

石油엔진의 吸氣管内의 물 附加가 엔진性能에 미치는 影響

Effects of Inlet-Manifold Water Addition on the Performance of Kerosene Engines

李 春 雨* · 柳 寬 熙*
Yi, Chun Woo · Ryu, Kwan Hee

Summary

This study was carried out to investigate the possibility of improving the performance of a kerosene engine with water addition. The engine used in this study was a single-cylinder, four-cycle kerosene engine with the compression ratio of 4.5. Water could be successfully added into the inlet manifold by an extra carburetor for the volumetric ratios of 5, 10, 20, and 30 percents.

Variable speed tests at wide-open throttle were performed for five speed levels in the range of 1,000 to 2,200rpm for each fuel type. Volumetric efficiency and brake specific fuel consumption were determined, and brake thermal efficiency based on the lower heats of combustion of kerosene was calculated. To examine variation in fuel consumption, CO concentration, and cooling water temperature, part load tests were also performed.

The results obtained are summarized as follow.

- (1) Brake torque increased almost in proportion to volumetric efficiency. But the ratio of increase in torque was greater than that of volumetric efficiency. Mean torque over the speed range of 1,000 to 2,200rpm increased 1, 3, 7, and 2 percents for 5, 10, 20, and 30 percents water addition, respectively. The increase in brake torque with water addition was greater at lower speeds.
- (2) Mean brake specific fuel consumption over the speed range of 1,000 to 2,200rpm decreased 1, 2, 3, and 3 percents for 5, 10, 20, and 30 percents water addition, respectively.
- (3) Mean temperature of cooling water over the speed range of 1,000 to 2,200rpm decreased 2, 4, 8, and 12 percents for 5, 10, 20, and 30 percents water addition, respectively.
- (4) The effects of decreasing CO concentration in the exhaust emissions with water addition were significant. At the speed range of 1,000 to 2,200rpm, CO concentration in the exhaust emissions decreased 2, 10, 23, percents for 5, 10, and 20 percents water addition, respectively.
- (5) Deposits were not discovered in the combustion chamber during the experiment. However, a little rust was formed in the water-supply carburetor.

*서울대학교 農科大學 農工學科

1. 緒 言

電氣點火機關에 물 噴射는 새로운 概念이 아니다. 일찌기 1935年度에 리카르도(Ricardo)는 燃燒노르를 억제하기 위한 目的으로 물 噴射를 成功的으로 實驗하였다. 그후 점차 엔진이 開發됨에 따라서 發生하는 問題點들을 解決하기 위한 方案의 하나로 물 噴射는 자주 提起되어 왔다. 電氣點火機關에 있어서 엔진效率를 보다 增加시키고 燃料의 經濟性을 向上시키기 위하여 엔진의 壓縮比를 增加시키려는 努力은 계속되어 왔다.

最近에는 엔진의 内部冷却(直接冷却)의 可能性에 對한 工學的인 研究가 試圖되고 있다. 즉 엔진内部에 직접 물을 噴射시키는 것이다. 또한 엔진의 排氣가스에 의한 大氣汚染 問題가 深刻하게 台頭됨에 따라 물 噴射 또는 附加로써 그 解決策을 얻으려 努力하고 있다.

가솔린 엔진과 디젤 엔진에 對한 물 噴射에 關係는 研究 結果가 비교적 많이 發表되어 있으나, 石油 엔진에 對한 물 附加에 關係는 國內外의 研究 結果가 거의 發表되어 있지 않은 實情이다.

따라서 本 研究는 엔진性能의 向上과 内部冷却의 可能性을 검토할 目的으로 엔진 吸氣管内에 물을 附加하였을 때의 엔진 性能을 實驗的으로 考察하였으며, 그 具體的인 目的은 다음과 같다.

(1) 石油 엔진의 吸氣管内로 물 附加의 可能性을 實驗的으로 究明하고,

(2) 물을 附加함으로써 石油 엔진의 性能에 미치는 影響을 調査하며,

(3) 엔진 排氣가스에 물 附加가 미치는 影響과 물 附加에 의한 内部冷却의 效果를 調査한다.

2. 材料 및 方法

가. 供試機

本 實驗에 使用된 엔진은 動力耕耘機 搭載用 石油엔진으로서 그 主要 仕様은 表 1에서 보는 바와 같다.

나. 實驗裝置

本 實驗에 使用된 實驗裝置의 概觀圖는 그림 1에서 보는 바와 같다. 엔진出力을 測定하기 위하여 푸로니 브레이크(Prony brake)를 使用하였으며, 엔진으로 流入되는 空氣의 流量을 算出하기 위하여 두개의 서어지 탱크(Surge tank)와 오리피스(Orifice)를 使用하였다. 엔진 回轉速度는 萬能計數機(Universal Counter)와 磁石式檢出器(magnetic pick-up)를 使用하여 測定하였다. 冷却水의 溫度는 그림 2와 같은 熱傳帶를 엔진콘덴서의 밑부분에 設置하여 測定하였다. 燃料消耗率은 燃料測定用 뷰렛트

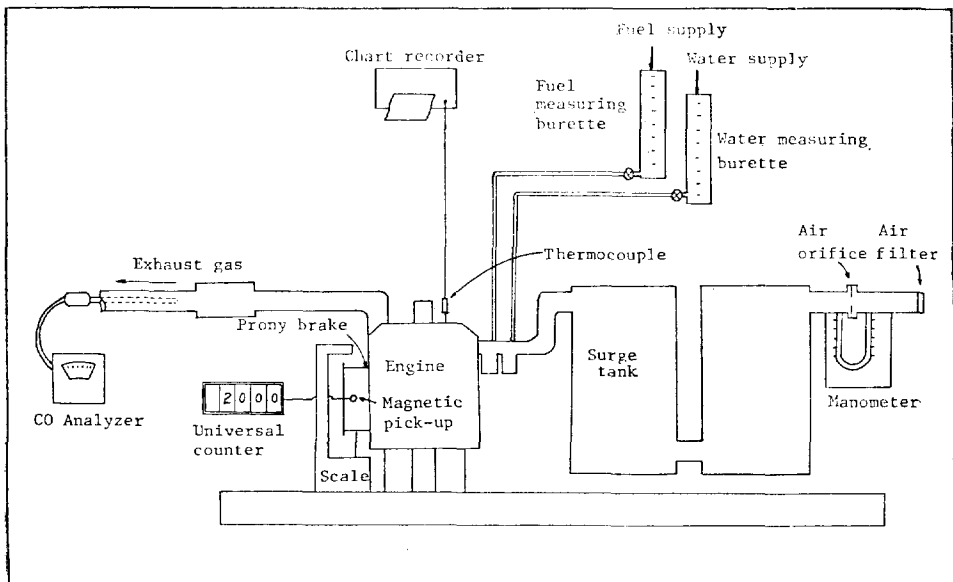


Fig. 1. Schematic diagram of engine test apparatus used in the experiment.

Table 1. Specifications of the engine used in the experiment

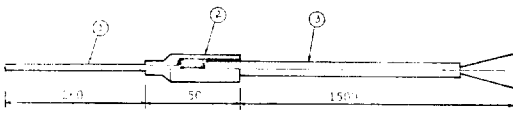
Item	Specification
Maker & model	Dae Dong, NK80
Type	4 cycle, water cooled, 1 cylinder
Bore×stroke (mm)	90×105
Total displacement (cm ³)	667
Maximum output (ps/rpm)	11/2, 200
Continuous rated output (ps/rpm)	8/2, 000
Maximum torque (kg.m/rpm)	3.87/1, 800
Starting method	Handle starting
Fuel	Kerosene (gasoline for starting)
Compression ratio	4.5 : 1
Cooling system	Condensor type

Table 2. Specifications of testing equipment and measuring instruments

Item	Maker & model	Remarks
Prony brake	—	Diameter : 220 mm
Air orifice	—	Orifice coefficient : 0.63
Air surge tank	—	Volume : 2×48.1 liters
Scale	Keum Sung	Resolution : 0.01 kg
Fuel measuring burette	—	Resolution : 2 cc
Water measuring burette	—	Resolution : 1 cc
CO analyzer	Horiba. MEXA 201	Resolution : 0.1 %
Thermocouple	Woo Jin, IC 1 φ	
Chart recorder	s/p, 252 A/MM	

Table 3. General specifications of kerosene

Requirement	Specification
Specific gravity	0.783
Sulfur content, % by weight	0.055
Flash temp., °C	46.0
Colour, Saybolt	+29
Corrosion, Cu strip	1-a
Distillation, °C	
First drop	146.2
End point	238.4
10%	177.0
50%	195.6
90%	220.1
95%	228.1



1. Iron-constantan thermocouple (φ 1.0)
2. Sleeve
3. Extension lead wire

Fig. 2. Thermocouple used to measure temperature of cooling water.

(burette)에 의하여 일정한 試驗時間동안 消耗된 燃料의 量을 測定하여 算出하였으며, 附加되는 물의 量도 물 測定用 뷰렛트를 使用하여 同時에 測定하였다. 排氣가스 中の CO量을 測定하기 위하여 CO 分析器를 使用하여 測定하였다. 使用한 測定裝置의 一般的인 諸元은 表 2와 같다.

다. 使用燃料과 물

本 實驗에 使用된 燃料은 石油로서 石油의 一般的인 諸元은 表 3과 같다. 附加한 물은 물속에 들어 있는 다른 物質의 影響을 除去하기 위하여 蒸溜水를 使用하였다.

라. 물附加 方法

吸氣管內로 직접 물을 附加하는 方法을 使用하였

다. 즉 똑같은 氣化器 두개를 直列로 連結하여 한 쪽의 氣化器에서는 燃料(石油)를 氣化시키고 다른 쪽의 氣化器에서는 물을 氣化시키도록 하였다. 本 實驗에서 使用한 體積比는 다음과 같은 方法으로 決定한 것이다.

- (1) 石油을 供給하는 뷰렛트를 통하여 氣化器로 流入되는 燃料의 體積을 測定하고,
- (2) 물을 供給하는 뷰렛트를 통해서 體積을 測定하고,
- (3) 流入된 물의 體積과 石油의 體積比를 計算하였다.
- (4) 또한 물과 石油에 대한 各各의 體積比는 물을 氣化시키는 氣化器의 主燃料밸브로 조정하여 試

石油엔진의 吸氣管内의 물 附加가 엔진性能에 미치는 影響

行誤差法에 의하여 決定하였다.

마. 엔진性能試驗

물 附加量에 따른 엔진回轉速度 2,200, 1,900, 1,600, 1,300, 1,000rpm의 5水準을 擇하여 各各의 回轉速度에서 最大負荷를 維持하도록 調整하여 全負荷 試驗을 實施하였다. 엔진이 定常狀態에 到達한 후 燃料消耗率, 空氣消耗率, 엔진토크, 冷却水の 溫度 및 排氣가스中の CO量을 測定하였다.

大氣溫度가 물 附加에 미치는 影響을 調査하기 위하여 大氣溫度가 다른 두 期間에 걸쳐 試驗을 實施하였다.

물을 附加하여 엔진을 運轉할 때 負荷의 變化가 燃料消耗率 등 엔진 性能에 미치는 效果를 알기 위하여 供試엔진의 定格回轉速度인 2,000rpm과 全負荷 試驗時 가장 물 附加效果를 나타낸 1,600rpm을 擇하여 部分負荷 試驗을 實施하였다.

3. 結果 및 考察

엔진性能試驗 結果 얻어진 體積效率, 토크, 燃

料消耗率, 冷却水の 溫度 및 CO量은 그림 3~8에 나타내었다. 엔진速度가 1,000~2,200rpm의 範圍에서 이 값들에 대한 平均値를 表 8에 表示하였다.

가. 吸氣管内로의 물 附加 可能性

表 4에서 보는 바와 같이 얻고자 하는 물과 燃料의 體積比와 엔진試驗에서 얻은 體積比와의 差異는 거의 없으므로 吸氣管内의 물 附加方法은 可能한 것으로 판단되었다.

Table 4. Comparison of volumetric ratio of water to fuel between the desired and observed values

desired value(%)	observed value (mean)	difference	standard deviation
0	0	0	0
5	6.5	1.5	0.35
10	11.4	1.4	0.28
20	22.0	2.0	0.71
30	33.0	3.0	0.35

Table 5. Mean values of the engine test results in the speed range of 1,000 to 2,200rpm (I)

Fuel	η_v		Torque		BSFC		η_b		T_c	
	%	Index	kg.m	Index	g/ps.hr	Index	%	Index	°C	Index
Kerosene	77.24	100	3.21	100	363.37	100	16.81	100	80.0	100
5% water	77.58	100	3.25	101	361.55	99	16.87	100	78.6	98
10% water	77.90	101	3.32	103	357.21	98	17.08	102	76.8	96
20% water	78.49	102	3.42	107	357.70	98	17.07	102	74.8	94
30% water	76.06	98	3.27	102	351.90	97	17.40	104	70.4	88

η_v : Volumetric efficiency
 BSFC : Brake specific fuel consumption
 η_b : Brake thermal efficiency
 T_c : Temperature of cooling water

Amb. temp. : 27°C
 Relative humidity : 67.0%

Table 6. Mean values of the engine test results in the speed range of 1,000 to 2,200rpm (II)

Fuel	η_v		Torque		BSFC		η_b		T_c	
	%	Index	kg.m	Index	g/ps.hr	Index	%	Index	°C	Index
Kerosene	73.79	100	3.21	100	404.88	100	15.05	100	78.10	100
5% water	74.81	101	3.25	101	400.70	99	15.21	101	76.98	99
10% water	76.27	103	3.32	103	392.00	97	15.54	103	75.66	97
20% water	77.19	105	3.42	107	390.27	96	15.71	104	72.57	93
30% water	76.04	103	3.27	102	390.14	96	15.66	104	69.30	89

Amb. temp. : 16.0°C
 Relative humidity : 68.0%

나. 大氣溫度

表 5 및 6은 大氣溫度가 서로 다른 두 條件下에서 實施한 全負荷 試驗結果이다. 表 5 및 6에서 보는 바와 같이 大氣溫度가 서로 다른 條件에서 물 附加에 따른 엔진性能은 거의 影響을 받지 않는 것으로 나타났다.

다. 空氣燃料比

엔진性能試驗을 수행하였을 때의 물 附加量과 엔진速度(1,000~2,200rpm)에서의 空氣燃料比의 平均值는 表 7에서 보는 바와 같다.

여기서 물 附加量이 增加할 수 있도록 空氣燃料比가 약간 增加한 것으로 나타났는데 그 理由는 다음과 같이 說明될 수 있었다. 理論적으로 물 附加에 따른 吸氣管內의 溫度는 떨어질 것이고, 따라서 吸氣管內의 空氣密度는 增加될 것이다. 이와 같은 現象으로 더 많은 質量的 空氣가 실린더내로 流入되었기 때문이다. 또 다른 理由는 물이 空氣의 흐름을 妨害하여 吸氣管內의 壓力이 약간 增加한 것

으로 說明될 수 있을 것이다. 이 壓力 增加로 인하여 石油을 噴出하는 氣化器에 影響을 미쳤을 것이다

Table 7. Experimental data of air-fuel ratio at full load

Engine speed (rpm)	Water addition				
	0%	5%	10%	20%	30%
2,200	10.85	11.04	11.04	11.07	11.49
1,900	10.56	10.73	10.63	10.53	10.54
1,600	11.13	10.96	11.04	11.54	10.85
1,300	10.60	10.49	10.49	10.52	10.50
1,000	10.04	10.14	10.42	10.07	10.65
Mean	10.64	10.67	10.72	10.73	10.81
Stoi. A/F	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02
φ*	1.41	1.41	1.40	1.39	1.39

*Equivalence ratio
= stoichiometric air-fuel ratio / actual air-fuel ratio

Table 8. Mean values of the engine test results in the speed range of 1,000 to 2,200rpm

Fuel	η _v		Torque		BSFC		η _b		T _c	
	%	Index	kg.m	Index	g/ps.hr	Index	%	Index	°C	Index
Kerosene	75.52	100	3.21	100	384.13	100	15.94	100	80.0	100
5% water	76.20	101	3.25	101	381.13	99	16.04	101	78.6	98
10% water	77.09	102	3.32	103	374.61	98	16.31	101	76.8	96
20% water	77.84	103	3.42	107	373.99	97	16.39	103	74.8	94
30% water	77.05	102	3.27	102	371.02	97	16.53	103	70.4	88

라. 體積效率

表 8에는 1,000~2,200rpm의 速度範圍에서 全負荷 試驗時의 平均體積效率를 나타내고 있다. 表에서 보는 바와 같이 體積效率는 石油만을 사용한 경우에 비하여 5, 10, 20, 30%의 물을 附加時에 各各 1, 2, 3, 2% 增加하였다.

물 附加에 따른 體積效率의 增加는 물이 吸氣管에서 霧化時 엔진으로 들어오는 空氣를 冷却시키며, 이로 인하여 空氣의 密度는 커지고, 따라서 空氣의 流量이 增加되었기 때문으로 판단된다. 반면에 20%의 물을 附加 時까지는 體積效率가 增加하는 現象을 보이다가 30%의 물을 附加 時 다시 減

少하는 理由는 물이 空氣의 흐름을 妨害하기 때문인 것으로 판단된다.

그림 3은 물 附加量과 엔진速度에 따른 體積效率의 變化를 나타낸 것이다. 여기에서 물 附加量에 따라 高速(2,200rpm)을 除外하고 모든 速度에서 空氣 密度의 增加로 體積效率는 增加하였다. 體積效率가 高速에서 減少한 理由는 물 附加로 인하여 充填物의 吸入慣性이 엔진의 速度를 따르지 못하였기 때문인 것으로 판단된다.

마. 토오크

表 8은 1,000~2,200rpm의 速度 範圍에서 全負荷 試驗 時 平均 制動토크를 나타내고 있다. 表 8에서 보는 바와 같이 平均토크는 石油를 사용한

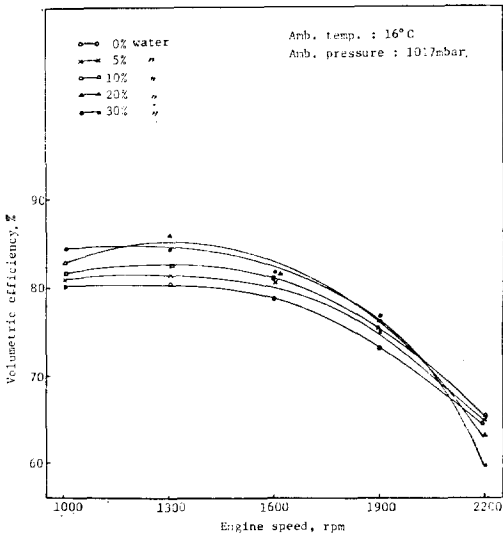


Fig. 3. Effects of water addition on volumetric efficiency of the engine at full load.

경우에 비하여 5, 10, 20, 30%의 물을 附加하였을 때 1, 3, 7, 2%씩 增加하였다.

물 附加量에 따른 토오르크의 增加率은 體積效率보다 큰 것으로 나타났다. 따라서 토오르크는 體積效率뿐만 아니라 물 附加에 의하여 改善된 燃燒特性에 의해서도 영향을 받는 것으로 判斷된다.

그림 4는 물 附加量과 엔진速度에 따른 토오르크를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 물 附加時 高速에서 보다 低速(1,600, 1,300rpm)에서 크게 나타났다.

토오르크가 低速에서 增加하는 理由는 低速에서는 물이 氣化할 充分한 時間을 갖는 반면에 高速에서는 물이 完全히 氣化할 時間을 갖지 못하기 때문일 것으로 判斷된다. 또한 물이 실린더 내에서 蒸發時 물의 蒸氣壓이 실린더內的 壓力을 上昇시켜 즉 平均有効壓力을 上昇시킨 때문인 것으로 判斷된다.

바. 燃料消耗率

表 8에서 보는 바와 같이 1,000~2,200rpm의 速度 範圍에서 全負荷 試驗時 平均制動燃料消耗率은 石油만을 使用한 경우에 비하여 5, 10, 20, 30%의 물을 附加時에 各各 1, 2, 3, 3% 增加하였다.

그림 5는 물 附加量과 엔진速度에 따라 制動燃料

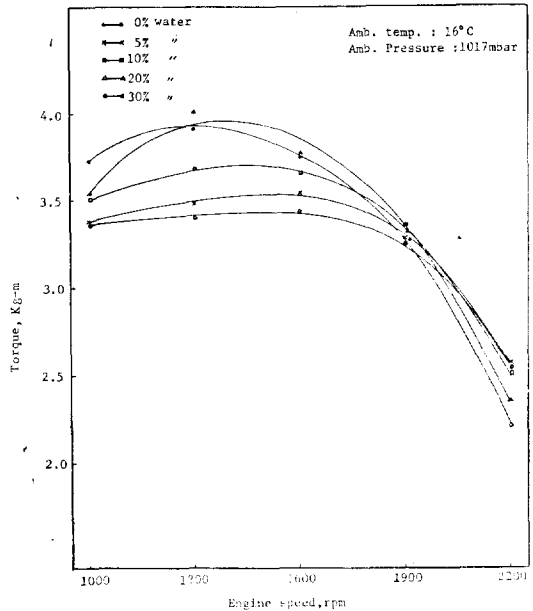


Fig. 4. Effects of water addition on torque of the engine at full load.

消耗率을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 燃料消耗率은 물 附加量에 關係없이 토오르크의 增加와 反比例하여 減少하였다. 低速에서 燃料消耗率의 減少는 물 附加量의 增加에 따라 현저하였으나 高速에서는 물 附加량이 增加함에 따라 오히려 增加하였다.

그림 6은 部分負荷에서 石油만을 使用하였을 때와 20%의 물을 附加하였을 때의 燃料消耗率의 變化를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 물 附加에 따른 燃料消耗率의 減少效果는 負荷에 關係없이 거의 일정한 것으로 나타났다.

氣體 狀態의 물이 갖는 熱容量은 Equipartition Principle에 의하여 平均적으로 한 分子內에서 各 自由度는 $\frac{1}{2}kT$ (k : Boltzmann's constant, T : Kelvin's temperature)에 相當하는 에너지를 갖는다. 이 에너지에 의하여 물 分子는 振動을 하게 되고 同時에 分子에 자극을 주기 때문에 分子가 갖는 에너지는 온도가 높을수록 더욱 더 上昇된다. 燃燒狀態에서 水蒸氣의 振動效果는 混合物을 渦流로 만들어 준다. 따라서 燃燒가 改善되어지고, 熱效率이 增加하여 燃料消耗率이 減少되는 것으로 解析되어 질 수 있다.

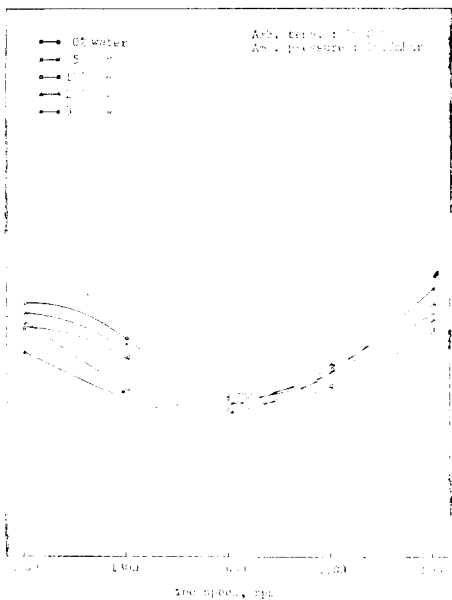


Fig. 5. Effects of water addition on brake specific fuel consumption of the engine at full load.

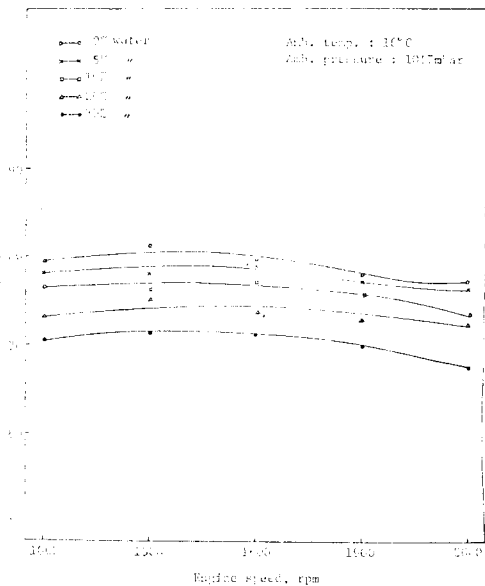


Fig. 7. Effects of water addition on cooling water temperature of the engine at full load.

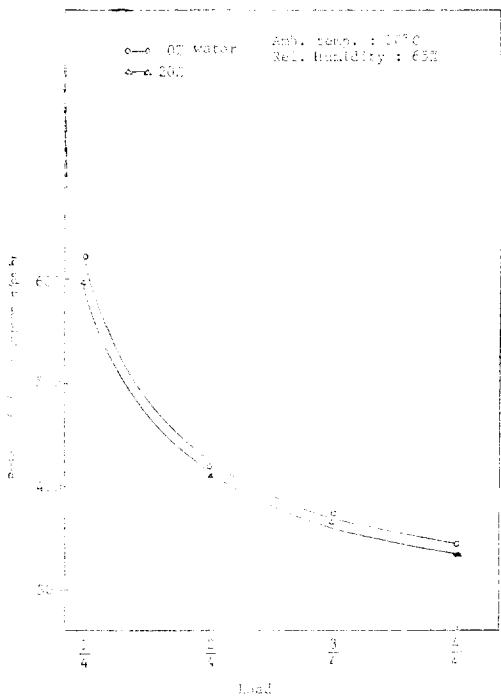


Fig. 6. Effects of water addition on brake specific fuel consumption at part load (1,600rpm)

사. 冷却效果

表 8에서 보는 바와 같이 1,000~2,200rpm의 速度 範圍에서 全負荷 試驗 時 冷却水의 平均溫度는 石油만을 使用한 경우에 比하여 5, 10, 20, 30%의 물을 附加 時에 各各 2, 4, 7, 12%씩 減少하였다.

그림 7은 물 附加量과 엔진速度에 따른 冷却水의 溫度를 나타낸 것이다.

물 附加에 의한 冷却水 溫度의 減少는 물의 높은 蒸發潛熱에 의한 冷却效果가 현저하였기 때문인 것으로 판단된다.

아. 排氣放出物

表 9는 1,000~2,200rpm의 速度 範圍에서 全負荷 試驗 時 排氣가스中의 CO量의 平均値를 나타낸 것이다. 表에서 보는 바와 같이 排氣가스中의 CO量은 石油만을 使用한 경우에 比하여 5, 10, 20%의 물을 附加 時에 各各 2, 10, 23%씩 현저하게 減少하였다.

排氣가스中의 CO가 減少한 것은 물 附加로 燃燒 狀態가 改善되었기 때문인 것으로 판단된다. 엔진 排氣放出物에 의한 大氣汚染 問題의 심각성에 비추어 볼때 물 附加는 電氣點火機關에서 汚染問題의 좋은 解決方案이라고 생각된다.

石油엔진의 吸氣管内의 물 附加가 엔진性能에 미치는 影響

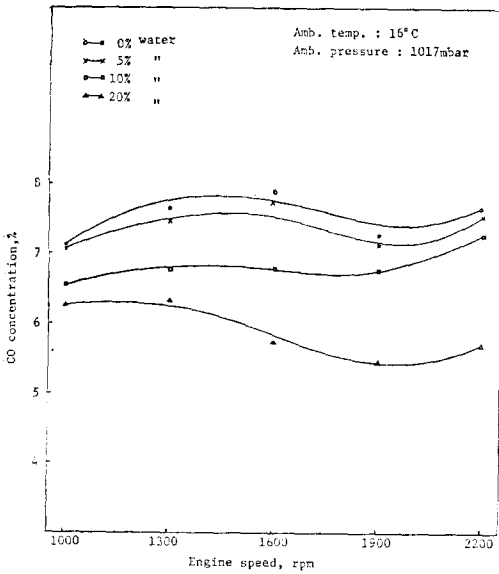


Fig. 8. Effects of water addition on CO concentrations among the exhaust emissions at full load.

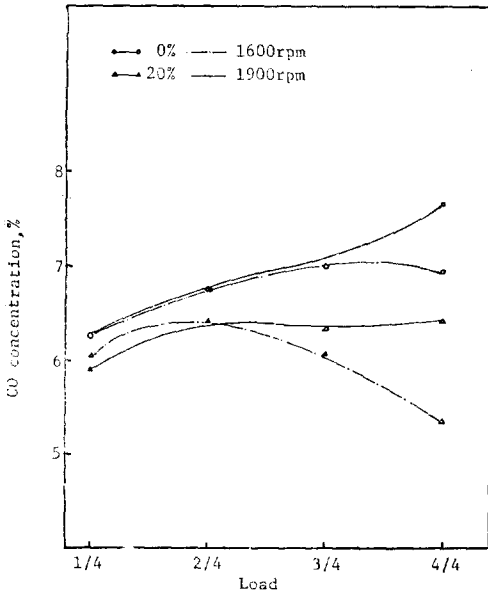


Fig. 9. Effects of water addition on CO concentrations of the engine emissions at part load.

그림 8은 全負荷 試驗 時 速度別로 排氣가스中の CO量을 나타낸 것이다. 특히 물 附加에 의한 CO量의 減少效果는 中速(1,600rpm)에서 가장 컸다. 이것은 中速에서 토오크의 增大效果가 큰 것과는 一致한다.

그림 9는 1,600rpm 및 1,900rpm에서 部分負荷 試驗 時 排氣가스中の CO量을 나타낸 것이다. 20%의 물을 附加 時 全負荷에서 CO의 減少效果가 가장 컸다. 이는 部分負荷에서 보다 全負荷에서 燃燒가 보다 完全하게 이루어지기 때문인 것으로 판단된다.

Table 9. Mean values of CO concentrations among the exhaust emissions in the speed range of 1,000 to 2,200-rpm at full load

Engine speed (rpm)	Water addition			
	0%	5%	10%	20%
2,200	7.65	7.55	7.27	5.70
1,900	7.25	7.13	6.76	5.40
1,600	7.90	7.75	6.75	6.75
1,300	7.65	7.45	6.76	6.34
1,000	7.15	7.10	6.55	6.27
Mean	7.52	7.39	6.82	6.09
Index	100	102	110	123

unit : %

자. 물附加에 의해 기타 要因에 미치는 影響

實驗期間中 燃燒室內에 燃燒堆積物은 發見되지 않았다. 그러나 물을 氣化하는 氣化器에서 약간의 녹이 發生하였다.

4. 要約 및 結論

本 研究는 壓縮比가 낮으며, 옥탄價가 낮은 石油를 主燃料로 使用하는 石油엔진의 吸氣管에 물을 附加하여 엔진性能을 實驗的으로 考察하였다. 供試엔진은 國產 正格出力 8馬力の 石油엔진을 使用하였다. 石油엔진에 물을 附加하기 위하여 또 하나의 氣化器를 連續으로 附着하였으며, 물 附加量은 氣化器의 주 젯트 조절밸브로써 調節하였다. 試行誤差法에 의하여 엔진에 들어가는 石油와 물의 比率은

體積비로서 5%, 10%, 20%, 30%로 하여 엔진性能을 調査하였으며, 內部冷却의 效果를 알기 위하여 熱傳帶로 冷却水의 溫度를 測定하였다. 또한 엔진의 燃燒狀態를 알기 위하여 CO分析器로 排氣가스 中の CO量을 測定하였다.

實驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 토오르크는 體積效率의 增加에 比例하여 增加하였으나, 토오르크의 增加率이 體積效率의 增加率보다 약간 크게 나타났다. 엔진速度가 1,000~2,200rpm의 範圍에서 平均 토오르크는 5%, 10%, 20%, 30%의 물을 附加할 경우 물을 附加하지 않을 때에 比하여 各各 1%, 3%, 7%, 2% 增加하였다. 토오르크의 增加는 低速에서 현저하게 增加한 반면 定格速度 以上の 高速에서는 오히려 減少하는 傾向을 나타냈다.

2) 엔진速度가 1,000~2,200rpm의 範圍에서 平均 燃料消耗率은 5%, 10%, 20%, 30%의 물을 附加할 경우 물을 附加하지 않은 때에 比하여 各各 1%, 2%, 3%, 3% 減少하였다.

3) 엔진에 물 附加量이 增加할 경우 冷却水 溫度의 減少는 현저하였다. 엔진速度가 1,000~2,200rpm의 範圍에서 平均 冷却水의 溫度는 5%, 10%, 20%, 30%의 물을 附加할 경우 附加하지 않은 때에 比하여 各各 2%, 4%, 8%, 12% 減少하였다.

4) 엔진速度가 1,000~2,200rpm의 範圍에서 排氣가스中の 平均 CO量은 5%, 10%, 20%의 물을 附加할 경우 附加하지 않은 때에 比하여 各各 2%, 10%, 23%씩 현저하게 減少하였다.

5) 물 附加로 燃燒室內의 燃燒堆積物은 없었으나 물을 附加시키는 氣化器에서 약간의 腐蝕이 發生하였다.

參 考 文 獻

- Arthur, W.A. 1979. A textbook of physical chemistry. 2nd edition. Academic press. New York.
- Bae, Y.H. 1981. Technical feasibility of alcohol-kerosene blends for kerosene engines. Published MS thesis, SNU., Suweon, Korea.
- Beckwith, J.G. and N.L. Buck. 1969. Mechanical measurements. 2nd edition. Addison-wesley Publishing Company, Inc. Pittsburgh penn.
- Bolt, J.A. and D.H. holkboer. 1962. Lean fuel/air mixtures for high compression spark ignition engines. SAE Trans., Vol. 70, Paper # 380-D.
- Campau, R.M. and J.C. Neerman. 1967. Continuous mass spectrometric determinations of nitric oxide in automobile exhaust. SAE Trans., No. 660116.
- Kim, J.C. 1978. The effects of water injection on diesel engines. Unpublished MS thesis, Korea University. Seoul.
- Maleev, V.L. 1945. Internal combustion engines. 2nd edition. McGraw-Hill Book Company.
- Morita. 1950. The effects of water injection for the engine combustion and the supercharged cylinder (II). JSME, Vol.53 (378) : 254-261.
- Nicholls, J.E., I.A. El-Messiri, and H.K. Newhall. 1969. Inlet manifold water injection for control of nitrogen oxides-theory and experiment. SAE Trans. No. 690018.
- Obert, E.F. 1968. Internal combustion engines. 3rd edition. International Textbook Company. Pennsylvania.
- Peters, B.D. and R.F. stebar. 1976. Water gasoline fuels-their effect on spark ignition engine emissions and performance. SAE Trans. No. 760347.
- Park, S.D. 1978. The elementary fluid mechanics. Heong Seoul Press.
- Quader, A.A. 1974. Lean combustion and the misfire limit in spark ignition engines. SAE Trans. No. 741055.
- Spindt, R.S. and C.L. Wolfe, and D.R. Stevens. 1956. Nitrogen oxides, combustion and engine deposits. SAE Trans., Vol.64.
- Starkman, E.S. and H.K. Newhall. 1966. Characteristics of the expansion of reactive gas mixtures as occurring in internal combustion engine cycles. SAE Trans. 650509.
- Taylor, C.F. 1979. The internal combustion engines in theory and practice. Vol.II. The M.I.T. press. Massachusetts.