

煉炭燃燒가스流路의 通風力

廉 東 洙*

Draft of Flue Gas in a Briquette Combustion

Dong-Soo Youm*

Abstracts

Draft of the combustion gas burning in a briquette gives a great part of driving force to the flue gas in an Korean conventional ondol heating system.

The paper presents how the draft intensity varies for each whole Combustion duration.

In this experiment the temperatures of thirty spots in three gas courses of a briquette were measured and the drafts were calculated from those experimental data.

The result is that the shorter the combustion duration of a briquette is, the stronger the draft becomes, the intensity of drafts ranging between 0.15 mm Aq to 0.26 mm Aq.

1. 序 論

우리나라 家庭에서는 炊事 및 暖房用으로 값이 싼 煉炭을 主燃料로 使用하고 있다.

煉炭燃燒時 煉炭燃燒가스流路의 通風力은 溫突에서 가스를 流動시키는 通風力의 큰 部分을 차지하고 있다. 1), 2), 3)

本 實驗에서는 一般家庭用 煉炭화덕의 構造를 다소 변경한 화덕으로 外氣와 遮斷된 實驗室內에서 實驗하였다.

煉炭燃燒時 發生하는 上昇熱氣流는 高温가스의 通風力에 의하여 驅動되며, 이 熱氣流는 點火로부터 燃燒完了時까지 非定常流動을 한다.

本 實驗에서는 煉炭燃燒가스流路內 30個所의 燃燒가스의 溫度와 流路內 壓力降下 등을 測定하여 이로부터 煉炭燃燒가스 流路의 通風力의 크기를 算出하여 그 變化를 解析하는데 重點을 두었다.

煉炭燃燒가스流路內 溫度測定點이 많아서 1 回の 測定所要時間은 14分에서 114分이 걸렸다. 이 時間에 流動은 非定常流動이므로 이 流動을 定常狀態로 假定했을 때 얻은 結果는 誤差가 무시될 수 없을 것이다. 그러나 定性的 結果를 얻는데는 支障이 없는 것으로 推論된다.

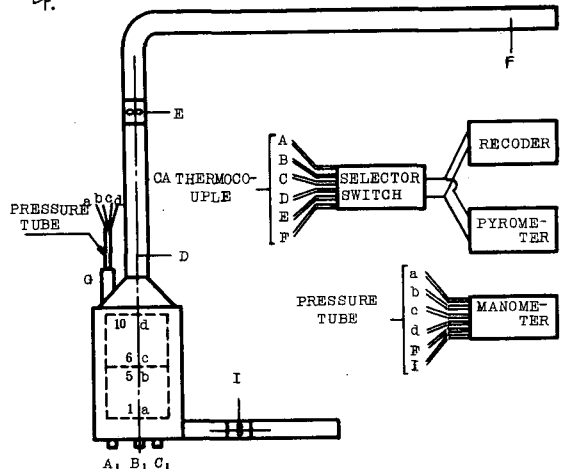
燃燒가스는 各種 成分의 가스가 混合된 氣體

*正會員, 大林工業專門學校

이므로 比重量計算의 簡便을 위하여 燃燒가스를 空氣로 假定하였다.

2. 實驗裝置와 實驗方法

本 實驗에서 使用한 實驗裝置는 그림 1 과 같다. 그림에서 보는 바와같이 實驗裝置는 空氣吸入管, 燃燒裝置, 煙筒部分으로 되어 있으며, 實驗室바닥으로부터 450 mm되는 높이에 設置되었다.



[그림 1] 實驗 裝置

空氣吸入管은 內徑이 50 mm, 長이가 1,400 mm이며 합석으로 만들었다. 화덕中心으로부터 550 mm되는 위치 1에 水銀棒狀溫度計 및 吸入空氣

의 靜壓을 測定하기 위하여 空氣吸入管의 同一 圓 周上에 90°의 間격으로 4개의 작은 구멍을 뚫은 후 靜壓링을 부착시켰다.

燃焼裝置인 화덕構造는 그림 2와 같으며, 外筒은 두께가 1mm인 鐵板으로 만들고, 안의 內筒은 두께가 25mm인 22孔炭 耐火性 煉炭燃焼도가니(改良型으로 慶南産)를 세워, 이들 사이를 石膏물달로 充填하여 1次空氣에 의한 自然通風으로 燃焼가 이루어지도록 製作하였다. 화덕 바닥에는 燃炭燃焼가스流路內 가스溫度를 測定할 수 있는 測定구멍 A₁, B₁, C₁이 準備되어 있다.

煙筒과 화덕의 連結은 두께 1mm 鐵製 圓錐形 노즐을 使用하였으며 燃焼가스壓力을 測定하기 위한 4개의 壓力管이 지나는 구멍G에 鐵管이 부착되어 있다.

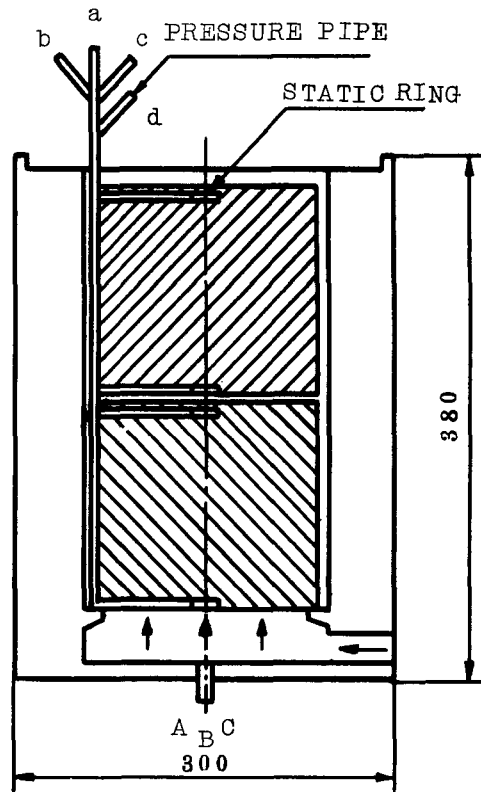
煙筒은 內徑이 65mm, 全長이 6,500mm로서 합석으로 만들었고 垂直上昇部의 長이는 1,400mm 이다. 煙筒入口에서 1,100mm되는 높이에 熱電對를 設置하였다. 또 煙筒出口의 燃焼가스의 溫度와 壓力을 測定하기 위해 出口로부터 200mm 되는 곳에 熱電對와 空氣吸入管에서와 같은 靜壓링을 부착시켰다.

이 燃焼裝置가 外氣의 影響을 많이 받지 않도록 하기 위하여 20坪의 實驗室內에 6,300mm×3,300mm의 칸막이를 合板으로 만들어 그 안에서 實驗을 하였다.

本 實驗에서 煉炭의 燃焼時間은 空氣吸入管의 入口開度を 變化시켜 조절하였으며, 實驗始作할 때의 開度を 實驗이 끝날 때까지 一定하게 維持하였다. 여기서 燃焼時間이란 煉炭갈기를 하여 다음 煉炭갈기까지의 時間을 말한다. 어느 實驗은 上炭의 試驗用煉炭이 다 燃焼하면 下炭으로 하여 實驗을 계속하였다.

燃焼時間은 試驗用 煉炭 I이 約 11時間, II는 約 8½時間, III은 約 5時間이 되었다.

本 試驗에 使用한 試驗用 煉炭은 KS E3731(구멍탄, Holed Coal Briquette)의 2號(22孔炭)로 서울S會社의 市販 一般 煉炭(重量3.6



[그림 2] 화 덕 構 造

kg)을 使用하였다. 市販 一般 煉炭의 分析結果는 다음 表 1과 같다.⁴⁾

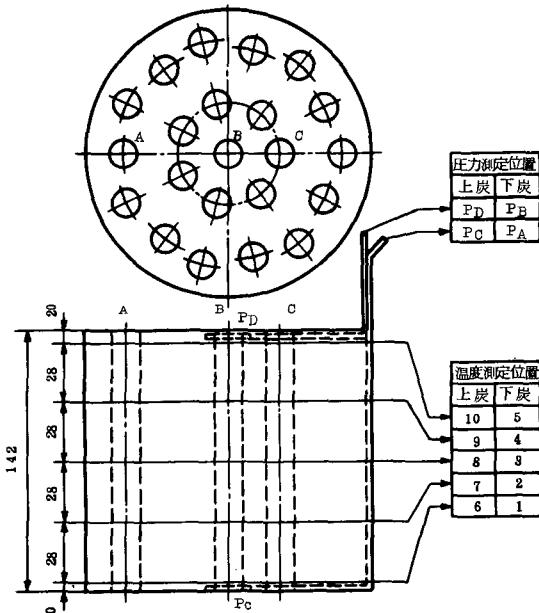
<表 1> 市販一般煉炭의 主要成分

炭 種	水分 (%)	灰分 (%)	揮發分 (%)	固 定 炭 素 (%)	發 熱 量 kcal/kg	
					濕 式	乾 式
市販一般煉炭	3.92	35.60	4.19	56.29	4.600	4.790

煉炭燃焼가스流路內 가스의 溫度分布를 測定하기 위하여 그림 3과 같이 煉炭外側 안쪽구멍 A, 中央구멍 B, 中間구멍 C에 各各 5個所를 定하였다. 同一한 位置라도 上炭(윗불)일 때와 下炭(밑불)일 때에 記號가 그림 3의 表와 같이 달라진다.

煉炭燃燒가스流路內 가스壓力을 測定하기 위하여 그림 4와 같은 0.5mm의 구멍을 90° 간격으로 뚫은 靜壓링을 그림 3과 같이 B의 入口와 出口에 부착시켰으며 壓力의 記號도 溫度의 記號와 같은 方法이다.

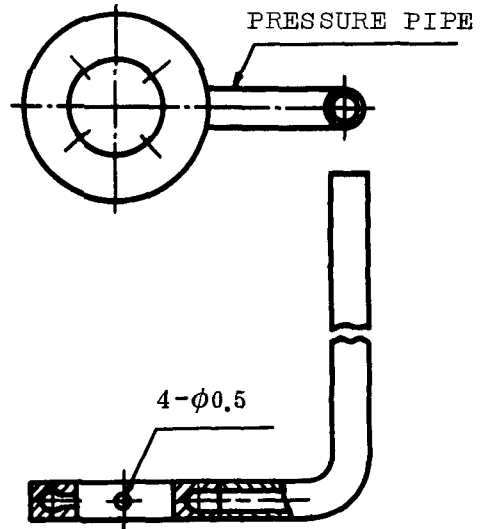
煉炭燃燒가스流路內 가스의 溫度測定은 화덕 바닥구멍 A₁, B₁, C₁을 통해 A, B, C에서 同一한 3個의 熱電對를 동시에 上下로 움직일 수 있도록 設置하였다.



[그림 3] 煉 炭

溫度測定機器로는 Chromel-Alumel Sheath Thermocouple를 그림 1과 같이 6點式 Selector Switch에 連結하여 이 出力을 LABORATORY RECORDER와 TEMCO Portable Pyrometer and Millivoltmeter에 병列로 連結하여 煉炭燃燒가스流路內 가스의 溫度分布를 記錄 測定하였다. LABORATORY RECORDER는 1 Channel이므로 Selector Switch로 A, B, C內 같은 높이의 3點의 溫度를 手動 切換하면서 記錄케 하였다. RECORDER는 便宜上 使用한 것이므로, 一點 溫度를 時間에 따라 連續으로 記錄한 것이 아니다. 또 煙筒入口D, 煙筒出口F에서 的 燃燒가스의 溫度測定도 위와 같은 方法으로

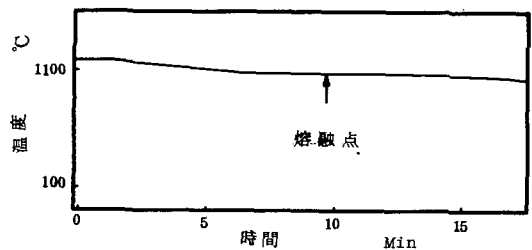
行하였다.



[그림 4] STATIC RING

그림 5의 溫度補正曲線은 實驗에 使用할 熱電對로 純度 99.9%이고 熔融點이 1083±0.1°C인 銅을 熔解시켜 凝固할 때의 溫度를 記錄한 曲線이다. 100°C를 나타내는 點은 水의 沸騰點을 記錄한 點이다.

壓力測定은 下炭의 入口a, 下炭의 出口b, 上炭의 入口c, 上炭의 出口d, 煙筒出口F에서 고무チュー브로 manometer까지 連結하여 測定하였다. 이 manometer는 CHATOK TYPE로서 測定範圍는 20mmAq이고 精密度는 1/200mmAq이다.



[그림 5] 溫度補正曲線

기타 實驗室內 溫度 및 濕度는 記錄溫度計와 記錄濕度計를 利用하여 記錄하였다.

3. 實驗結果와 解析

3.1 實驗結果

試驗用 煉炭을 上炭으로 잘아 넣은 후 燃燒가 進行함에 따라 A, B, C, D, E 및 F點에서의 燃燒가스溫度를 測定하였다. 이때 燃燒가스溫度의 1回 測定值를 얻는데 所要된 時間은 14~114分이었고, 이 測定時間中에 燃燒가스의 流動은 定常流動이라고 假定하였다.

流路 A, B, C의 各點에서의 燃燒가스의 溫度分布를 그림 6~그림 14에 나타내었으며 그림 中에 測定時間이 表示되어 있다. 또 燃燒時間에 따른 煉炭燃燒가스流路內 各點의 가스溫度變化를 表示하면 그림 15~그림 17과 같다.

煉炭燃燒가스流路의 通風力은 外氣와 煉炭燃

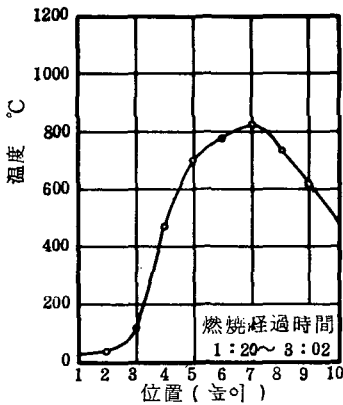
燒가스流路內 가스의 密度差에 의해서 發生하므로 煉炭燃燒가스流路內 가스의 比重量曲線과 外氣의 比重量曲線사이에 들어가는 面積을 圖式方法으로 求하여 通風力을 求할 수 있다. 이와 같이 해서 I, II, III에 대하여 求한 通風力을 表 2에 表示하였다.

燃燒時間과 表 2의 通風力과의 關係를 그림 18에 나타내었다.

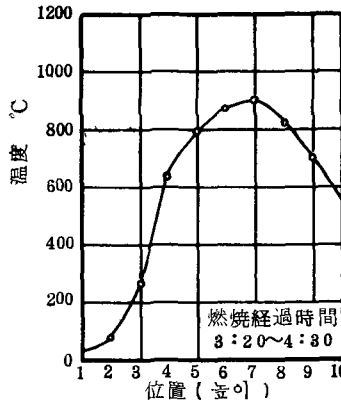
다만, 이때 잡은 燃燒時刻은 表 2中의 燃燒經過時間의 中間點을 擇했다.

試驗用 煉炭의 燃燒時間에 따른 煙筒入口의 燃燒가스溫度를 表示하면 그림 19와 같다.

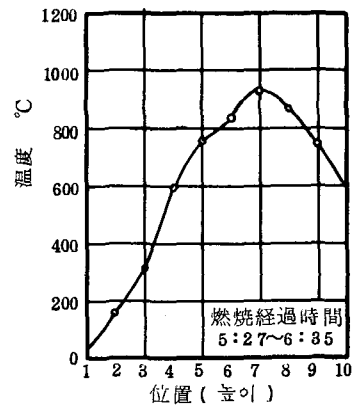
試驗用 煉炭의 燃燒時 吸入空氣管과 燃燒가스流路의 어느 2點사이의 靜壓差를 測定한 結果는 表 3과 같다.



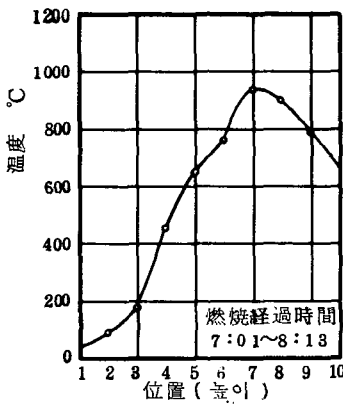
(a) 測定值 1



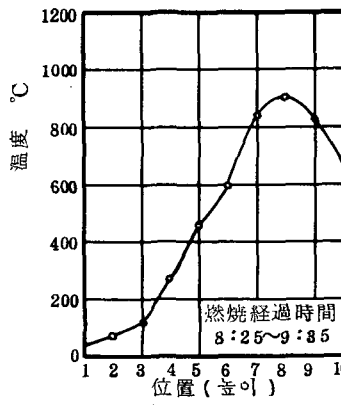
(b) 測定值 2



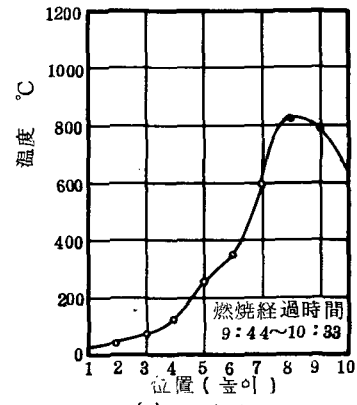
(c) 測定值 3



(d) 測定值 4

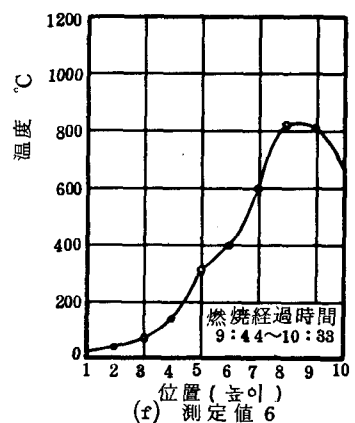
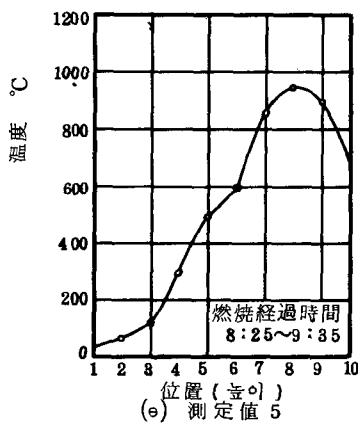
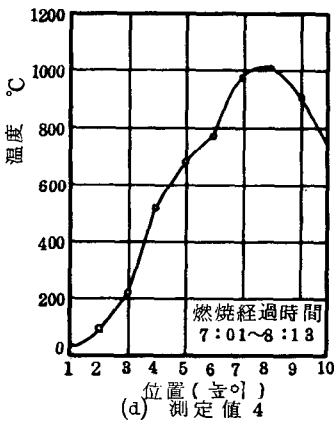
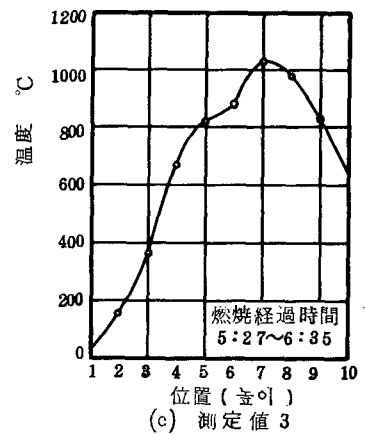
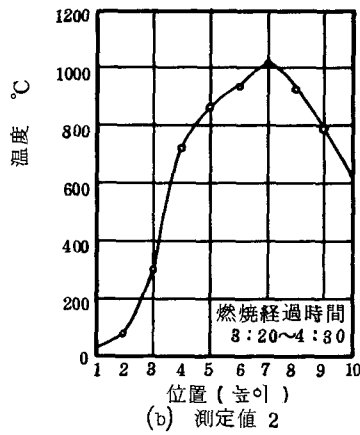
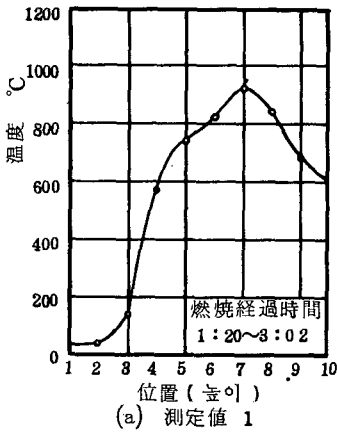


(e) 測定值 5

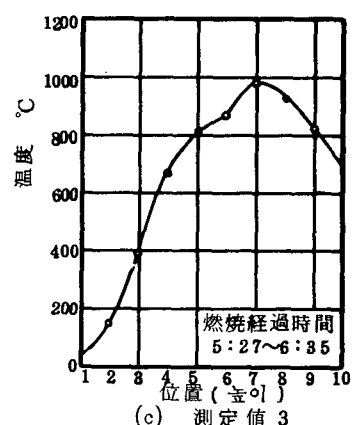
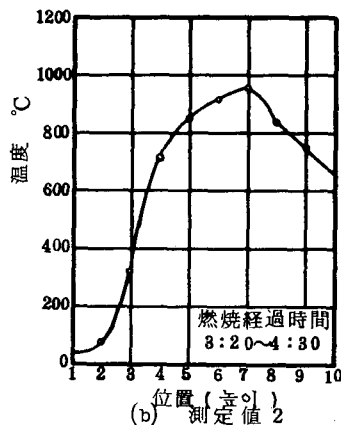
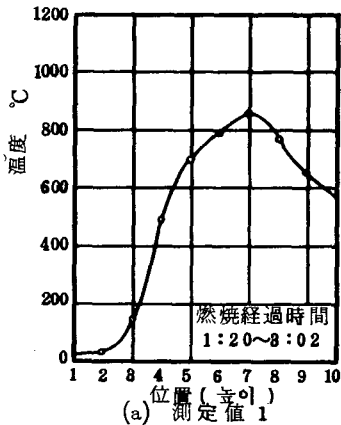


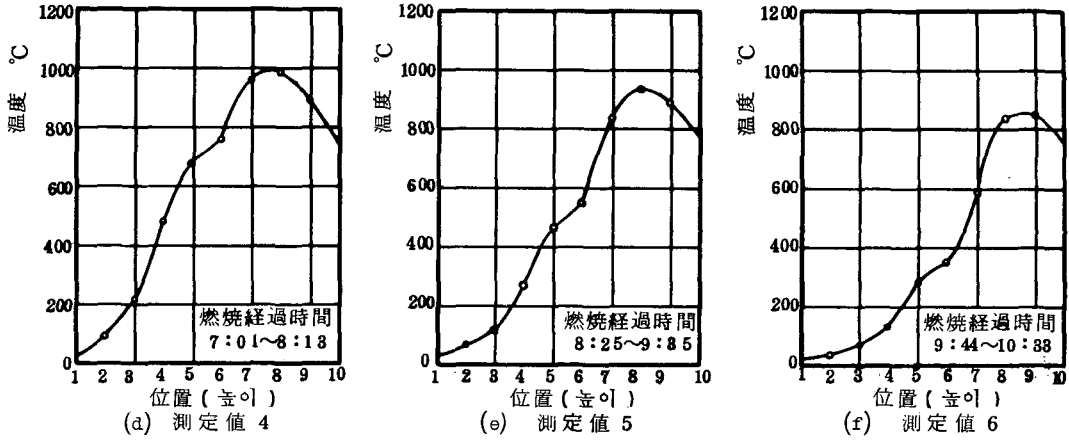
(f) 測定值 6

[그림 6] I의 流路A의 燃燒가스溫度分布圖

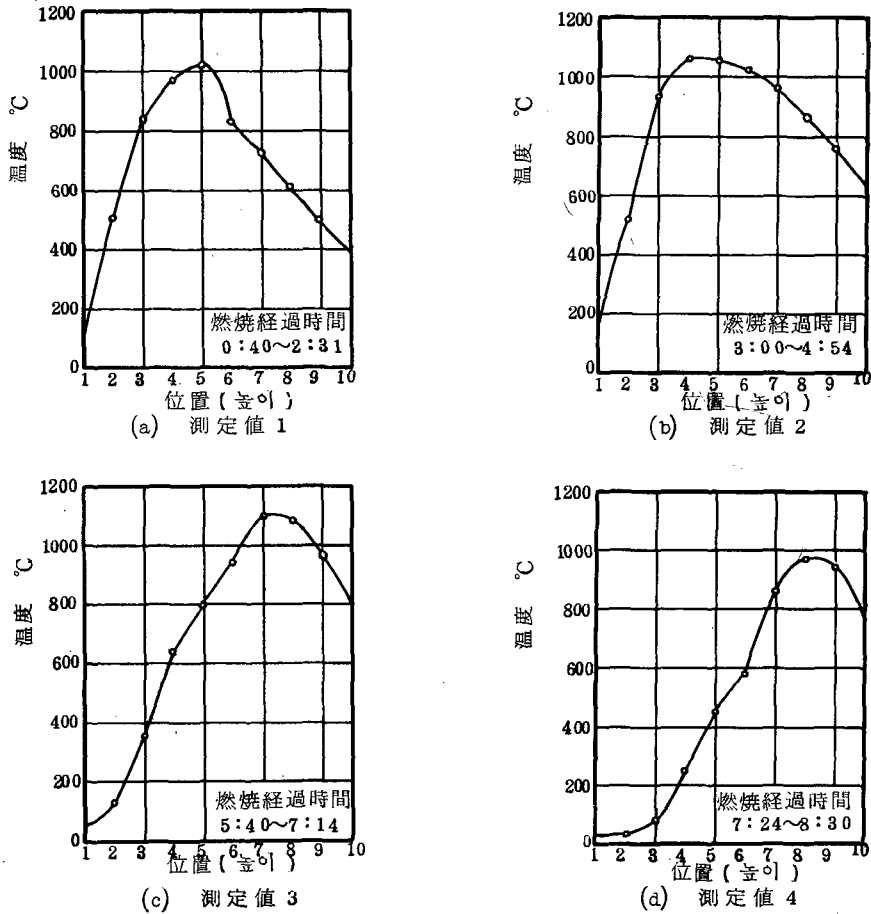


[그림 7] I의 流路B의 燃燒가스温度分布圖

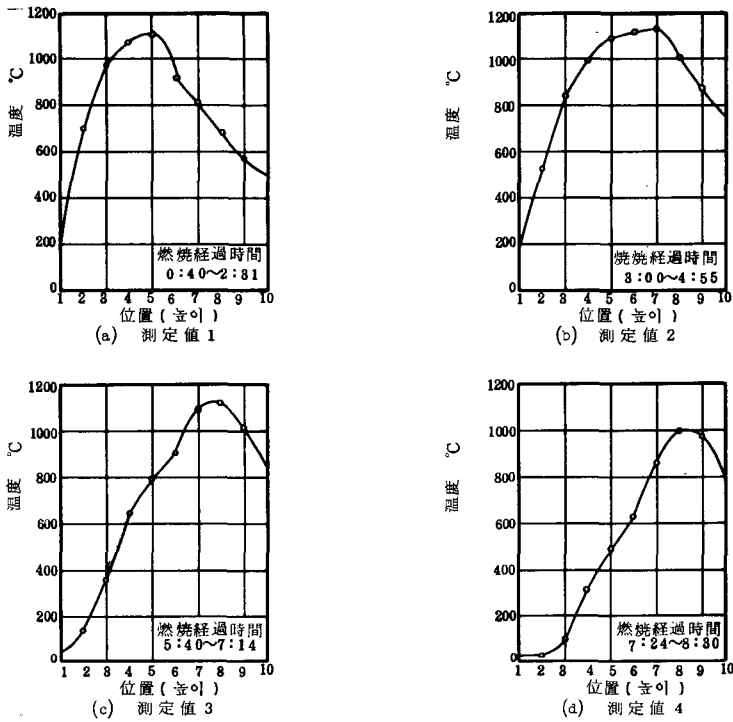




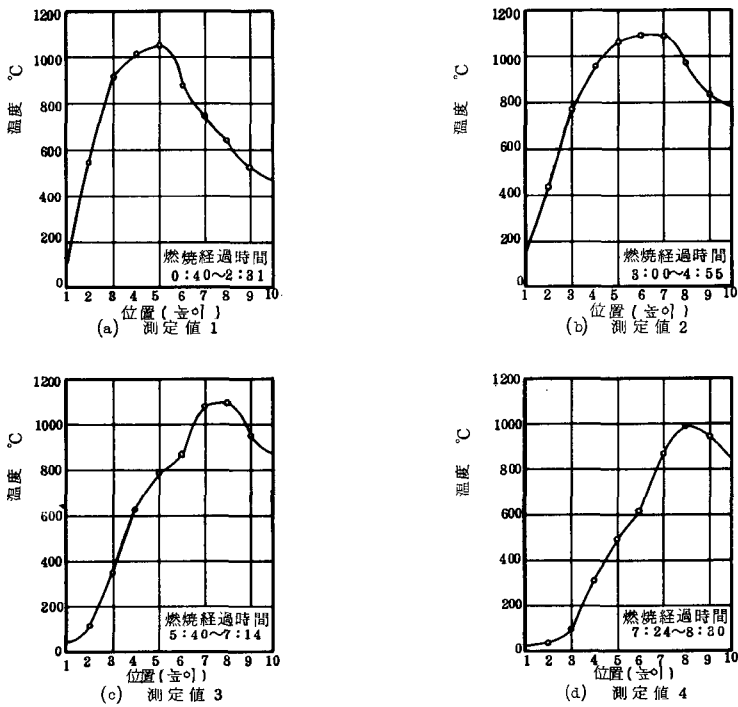
[그림 8] I의 流路C의 燃焼가스比重量分布圖



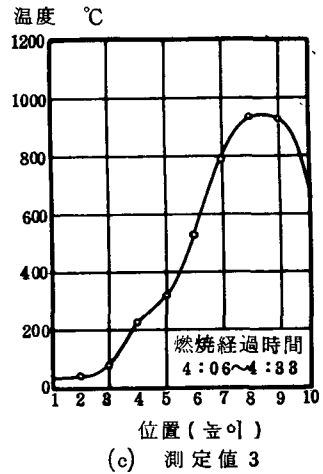
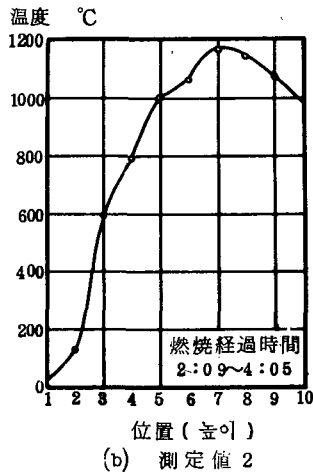
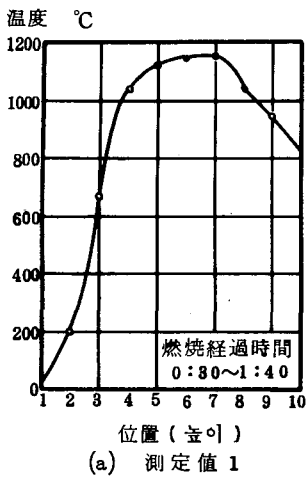
[그림 9] II의 流路A의 燃焼가스温度分布圖



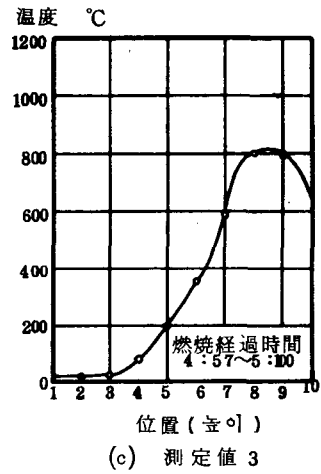
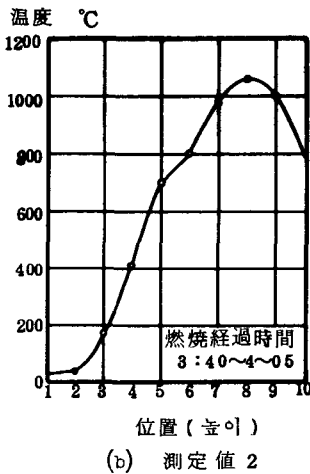
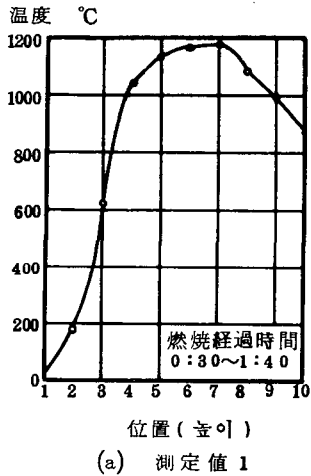
[그림 10] II의 流路B의 燃燒가스温度分布圖



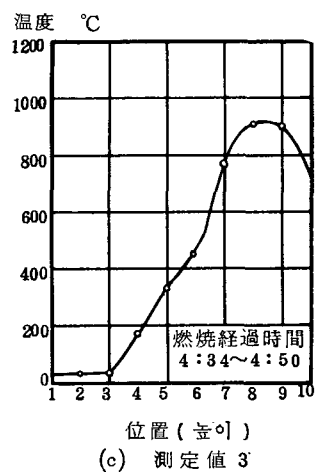
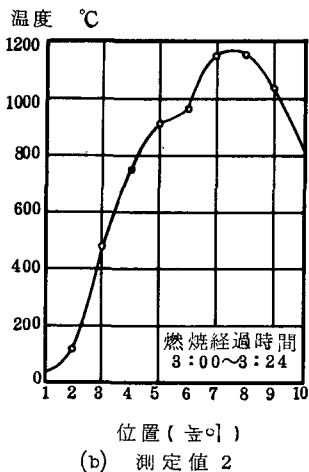
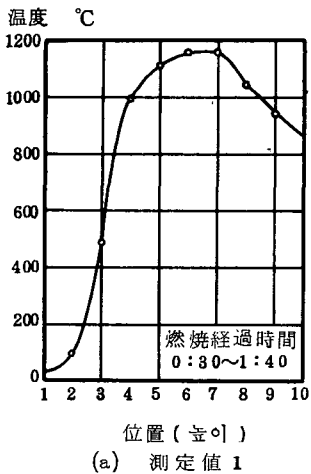
[그림 11] II의 流路C의 燃燒가스温度分布圖



[그림 12] Ⅲ의 流路A의 燃燒가스温度分布圖

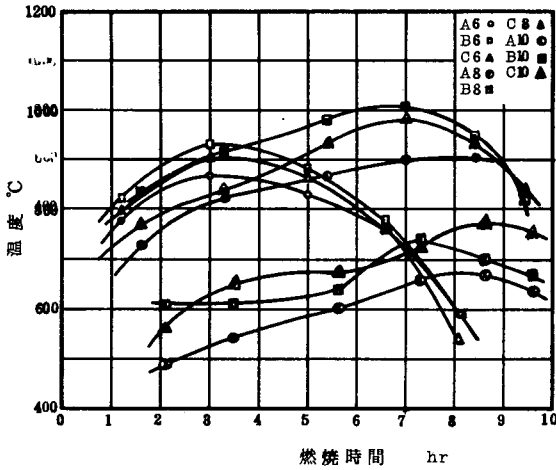


[그림 13] Ⅲ의 流路B의 燃燒가스温度分布圖

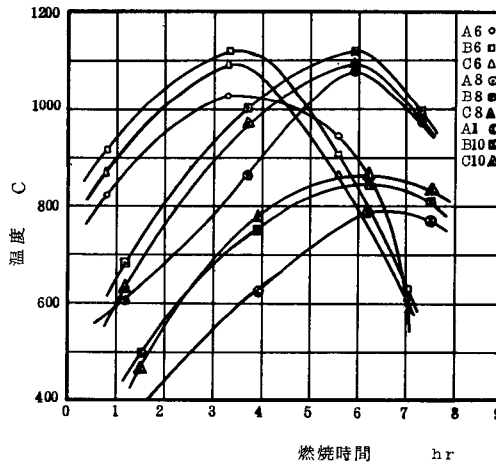


[그림 14] Ⅲ의 流路C의 燃燒가스温度分布圖

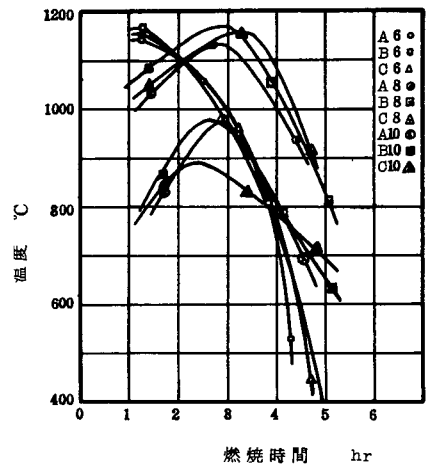
煉炭燃燒가스 流路의 通風力



[그림 15] I의 流路內 位置의 燃燒가스温度變化圖



[그림 16] II의 流路內 位置의 燃燒가스温度變化圖



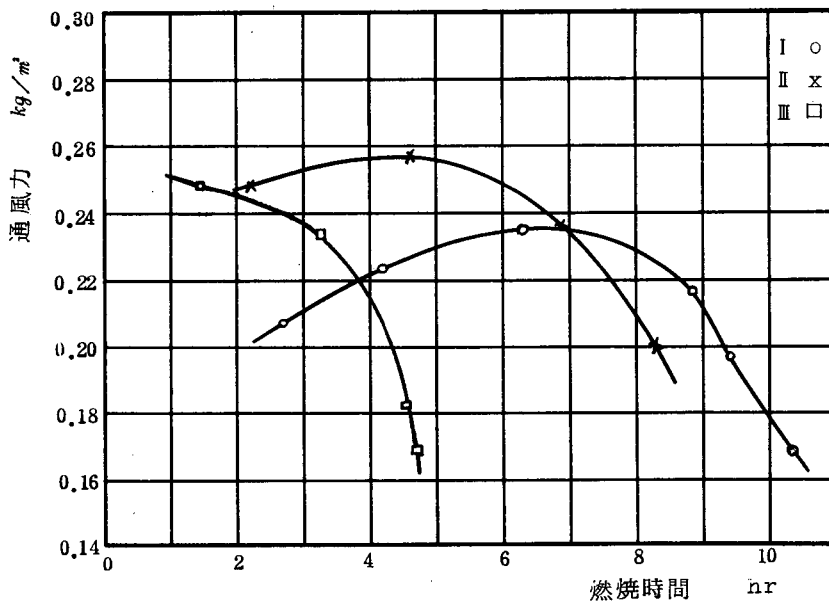
[그림 17] III의 流路內 位置의 燃燒가스温度變化圖

〈表 2〉 試驗用 煉炭斗 通風力

試驗用 煉 炭	燃 燒 經 過 時 間	通 風 力 (kg/m ²)		
		流 路 A	流 路 B	流 路 C
I	1:20 ~ 3:02	0.198	0.207	0.203
	3:20 ~ 4:30	0.219	0.224	0.226
	5:27 ~ 6:35	0.227	0.235	0.235
	7:01 ~ 8:13	0.208	0.216	0.215
	8:25 ~ 9:35	0.183	0.197	0.209
	9:44 ~ 10:33	0.164	0.168	0.159
II	0:40 ~ 2:31	0.238	0.248	0.242
	3:00 ~ 4:54	0.254	0.257	0.253
	5:40 ~ 7:14	0.237	0.235	0.234
	7:24 ~ 8:30	0.195	0.2	0.198
III	0:30 ~ 1:40	0.248	0.249	0.240
	*	0.206	0.207	0.234
	**	0.181	0.148	0.169

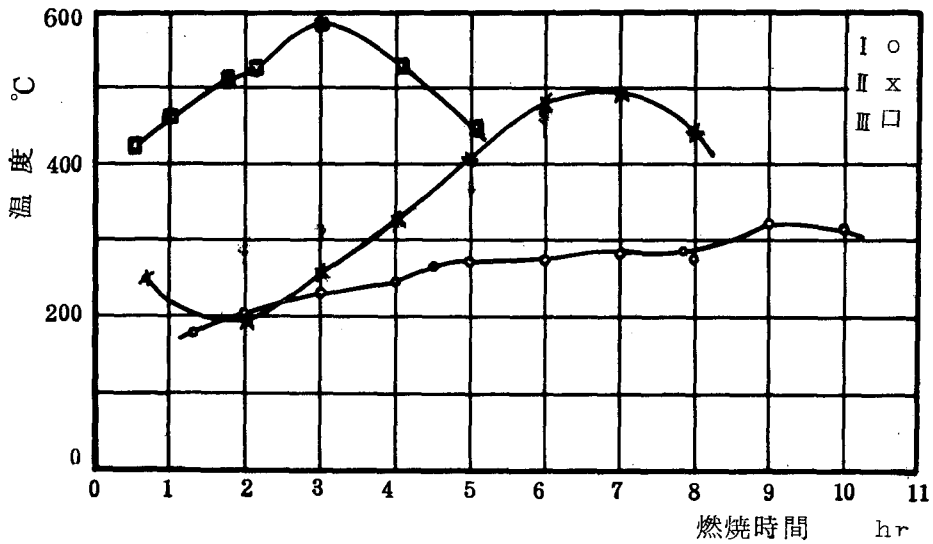
* A (2:09 ~ 2:53), B (3:40 ~ 4:05), C (3:00 ~ 3:24)

** A (4:06 ~ 4:33), B (4:57 ~ 5:10), C (4:34 ~ 4:50)



〔그림 18〕 燃 燒 時 間 과 通 風 力 的 曲 線

煉炭燃焼가스 流路의 通風力



[그림 19] 煙筒入口D의 燃焼가스温度變化圖

<表 3> 試驗用 煉炭 燃焼時의 靜壓差

煉炭	燃焼 經過時間	靜壓差					
		$P_a - P_i$	$P_a - P_o$	$P_o - P_i$	$P_D - P_c$	$P_A - P_B$	$P_D - P_A$
I	1:47	0.62	0.015	0.605	0.18		
	2:46	1.0	0.055	0.945	0.2	0.055	0.034
	4:10	1.029	0.056	0.973	0.29	0.026	0.01
	5:50	1.082	0.045	1.037		0.035	0.045
	7:30	1.15	0.036	1.114	0.35	0.0235	0.035
	8:48	1.13	0.03	1.1		0.037	0.023
II	5:17	0.81	0.015	0.795	0.185		
	6:20	1.191	0.04	1.151	0.15		
	7:22	0.95	0.015	0.935	0.117		
	8:05	0.9	0.015	0.885	0.11		
III	1:07	1.038	0.003	1.035			
	2:11	1.043	0.058	0.985	0.203		
	3:40	1.061	0.09	0.971	0.173		
	5:42	1.033	0.081	0.952	0.148		

* P_a 는 大氣壓

* 單位는 mmAq

3.2 解 析

그림 6 ~ 그림 14에서 煉炭燃燒가스 流路內 가의 最高溫度의 位置는 上炭과 下炭이 接觸하는 부근에서부터 燃燒進行에 따라 점차 上昇하고 있으며, 이것이 上炭의 中心部에 이른 後부터는 煉炭 전체에 걸쳐서 燃燒가스溫度는 낮아지고 있음을 볼 수 있다. 그리고 燃燒가스溫度는 B에서 가장 높고 C, A의 順으로 높으며, 이것은 煉炭 固體部의 燃燒溫度가 煉炭 中心部에서 가장 높다는 事實과 一致하고 있다. 어느 한 流路에서는 燃燒가스溫度는 出口쪽을 向해서 낮아지고 있다.

이때 각 點에서의 燃燒가스의 最高溫度는 대략 $650^{\circ}\sim 1150^{\circ}\text{C}$ 사이에 있다. 따라서 煉炭燃燒가스 流路內 가스溫度가 높으면 가스와 外氣의 密度差가 커지므로 表 3에서 보는 바와같이 通風力은 B에서 가장 크고 C, A로 갈수록 적어진다. 그러나 그 크기는 큰 差異가 없다.

그림 20을 보면 通風力은 燃燒가 進行함에 따라 增加하다 最高點에 이른 後 減少하고 있으며 通風力曲線은 燃燒時間을 짧게 할수록 대체로 높아지고 있다. 通風力의 크기는 대략 $0.15\sim 0.26\text{ m/s}$ 사이에 있다.

表 3에서 靜壓差의 變動이 不規則的임을 볼 수 있는데 그 主要原因은 煉炭의 燃燒가스 流路와 燃燒現象이 複雜하며, 또 外氣의 影響 등 여러 가지 條件의 變化에 있는 것으로 考慮된다.

그리고 空氣吸入管內의 壓力損失이 상당히 큰 것을 알 수 있다.

4. 結 論

煉炭燃燒가스 流路의 通風力의 크기 및 그 變化를 알기 위하여 燃燒時間을 約 5, 8분 및 11時間의 3가지로 잡아 煉炭燃燒가스 流路內 30個所의 燃燒가스의 溫度와 流路內外에서의 靜壓降下 등을 燃燒進行에 따라 測定하였다. 이로부터 얻은 資料를 分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 煉炭燃燒가스 流路內 各 點이 到達하는 燃燒가스의 最高溫度는 燃燒進行에 따라 그 位置가 점차 上昇하고 있으며, 最高溫度가 上炭의 中心部에 이른 後부터 燃燒 가스溫度는 煉炭 전체에 걸쳐서 낮아진다. 空氣吸入口를 열어서 燃燒時間을 짧게 할수록 煉炭燃燒가스溫度는 流路 전체에서 增加한다.
2. 煉炭燃燒가스 流路의 通風力은 燃燒가 進行함에 따라 增加하다 最高點에 이른 後 減少하고 있다. 通風力은 燃燒時間을 짧게 할수록 대체로 커지고 그 크기는 대략 $0.15\sim 0.26\text{ m/s}$ 사이에 있다.
3. 煉炭燃燒가스 流路內 가스溫度는 煉炭中央流路에서 가장 높고 가장자리의 流路쪽으로 갈수록 낮아지며, 어느 한 流路에서는 出口쪽을 向해서 낮아지고 있다. 煉炭燃燒가스 流路의 各 位置에서 燃燒가스의 最高溫度는 대략 $650^{\circ}\sim 1150^{\circ}\text{C}$ 사이에 있다. 通風力은 煉炭中央流路에서 가장 크고 가장자리의 流路쪽으로 갈수록 적어지며 그 크기는 큰 差異가 없다.

參 考 文 獻

1. 韓國科學院: 溫突改良設備에 關한 研究
科學技術處, R-74-50
2. 민 滿 基: 溫突의 煉炭가스 流量에 關한 研究 (1)
空氣調和·冷凍工學 第4卷 第2號
P 119, 1976年 6月
3. 민 滿 基: 溫突의 煉炭가스 流量에 關한 研究 (2)
空氣調和·冷凍工學 第4卷 第4號
P 275, 1976年 12月
4. 大韓石炭公社: 煉炭가스 中毒防止에 關한 研究
C. R. I. No 78, 1971年 12月
5. 崔 漢 石: 煉炭燃燒時의 副產物 利用研究
高麗大學校 生産技術研究所 研究報告 2, 93, 1971.