스의 規制가 強化되었음에도 불구하고 1975년 모델에서 燃費의 向上이 이루어져 1982년의 燃費는 1974년 燃費와 비교하여 92%라는 놀라울 정도로 향상되었다. (그림 2)

表 3은 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에 의해 1978年 모델과 1981年 모델의 燃費向上要因과 向上分을 調査한 결

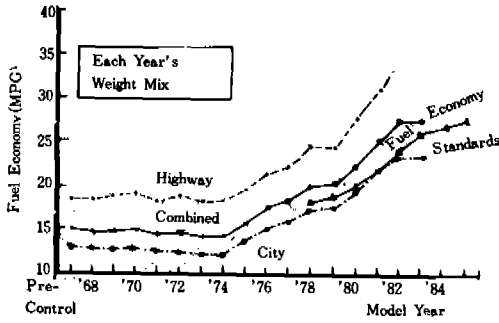


그림 2. 美國에서의 加重調和 平均燃費의 推勢

表 3. '78年 모델에 대한 '81年 모델의 燃費 向上 要因

要 因	向上分 (mpg)
輕量化	2.35
機關效率 向上	0.95
機關摩擦損失의 低減	
타이어 구름抵抗의 低減	
動力傳達 效率向上	
차량성능의 向上	0.8
固着·콘버터의 보급	0.27
다이젤 機關의 보급	0.25
AT에서 MT로 바뀜	0.14
4速AT	0.08
5速MT	0.09
空氣力 改善	0.37
計	5.3 (mpg)

과이다. 全向上分の 43%가 차량의 小型化에 의한 輕量化이며 나머지는 機關의 效率向上, 타이어의 구름抵抗의 低減, 空氣抵抗의 低減, 기타 驅動系의 損失低減등이다.

CAFE燃費値는 式(2)에서 個個車의 燃費向上에 따르나 팔리는 차의 종류에 따라 서로 달라진다. 예를들어 小型車 手動變速機가 붙은 같은 機關의 배기량이라도 6기통기관搭載車보다 4기통기관搭載車가 많이 팔리면 CAFE燃費値는 좋게 되고 반대로 大型車 自動變速機가 붙고 콜러가 붙은 車등이 많이 팔리면 나쁘게 된다.

근간 1~2년사이는 石油價格이 하락되면서 큰 차가 팔리고 또 女性운전자의 증가로 自動變速機付 차량이 많이 팔려 燃費向上 노력에도 不効

하고 CAFE燃費値는 어려움을 겪고있다.

이 경향은 미국에서 두드러져 가솔린 價格의 低下와 더불어 大型車의 판매가 갑자기 늘어 그림 3의 GM社의 CAFE燃費値의 추세가 표시하듯 예측에 대해 '82年, '83년에는 燃費向上이 얻어지지않고 '83년에는 燃費規制値보다 떨어졌다. 이 경우 앞서 설명한것과 같이 0.1mpg에 대해 生産台數 1台當 5\$의 벌금을 支拂해야하나 法律에서 前後3年間に 規制値를 증가하는 CAFE燃費가 달성되면 규정상 未達分을 相殺할 수가 있다고 한다. Ford에 있어서도 立場은 비슷하여 현재의 豫測計算結果라면 兩社가 모두 規制値를 미치지 못할것으로 본다.

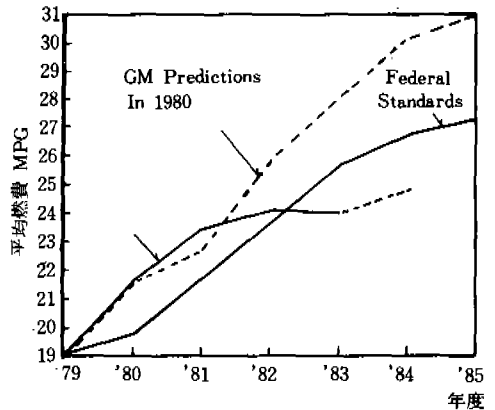


그림 3. GM의 平均燃費 推勢

4. 自動車の 燃費評價

4.1 自動車の 燃費評價法

燃費란 말은 일반적으로 消費燃料量에 대한 走行距離 (km/l, mile/gal 등)의 比로 표시하는 경우가 많다. 말하자면 走行燃費인데 이것은 자동차의 走行方法이나 使用方法에 따라 크게 영향을 미치기 때문에 그 條件을 엄격하게 固定하지 않으면 별로 意味가 없다.

最近 燃費評價法으로서 정해진것은 그림 4와 같이 國內에서는 10mode, 미국에서는 LA-4mode 및 HWFET (High Way Fuel Economy Test)로 불리는 走行mode이다.

이들 走行mode는 排氣規制에 관련시켜 制定된

것으로 당국에 의해 사시·다이노몰 사용, 排氣가스試驗時에 측정된 排氣가스值에서 燃費를 계산하는 방법을 택한다.

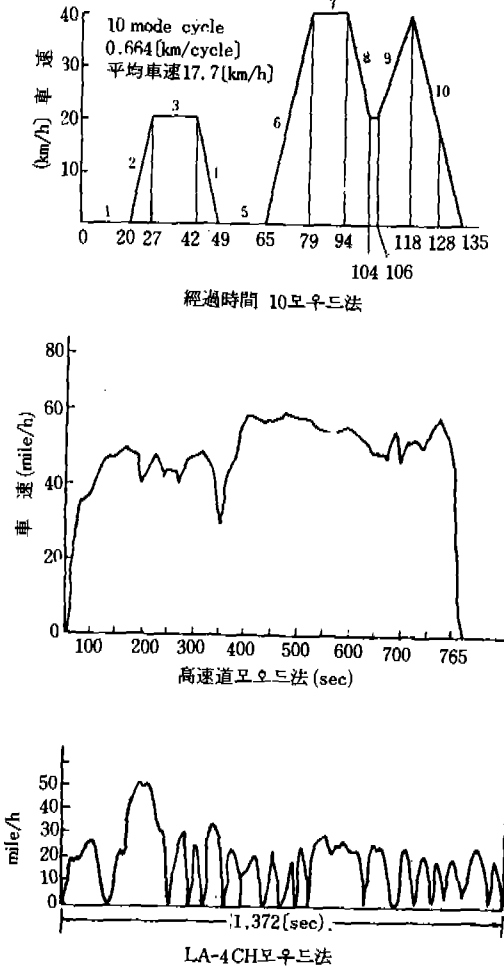


그림 4. 國內, 美國에서의 燃費測定 走行mode

4.2 燃費向上感度係數

走行燃費를 左右하는 여러要因을 微小 變化시켰을 경우 各要素의 變化정도에 대한 燃費向上 정도를 그 要因의 燃費向上에 관계되는 感度係數로 정의하며 종합하여 燃費改良率이 각 要因의 影響의 合이라고 보면 식(3)이 된다.

$$\frac{\Delta FE}{FE} = \alpha_1 \frac{\Delta E_1}{E_1} + \alpha_2 \frac{\Delta E_2}{E_2} + \alpha_3 \frac{\Delta E_3}{E_3} \dots (3)$$

FE : 走行燃費

E_n : 燃費에 影響을 주는 要素

α_n : 그 要素의 燃費에 관계되는 感度係數

燃費向上計劃에 있어서는 各 要素의 感度係數의 개략치를 알아둘 필요가 있으며 感度係數는 차량크기의 大小, 走行mode, 試驗條件에 따라 다르기 때문에 사용에 앞서 충분히 주의할 需要가 있다.

感度係數의 決定에는 다음 두가지 方法이 있다.

(1) 統計的 方法 : 이미 生産되어 있는 車種의 走行燃費值에서 統計的 方法을 사용 要因分析을 하고 感度를 내는 方法이며 NHTSA가 미국의 燃費規制立案時에 채용한 方法이다. NHTSA의 자료에 따르면 79年車 調和平均燃費는

$$\frac{\Delta FE}{FE} = -0.72 \frac{\Delta IW}{IW} + 0.01 \frac{\Delta CID}{CID} \dots (4)$$

IW : inertia weight

CID : 機關의 排氣量

으로 나타내진다.

(2) 等燃費曲線 方法 : 일반적으로 있는 走行mode를 完成한 경우의 走行燃費는 식(5)와 같다.

$$FE = \frac{\int_0^t V dt}{\int_0^t \left[\frac{V}{75 \times 3.6} \cdot \frac{q}{c} - \frac{1}{y_t} - \frac{1}{10^3} (\mu W + (W + \Delta W) \frac{dV/dt}{g} + kAV^2 + q_t) \right] dt} \dots (5)$$

FE : 走行燃費 (km/ℓ)

q : 機關의 燃料消費率 (g/ps·h)

c : 燃料比率 (kg/ℓ)

μ : 구름抵抗係數

ΔW : 回轉部分慣性相當重量 (kg)

V : 走行車速 (km/h)

q_t : 機關空轉時의 燃料消費量 (ℓ/h)

y_t : 動力傳達效率

A : 前面投像面積 (m²)

W : 車輛重量 (kg)

따라서 機關의 等燃費曲線이 設定되면 走行mode의 各點에서의 機關回轉, 必要馬力이 계산

表 4. 燃費向上에 관한 各要因의 感度係數

	條 件		10mode	EPA (10mbined)	定 地 走 行		
	重 量	加 速 補 正			60km/h	90km/h	120km/h
輕 量 化	同一慣性 重 量	×	0.08	0.16	0.22	0.20	0.18
		○	0.62	0.68	0.80	0.78	0.58
	慣性比量은 重量에比例	×	0.23	0.28	0.22	0.20	0.18
		○	0.74	0.78	0.80	0.78	0.58
空 氣 抵 抗	重 量 固 定	×	0.02	0.21	0.23	0.49	0.68*
		○	0.12	0.28	0.35	0.60	0.78
구름 抵 抗		×	0.08	0.16	0.22	0.20	0.19
差動減速比		×	0.52	0.52	0.67	0.46	0.27
傳 達 効 率		×	0.35	0.52	0.51	0.69	0.98

*ECE Combined燃費=ECE市街地燃費(50%)+90km/h定地燃費(25%)+120km/h定地燃費(25%)

되며 燃費率(q)에서 燃料消費量이 계산된다. 冷
始動時의 燃費惡化, 加速펄프의 영향등의 고려
가 어려워 다소의 오차는 생기나 定性的인 면에
서 適合한 것으로 보고 있다.

(3) 各 要因의 感度係數: 表 4에 車체側의 各
要素의 感度係數를 大衆車로 算出한 예를 표시
한다.

輕量化的 燃費에 대한 感度係數는 측정조건, 走
行mode에 따라 크게 다르다. 보통 車輛重量의
輕減은 加速時의 慣性重量도 감소하는 경우에 해
당하며 이 경우 感度係數는 0.2~0.3이 된다. 空
氣抵抗의 영향은 車速에 따라 크게 다르며 10
mode에서는 平均車速이 낮아 거의 效果를 기대
할 수는 없으나 EAP 및 ECE combined 燃費에
서는 感度係數도 상승된다.

구름抵抗의 감소는 同一慣性重量內에서의 重
量변화와 거의 같은 效果이나 구름抵抗은 타이
어와 驅動系 抵抗의 합이므로 타이어 구름抵抗
의 감소만으로 그 效果는 50~80% 떨어진다.

差動比의 값을 낮게하면 同一車速에서의 機關
의 회전이 떨어지고 等燃費率이 좋은 영역으로
이동되기 때문에 현저한 效果가 있다.

그의 주어진 차량중량에 대해 요구되는 走行
性能을 만족시키고 또 最適燃費를 얻게하는 排
氣量을 구하는 試圖는 GM을 최초로 BENZ,
Porsche社등에서 계속되고 있으나 排氣量의 변경
과 더불어 出力特性, 燃費特性도 비묘하게 바뀌

表 5. 1980年代의 代表的인 燃費改良技術

技 術 內 容	改 良 効 果
1. 重量輕減(小型化, 材料代替, 기타)	10%輕量化로 8%燃費改良
2. 機關의 改良 • 點火機關의 기관효율向上 (a) 最適 콘트롤 (b) 기관의 特性 • 代替機關 (a) 다이젤機關 (b) PROCO* • 터보보·차아징	1~3% 0~20% 25% 20% 5~10%
3. 變速機의 改良 • 토오크·콘버터(現 3段과의 比較) (a) 固着 토오크 콘버터 (b) 3段 넓은 범위 (c) 4段 넓은 범위 (d) 效率向上 (e) 機關·變速機의 最適연결 (f) 4段固着 토오크·콘버터 • 増速장치 붙은 5段 미션	3~6% 2% 5% 1~2% 1~2% 8~11% 5%
4. 潤滑油의 改良 • 크랭크 케이스 (a) 粘度低下 (b) 摩擦減少 • 後車軸오일의 粘度低下	1% 1% 1%
5. 摩擦損失의 低減	1~4%
6. 타이어의 구름抵抗의 減少	5%
7. 空氣抵抗의 減少 • 보더 再設計 • 追加裝置	5% 3%

기 때문에 시뮬레이션이 대단히 어려운 問題로 되고 있다.

4.3 燃費向上効果

燃費의 綜合的인 改良效果는 車體의 조건, 重量輕減등 각 요인의 변화량을 設定하면 各 走行 mode의 感度係數를 사용하여 계산할 수 있다. VW社에서는 空氣抵抗, 重量, 出力의 組合으로 현재의 生産車에 比較하여 EPA combined燃費로 約15~20% 改良이 가능할것으로 展望하고 있다.

1985년頃까지 期待되는 燃費向上技術로 NAT-SA는 表 5에 표시하는 對策, 效果를 예상하고 있다. 實際 向上例로는 GM이 '79年度에 발표한 X CAR가 있으며 綜合하여 約 37%의 燃費向上을 실현하였는데 그 內容은 表 6과 같다.

表 6. 1980年 GM X CAR 燃費改良 內容

改 良 內 容	改良值 (MPG)	比率 (%)
小型化 効果		
重量輕減	3.4	46.5
前面投影面積 減少	0.2	2.8
小 計	3.6	49.3
技術改良效果		
空氣抵抗係數低下	1.2	16.4
타이어 구름抵抗係數低下	0.7	9.6
디스크·브레이크	0.3	4.1
토오크·컨버터可變容量펌프	0.8	11.0
토오크·컨버터最適연결	0.1	1.4
기어比 광범위화	0.3	4.1
電動엔化	0.3	4.1
小 計	3.7	50.7
合 計	7.3	100.0