

|||||  
 論 文  
 |||||

熔鐵에서의 加炭에 關한 研究(1)  
 —加炭에 미치는 炭素材의 結晶化熱處理의 영향—

曹 源 一\* 李 鍾 南\*\*

Study on Carbon Pick-up in molten iron—(I)  
 Effect of Crystallization heat treatment of Carbon-bearing  
 materials on Carbon Pick-up in molten iron

Won-Il CHO\*, Jong-Nam LEE\*\*

ABSTRACT

In order to develop domestic carburizers, the experiment was carried out by applying crystallization heat treatment to domestic anthracites and also to foreign products to compare with domestic anthracites.

The present work was mainly concerned with the effect of their degree of crystallization of carbon-bearing materials on carbon pick-up in molten iron. Those effects were evaluated by the measurement of density, chemical composition, specific electric resistivity, and X-ray intensity of carbon-bearing materials.

Experimental results thus obtained were summarized as follows.

1. The degree of crystallization of domestic anthracites and foreign products was increased with increasing heat treatment temperature.
2. The more degree of crystallization, the shorter the dissolving time of domestic anthracites in molten iron was obtained, while that of foreign products was remained constant.
3. As the degree of crystallization of domestic anthracites and foreign products was increased, the carbon content as well as carbon recovery in molten iron was increased.

1. 緒 論

熔鐵에 있어서 炭素에 關한 問題는 오래 前부터 研究 되어 왔으며, 特히 最近에 이르러 爐의 選擇이 高級鑄鐵의 生産과 原價節減을 위하여 漸次 Arc-熔解爐 및 低·高周波 誘導熔解爐로 轉換됨에 따라 鋼屑의 熔解時 惹起되는 炭素量의 不足을 어떻게 解決하는가의 問題가 擡頭되었다. 그리하여 不足된 炭素量을 充當해줄 目的으로 電極屑, 石油系 cokes, 高爐用 cokes 그리고 無

煙炭 등을 熔湯에 添加하여 왔으며, 添加方法도 여러가지 研究·考案되었다.<sup>1), 2)</sup>

지금까지 遂行되어진 加炭에 關한 研究에서는 熔鐵의 化學組成, 溫度, 그리고 炭素材의 灰分의 影響에 對해서는 一致되는 結果를 보이고 있으나,<sup>3), 4), 5)</sup> 炭素材의 黑鉛化 即 結晶化에 對한 結果는 一致하지 않고 있으며,<sup>4), 5), 6)</sup> 더구나 그 原因에 關해서도 뚜렷한 究明을 못하고 있다.

따라서 本實驗에서는 熔鐵에 있어서 加炭에 미치는 炭素材의 結晶化의 影響과 原因 그리고 國產 無煙炭의 加炭材로서의 活用與否를 檢討하였으며, 이를 위하여 外國產 加炭材와 比較檢討하였다.

\* 고려대학교 대학원

\*\* 고려대학교 공과대학 교수

## 2. 實驗 方法

### 2.1 使用材料

#### 2.1.1 炭素材料

本 實驗에서 使用한 加炭材는 國內에서 生産되고 있는 2 種類의 無煙炭( 以下 無煉炭 - I, II 로 表記 ) 과 現在 市販되고 있는 外國産 加炭材를 粉碎, 체질 ( si-  
eving ) 하여 그 原料로 使用하였으며, 이들의 化學組

Table 1. chemical composition of carbon-bearing materials in weight percent.

Composition Specimen	H <sub>2</sub> O	V.M.	Ash	F.C.	S
Domestic Anthracite I	0.27	5.73	25.49	68.1	0.37
Domestic Anthracite II	0.01	3.37	4.92	91.7	0.03
Foreign Carburizer	0.17	3.06	1.22	95.7	0.84

成은 Table. 1에 나타낸 바와 같다. 또한, 그 粒形은 Photo. 1에 나타낸 바와 같이 不均形이며, 粒度는 140 mesh 以下이다.

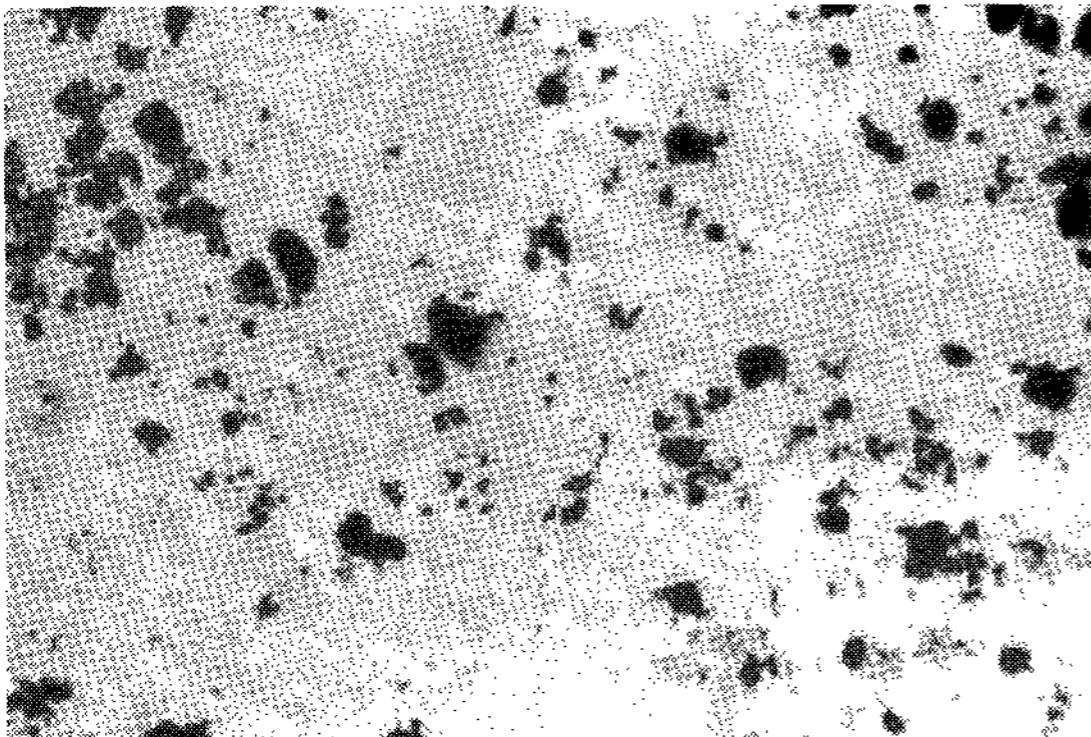


Photo. 1. Particle shape of carbon bearing materials. ( × 100 )

#### 2.1.2 粘結劑

加炭材의 成形에 使用된 粘結劑는 加炭에 影響이 없  
다고 思慮되는 市販 製鐵化學社 製品인 Mid Pitch 를  
粉碎하여 40 mesh 以下의 것을 취하여 使用하였다.

#### 2.1.3 熔解地金

熔解에 使用된 地金은 KS D 3752 SM 12 C에 該  
當하는 構造用 低炭素鋼이며, 이것의 化學組成을 Ta-  
ble 2에 나타냈다.

Table 2. Chemical composition of charging material.

Composition	C	Si	Mn	P	S	Fe
Content (wt. %)	0.15	0.21	0.45	0.028	0.022	balance

### 2.2 加炭材의 準備와 加炭實驗

#### 2.2.1 炭素粉末의 製造와 加炭材의 成形

國産 無煙炭 - I, II 의 原炭과 外國産 加炭材를 ball  
mill에서 各各 粉碎한 다음에 140 mesh 以下의 粉末  
을 취하여 粘結劑와 무게비로 9 : 1이 되도록 정량하  
였다. 이것을 Mixer에서 24 hr 混合하고, 直徑 25  
mm의 Die 를 통하여 60°C에서 熱間壓縮成形하였으며,  
成形壓은 400 kg/cm<sup>2</sup>이었다.

#### 2.2.2 炭素材料의 結晶化處理

2.2.1의 過程을 거쳐서 얻은 disk形의 試片을 N<sub>2</sub>  
gas 雰圍氣下에서 700°C로 24 hr 동안 加熱處理한  
後 常溫까지 爐冷하고, 再次 N<sub>2</sub> gas 下에서 900°C,  
1100°C 및 1300°C로 各各 1 hr 동안 加熱하여<sup>7) 8)</sup>  
結晶化處理溫度에 따른 試片을 準備하였다.

#### 2.2.3 熔解와 加炭

熔解作業은 20 KW 高周波誘導 熔解爐에서 5番  
Magnesia 도가니를 使用하여 熔解用地金 1 kg을 Ar-  
gas 雰圍氣下에서 하였고, 1590°C에서 Al-4 g을 添  
加하여 脫酸處理를 하였으며, 脫酸한 直後에 미리 準備  
된 加炭材를 熔湯의 表面에 投入하였다. 그리고 一定時  
間마다 φ 7 mm vycor tube 를 使用하여 成分分析用  
試料를 採取하였다.

### 2.3 試 驗

#### 2.3.1 炭素材料의 結晶化處理溫度에 따른 特性變 化의 測定

##### (1) 密度測定

結晶化處理를 하였을 때 處理溫도의 變化에 따른 炭  
素材料의 密度의 變化를 檢討하기 위하여 試片의 부피  
와 무게를 測定하였는데, 무게는 10<sup>-2</sup> mg까지 잴 수 있  
는 Automatic Balance 를 使用하여 測定하였고, 부피  
는 各 試片의 두께와 直徑을 버어니어 캘리퍼스로 測定  
하여 求하였으며, 이 測定值를  $d = \frac{m}{V}$  式에 代入하여  
密度값을 구했다. 이 測定은 加炭材의 密度는 加炭에  
影響을 미치는 重要한 因子들 가운데 하나라는 報告에  
따라<sup>3), 5)</sup> 炭素材料의 結晶化處理時 생기는 炭素材料

의 密度變化를 檢討하기 위하여 遂行되었다.

(2) 化學成分分析

炭素材料의 結晶化處理溫度에 따른 成分變化를 檢討하기 위하여 ASTM-D3176에 依據한 工業分析을 實施하여 각기 다른 溫度에서 結晶化處理된 試片의 成分을 調査하였다.

(3) 電氣比 抵抗測定

ASTM-D257에 準하여 각기 다른 溫度에서 結晶化處理한 試片의 양쪽 면에 silver Painting을 한 다음 건조기에 넣어 50°C에서 24 hr 동안 乾燥하고, Universal Bridge Type LCR-4A의 自動抵抗測定機로 試片의 Bulk 電氣抵抗을 測定하여  $\rho = R \cdot A / \ell$  式에 의해서 電氣比抵抗值를 求하였다.

(4) X-ray Diffraction Intensity 測定

各 結晶化處理溫度에 따라 準備된 試片을 粉碎한 後 체질하여 200 mesh (53  $\mu$ ) 以下の 粉末을 얻고, 이 粉末을 끓는 HCl과 HF 溶液에 넣어 處理하였으며, 各 段階마다 蒸溜水로 水洗하였다. 이러한 과정을 통과한 粉末을 건조기에 넣어 50°C에서 24 hr 건조하여 試料를 準備하였다.<sup>9), 10)</sup> 그리고, Incident Beam 은 Cu-K $\alpha$  선을 Scanning Speed 는 2°  $\theta$ /min, Chart Speed 는 800 mm/hr 로 하였다.

2.3.2 加炭試驗

各 結晶化處理溫度에 따라 準備된 一定量의 加炭材를 熔湯表面에 投入한 후 熔解되어 消失될 때까지 걸리는 時間을 測定하여 이를 熔解時間으로 하였고, 가해진 炭素量을 알기 위하여 Sampling을 수차례 실시하고, 이 Sample을 粉碎하여 C分析을 해서 加炭量을 決定하였다. 그리고 炭素回收率은 (가탄 후 C% - 가탄 전 C%) / 가탄소 %  $\times$  100 式에 의하여 구하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 結晶化處理溫度에 따른 炭素材料의 特性變化

3.1.1 密度變化

本 實驗에서는 加炭材料로써 國產 無煙炭과 外國產 加炭材를 使用하여 加炭에 미치는 炭素材料의 結晶化의 影響을 檢討하는데에 重點을 두고, 結晶化處理가 炭素材料의 密度에 주는 影響을 檢討하였다. 그 결과는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

여기에서 보듯이 國產 無煙炭 - I, II 와 外國產 加炭材 모두가 密度의 變化를 나타내지 않았다. 그러므로 加炭에 影響을 미치는 密度因子가<sup>3), 5)</sup>가 結晶化處理溫度에 따라 變化가 없다는 것은 本 實驗에서는 密度因

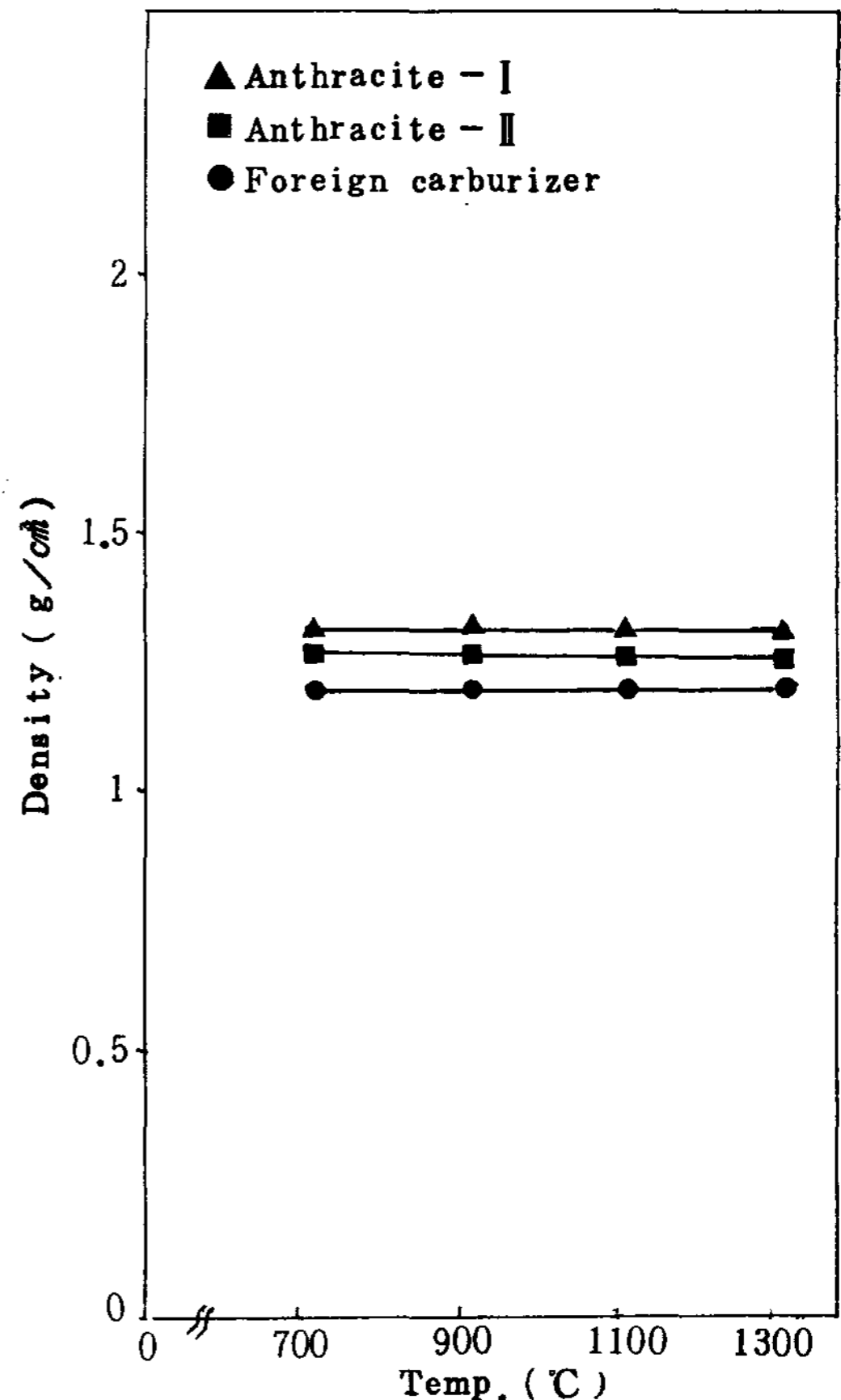


Fig. 1 Density dependence of carbon-bearing materials on crystallization temperatures.

자에 의한 加炭에 미치는 影響은 없는 것으로 思慮된다.

3.1.2 成分變化

國產 無煙炭 - I, II 및 外國產 加炭材의 結晶化處理溫度에 따른 成分變化의 分析值는 Table 3에 나타낸 바와 같다. 이 Table 3 結果에 의하면 炭素材料의 成分 (H<sub>2</sub>O, Volatile Matter, Ash, Fixed Carbon 및 S) 모두에서 變化를 보이고 있으나, 이들 가운데에서 加炭에 가장 큰 影響을 주는 것으로 思慮되는 固定炭素와 黃에 關하여 考察하면, 本 實驗에서  $\pm 1\%$ 의 固定炭素量의 變化가 가져오는 熔鐵中에서의 炭素含有量 差異는 炭素回收率이 100%라고 假定하였을 때,  $\pm 0.032\%$ 로 예상되며, 黃의 變化量 + 0.2%가 미치는 炭素飽和濃度에 대한 影響은 Neumann等<sup>11)</sup>에 의해 報告된 式에 따르면  $+ 1.3 \times 10^{-3}\%$ 의 炭素飽和濃度變化를 나타내므로 加炭에 미치는 成分變化에 의한 影響은 無視해도 無妨한 것으로 思慮된다.

Table 3. Chemical composition of carbon-bearing materials crystallized at various temperatures. (wt.%)

Composition Crystallization Specimen temp (C)	H <sub>2</sub> O	V.M.	Ash	F.C.	S	
Domestic Anthracite I	700 °C	0.56	1.37	27.3	70.4	0.36
	900 °C	0.40	0.90	27.1	71.1	0.35
	1100 °C	0.04	0.11	27.6	71.0	0.35
	1300 °C	0.01	0.10	27.4	71.5	0.17
Domestic Anthracite II	700 °C	0.01	0.97	4.63	94.4	0.08
	900 °C	0.02	1.02	4.80	94.2	0.05
	1100 °C	0.01	0.99	4.75	94.3	0.05
	1300 °C	0.01	0.50	4.00	95.5	0.04
Foreign Carburizer	700 °C	0.18	2.13	1.78	96.1	0.87
	900 °C	0.17	1.68	1.77	96.6	0.88
	1100 °C	0.11	1.17	1.85	97.0	0.85
	1300 °C	0.01	0.87	1.90	97.2	0.83

3.1.3 電氣比抵抗

各 炭素材料의 結晶化度에 미치는 結晶化處理 溫度의

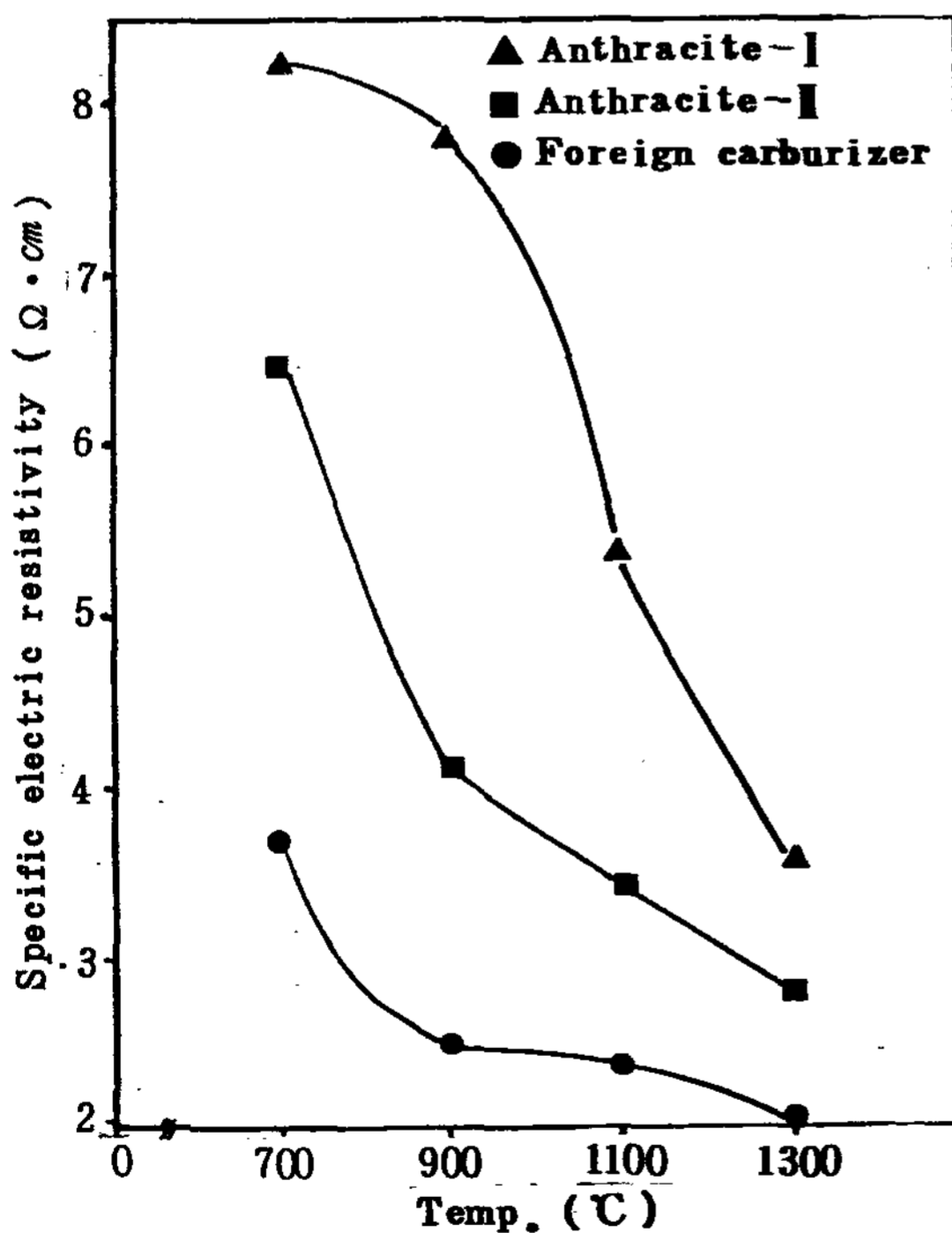


Fig. 2. Specific electric resistivities of carbon-bearing materials with respect to crystallization temperatures.

影響을 檢討하기 위하여 各 試片의 結晶化處理 溫度에 따른 電氣比抵抗值를 測定하여 그 結果를 Fig. 2에 나타냈다.

Fig. 2에 나타낸 바와 같이 各 試片의 電氣比抵抗值는 結晶化處理溫度가 增加할수록 減少하는 傾向을 나타내고 있는데 이것은 結晶化處理溫度가 增加함에 따라 炭素材料의 電氣比抵抗值가 減少한다는 여러 研究者들의 報告와 一致하고 있다.<sup>7),8)</sup> 結果的으로 結晶化處理溫度가 높아질수록 各 炭素材料의 結晶化度는 增加하였고, 그 結晶化度는 國產 無煙炭 - I, 無煙炭 - II, 그리고 外國產 加炭材의 順으로 점차 높게 나타났으며, 結晶化度에 미치는 溫度의 影響은 無煙炭 - I에서 가장 크게 나타났다.

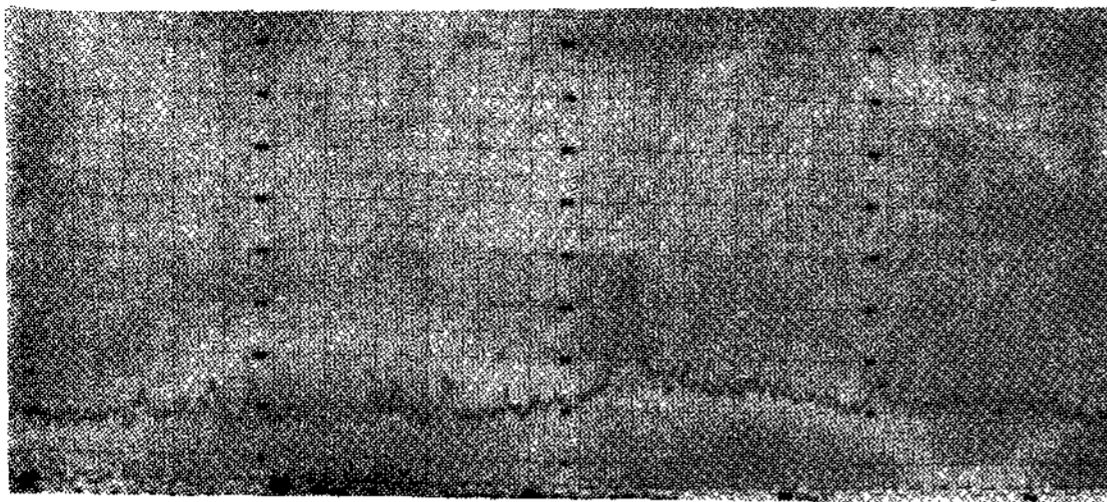
3.1.4 X-ray Diffraction Intensity

X-ray Diffraction Intensity 를 測定한 結果는 Table 4, Photo. 2, Photo. 3, 그리고 Photo. 4에 나타낸 바와 같다.

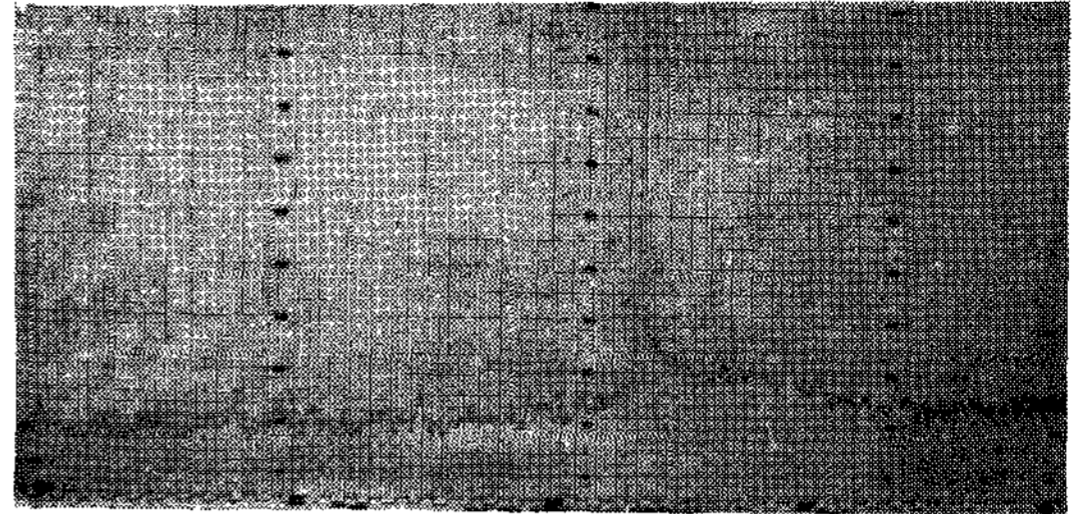
Table 4. X-ray diffraction analysis of carbon-bearing materials crystallized at various temperatures.

Cry stall-ization temp. (C)	Specimen X-ray diffraction pattern	Domestic anthracite - I	Domestic anthracite - II	Foreign carburizer
		As Green	Intensity: 40	34.8
	Peak Pt(2θ)	26.44°	26.6°	26.72
	*Δ s' (mm)	15	7.2	42.1
700°C	Intensity	65.2	68.3	·
	Peak Pt(2θ)	26.72°	26.52°	·
	*Δ s' (mm)	8.1	7.3	·
900°C	Intensity	75.2	79	81
	Peak Pt(2θ)	26.72°	26.48°	26.65°
	*Δ s' (mm)	7.2	7.3	41.9
1100°C	Intensity	82.5	80	·
	Peak Pt(2θ)	26.56°	26.52°	·
	*Δ s' (mm)	7.2	8.3	·
1300°C	Intensity	85.2	84.2	94.3
	Peak Pt(2θ)	26.56°	26.68°	26.8°
	*Δ s' (mm)	7.2	3	28

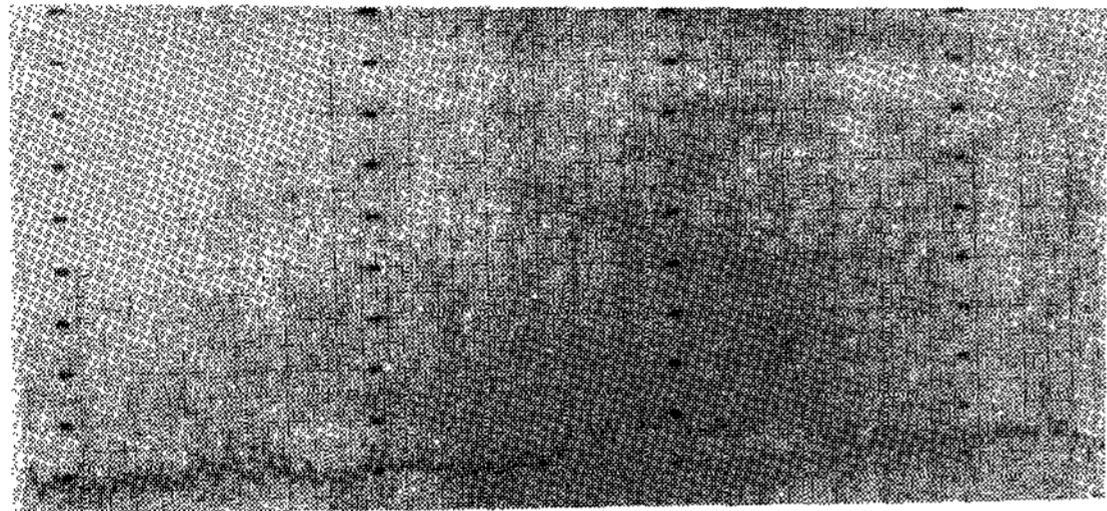
\*Δ s': half length of maximum peak intensity in chart.



(a)

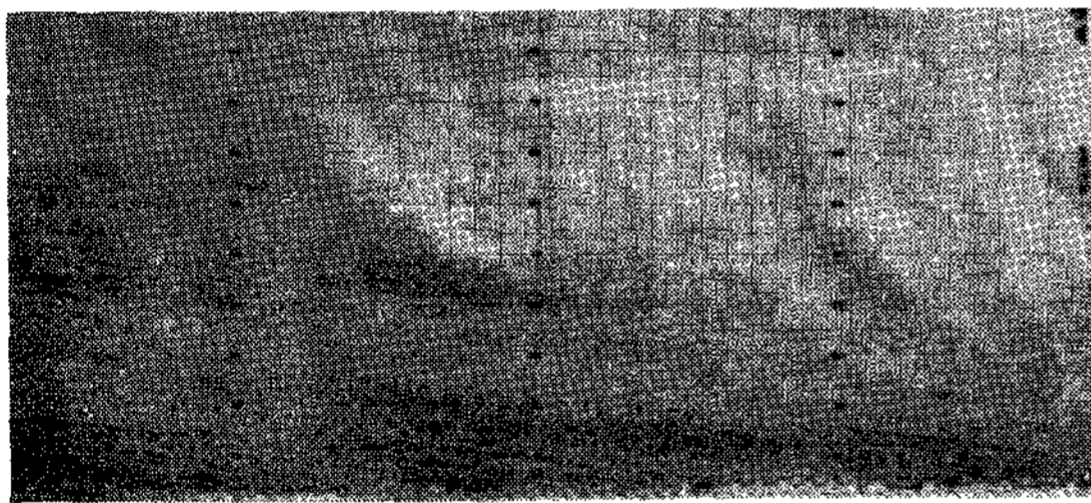


(c)

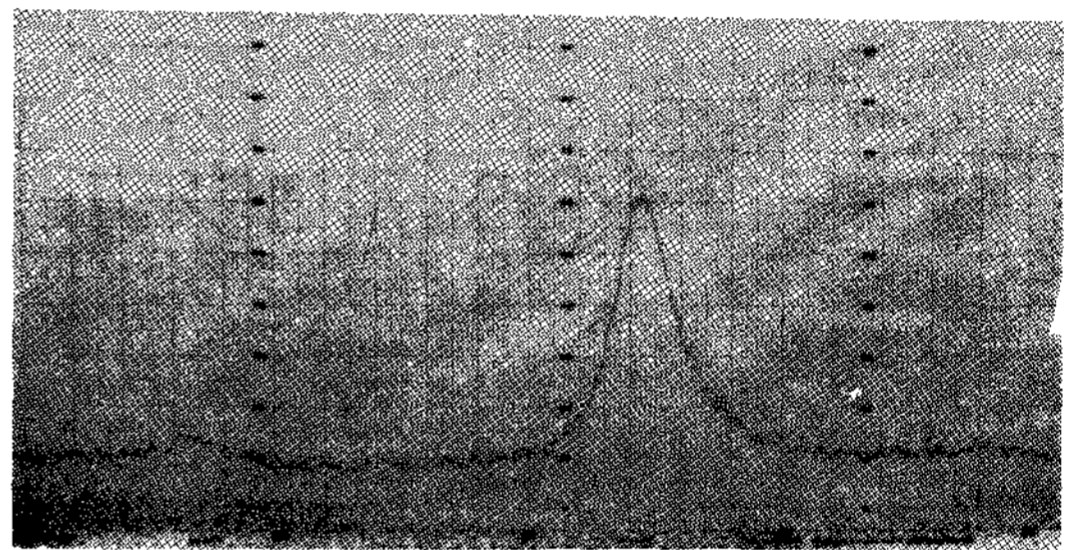


(b)

Photo.3. X - ray diffraction patterns of domestic anthracite - II at crystallization temperatures, (a) as green, (b) 900 °C, (c) 1300 °C



(c)

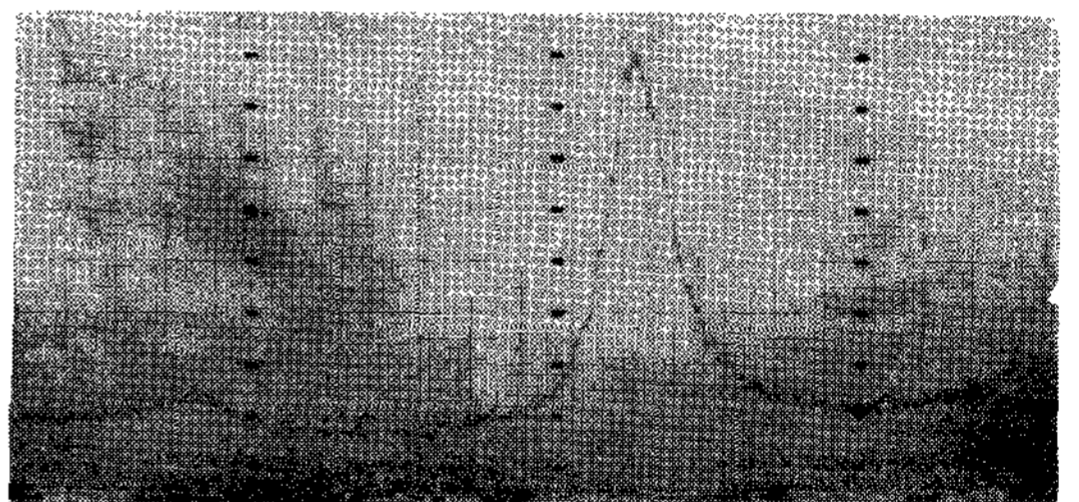


(a)

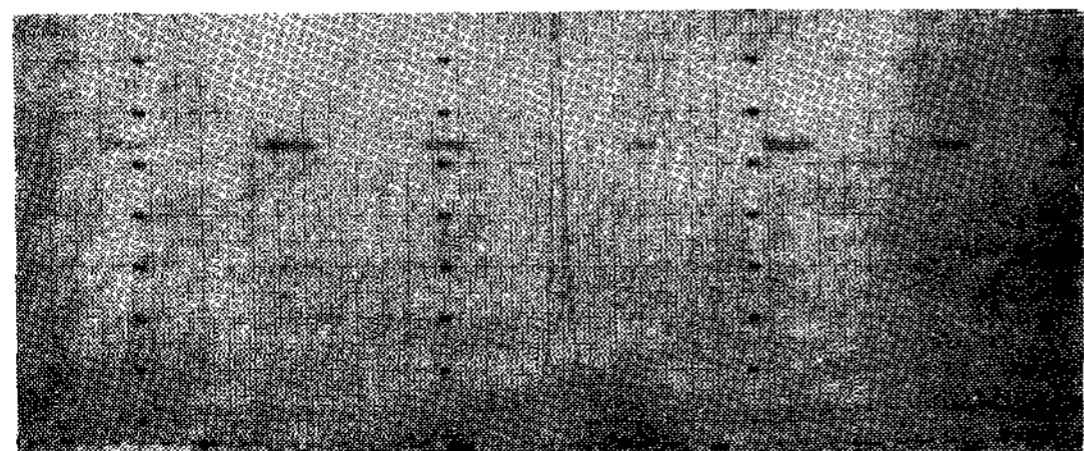
Photo.2. X - ray diffraction patterns of domestic anthracite - I at crystallization temperatures, (a) as green (b) 900 °C, (c) 1300 °C



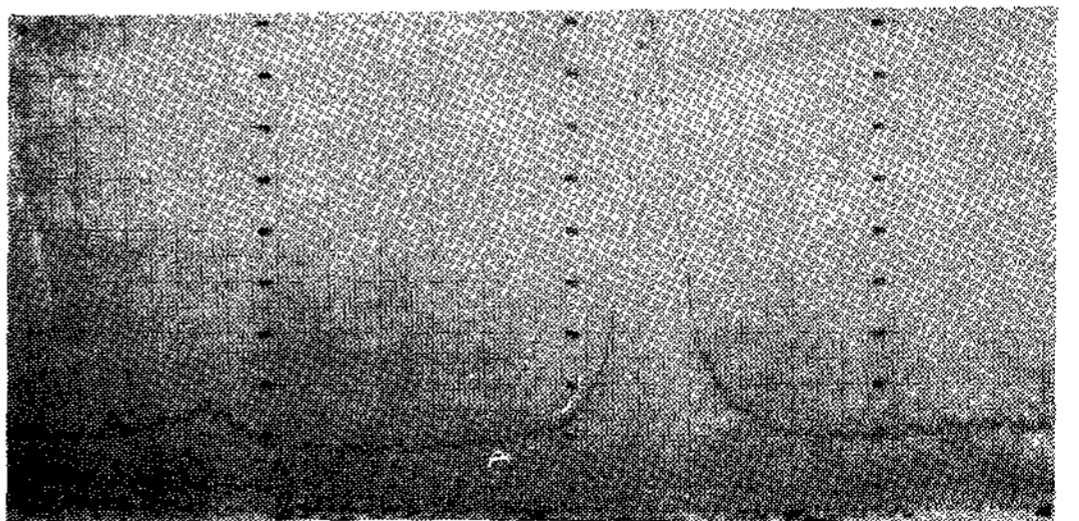
(a)



(b)



(b)



(c)

Photo.4. X - ray diffraction patterns of foreign carburizer at crystallization temperatures, (a) as green, (b) 900 °C, (c) 1300 °C

이 結果에 따르면 結晶化處理 溫度가 增加할수록  $2\theta = 26.5^\circ$  부근의 (002) 面の Intensity는 增加하는 傾向으로 나타났는데, 이는 3.1.3의 結果와 符合되고 있다. 即 結晶化處理溫度가 높아질수록 炭素材料의 結晶化度가 增加하여 結果적으로 H.C.P. 構造를 나타내는 (002) 面の Intensity가 增加한 것으로 思慮되며, 이것은 炭素材料의 結晶化度가 增加할수록 (002) 面の Intensity가 增加한다는 다른 研究者들의 報告와 一致한다.<sup>7),8)</sup>

한편, Table 4에 結晶體의 크기를 決定하는 값  $\Delta S$ 를 chart에서 읽은 값  $\Delta S^*$ 로 나타냈는데, 이 값은 國產 無煙炭 - I, II에서는 거의 一定하였고, 다만 無煙炭 - II에서 1300 °C로 結晶化處理한 경우와 外國產 加炭材의 結晶化處理時에 그 크기가 增加하는 傾向을 보였다. 이것은 炭素材料 中の 黑鉛의 結晶粒이 成長하기 보다는 오히려 生成이 빨리 일어나게 된 것으로 보이며, 어느 程度 黑鉛粒의 結晶이 生成되면 無煙炭 - II에서 1300 °C로 結晶化處理한 경우와 外國產 加炭材에 대한 結晶化處理 경우처럼 黑鉛粒結晶의 成長이 일어나는 것으로 思慮된다.

### 3.2 加炭에 미치는 炭素材料의 結晶化處理 溫도의 影響

#### 3.2.1 加炭材의 溶解時間에 미치는 影響

一般적으로 加炭이 잘 된다는 事實은 加炭材와 熔鐵

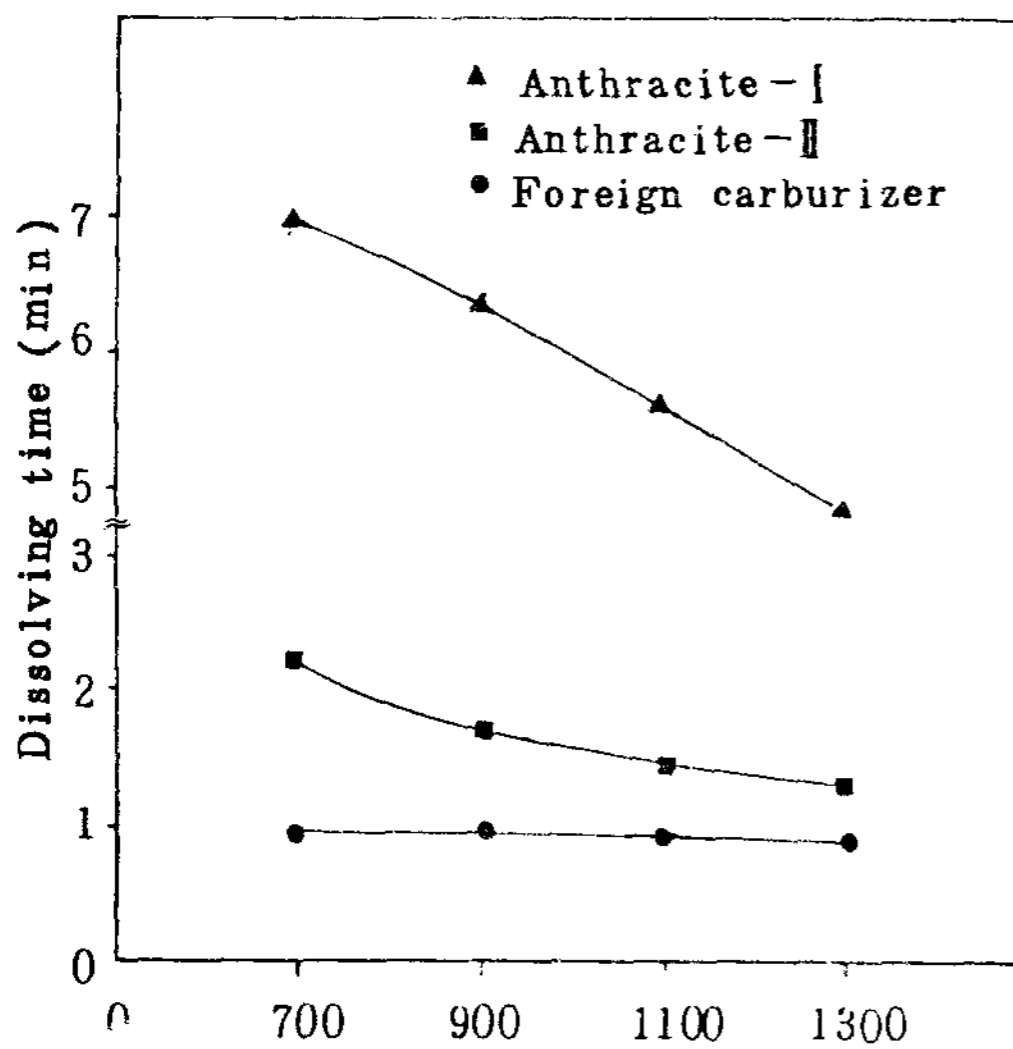


Fig. 3. Relationship of crystallization temperature of carbon bearing materials to dissolving time in molten iron.

間에 일어나는 加炭反應의 時間이 짧다는 것으로 表現할 수 있다. 熔鐵에 있어서의 各 加炭材의 溶解時間을 測定한 結果를 Fig. 3에 나타냈다.

이 結果에 따르면 國產 無煙炭 - I, II는 結晶化處理溫度가 增加할수록 加炭材의 溶解時間이 減少하였고, 역시 結晶化度가 가자 높은 外國產 加炭材의 溶解時間이 가장 짧게 나타났으며, 無煙炭 - II, 無煙炭 - I의 順으로 길게 나타났다. 한편, 結晶化處理 溫도의 影響은 無煙炭 - I의 경우에 가장 크게 나타났으며, 無煙炭 - I, II의 結晶化處理 溫度에 따른 傾向은 3.1.3에서 얻어진 結果와 符合된다. 그러나 外國產 加炭材의 경우에는 結晶化處理溫度에 關係없이 一定하게 나타났는데, 그 理由는 結晶化度가 어느 값 이상으로 높아지게 되면 加炭反應時間에는 別로 影響을 주지 않는 것으로 思慮된다. Kayama 등<sup>12)</sup>은 黑鉛의 溶解機構를 研究하여 Fig. 4와 같은 熔鐵에서의 黑鉛溶解機構의 모델을 提案하였

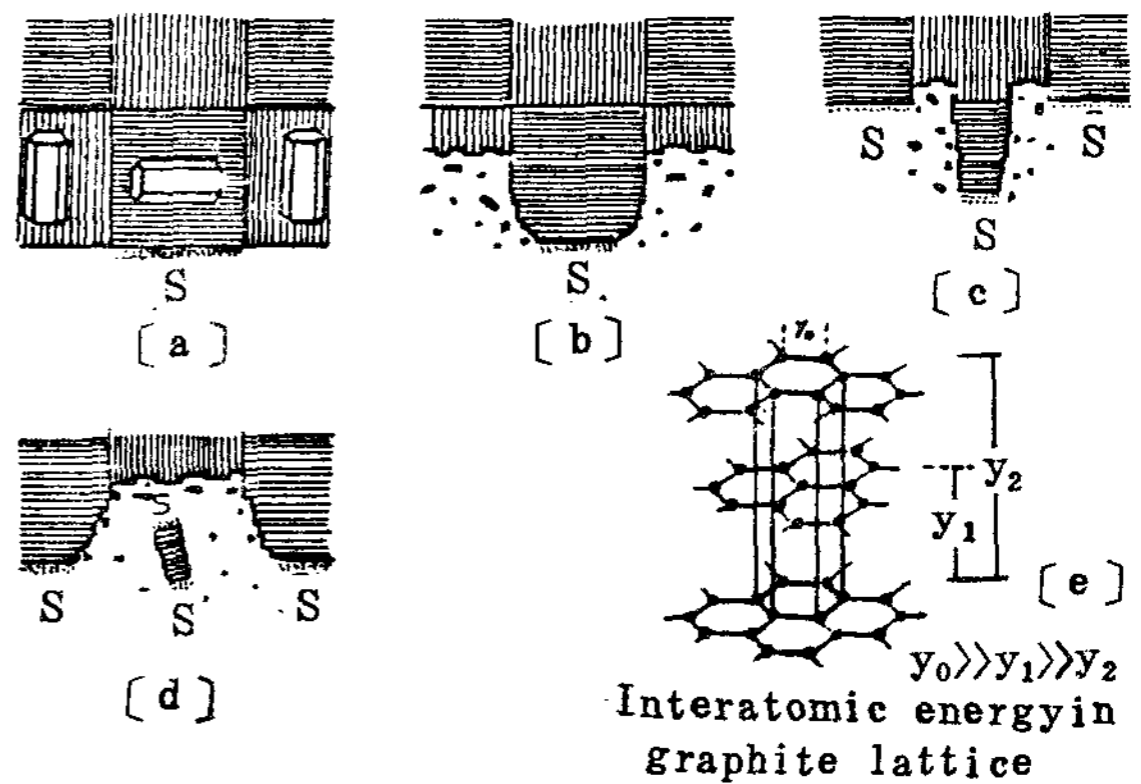


Fig. 4. Schematic diagram of dissolving process of graphite into high-s molten-iron.

는데, 이 모델을 導入하여 結晶化도와 溶解時間과의 關係를 類推하여 보았다. 即 結晶化가 進行될수록 黃의 吸着이 容易한 Prism Plane이 많아지고, 더구나 熔鐵과 反應表面을 形成하는 Basal Plane도 많아지게 되므로 結晶化度의 어느 限界까지는 結晶化度가 增加할수록 加炭材의 溶解時間이 短縮되는 것으로 思慮된다.

#### 3.2.2 加炭量 및 炭素回收率에 미치는 影響

本 加炭實驗에서는 加炭材의 溶解時間의 測定이 끝난 後에 無煙炭 - I은 그대로 두고, 無煙炭 - II와 外國產 加炭材는 添加量이 2배가 되도록 하여 加炭量과 炭素回收率을 測定하였으며, 그 結果는 Fig. 5에 나타낸 바와 같다.

Fig. 5에 나타난 結果에 따르면 溶解된 炭素量은

結晶化處理 溫度가 높아질수록 增加하였으며, 이것은 牧口利貞<sup>3)</sup>,<sup>4)</sup> Mihajlovic<sup>5)</sup>의 主張과 一致한다. 그리고 國產 無煙炭 - I 이 無煙炭 - II 나 外國產 加炭材에 비하여 加炭量이 매우 적게 나타났 것은 다른 들에 비하여 加炭材의 添加量이 적은 理由도 있지만, Table 1 에 나타낸 바와 같이 炭素材料 自體에 含有된 固定炭素量이 다른 두 加炭材에 비해서 적은 것과 Fig. 2 에

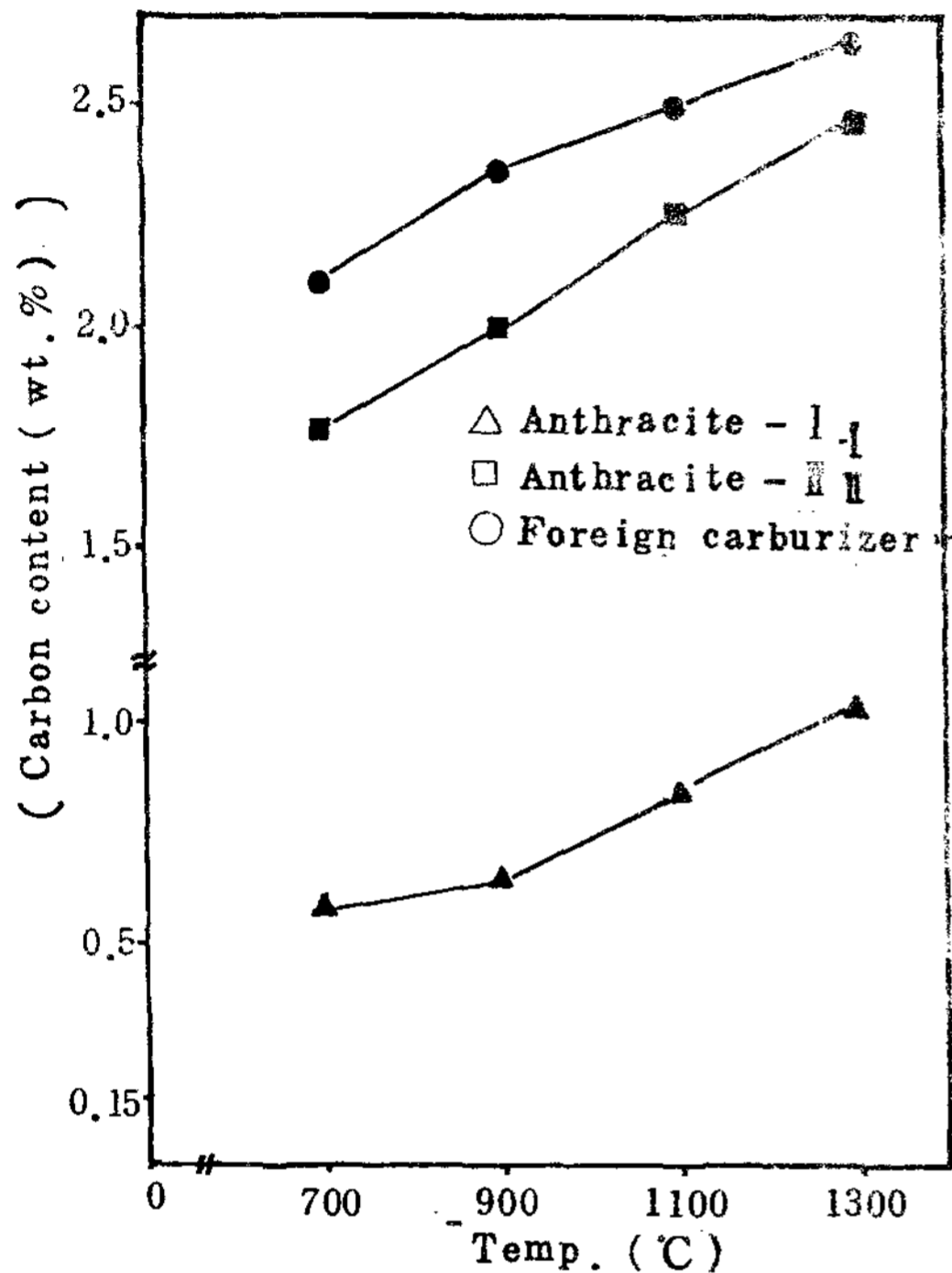


Fig. 5. Effect of crystallization temperatures on carbon pick-up in molten iron.

나타난 바와 같이 그것의 結晶化度가 다른 들에 비하여 낮은 것에도 起因된다고 思慮된다.

한편, 結晶化處理 溫度에 따른 各 加炭材들의 炭素回收率을 Fig. 6 에 나타냈는데, 이 結果에 따르면 結晶化處理 溫度가 增加할수록 炭素回收率도 增加하는 傾向을 나타냈다.

위의 Fig. 5와 Fig. 6에 나타낸 結果는 3.2.1에서 考察한 바와 같은 原因과 結晶化度の 增加에 따라 炭素材의 Basal Plane 間의 d-spacing이 減少한다는 報告<sup>8)</sup>로 미루어 보면, d-spacing이 줄어들게 됨에 따라 Basal Plane 間의 結合력이 增大되어 炭素의 酸化反應에 對한 抵抗力이 增加하는 것에도 起因된다고 思慮된다.

Fig. 5와 Fig. 6에서 알 수 있듯이 外國產 加炭材

와 無煙炭 - II에 있어서 加炭量 및 炭素回收率의 差異는 두 材料에 對한 結晶化處理 溫度가 增加할수록 줄어드는 傾向을 나타냈다.

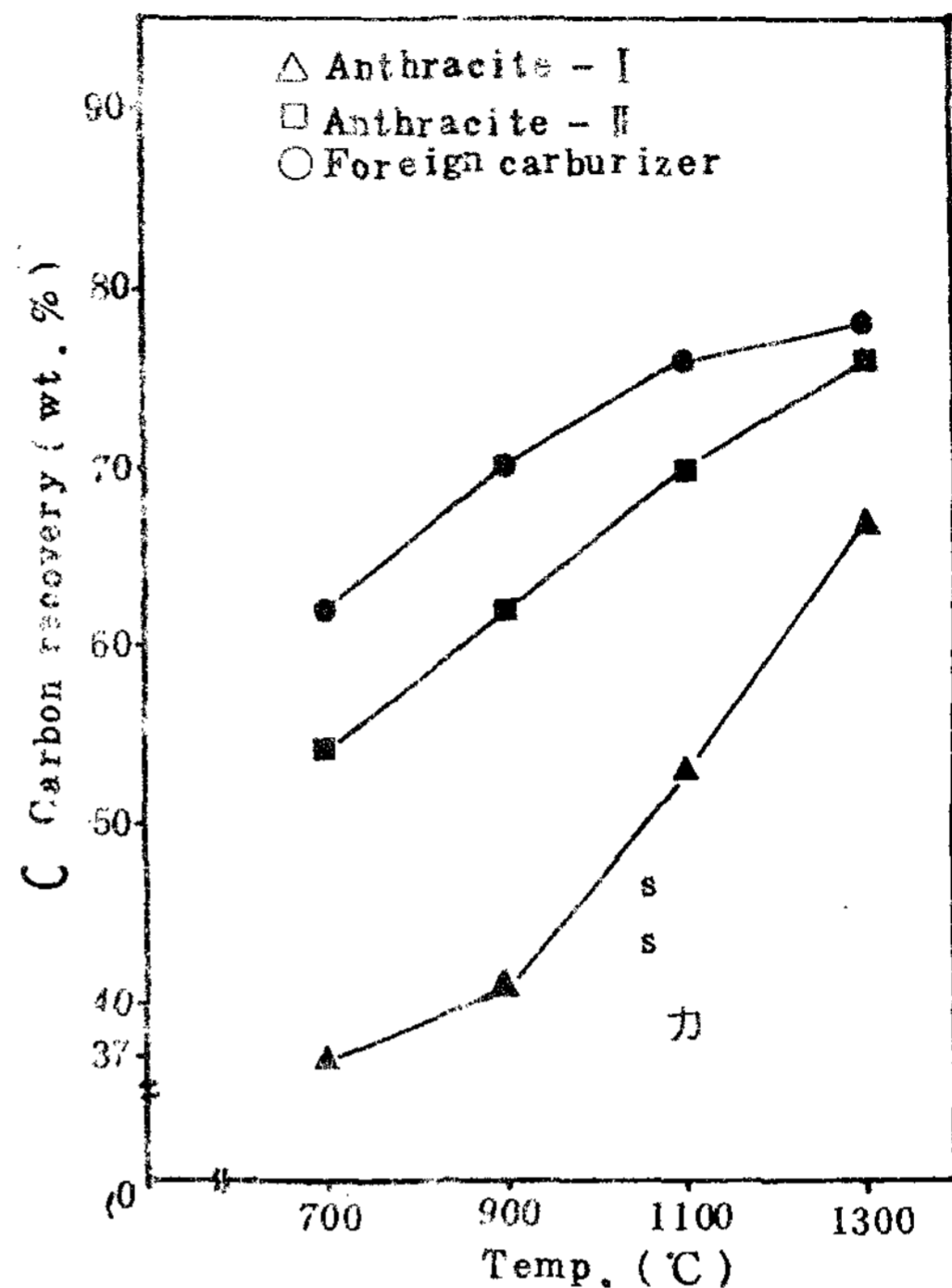


Fig. 6. Effect of crystallization temperatures on carbon-recovery in molten iron.

#### 4. 結 論

國產 無煙炭의 加炭材로서의 活用與否를 檢討하기 위하여 2種의 國產 無煙炭과 外國產 加炭材에 結晶化處理를 하여 比較한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 國產 無煙炭 - I, II 및 外國產 加炭材의 結晶化度는 結晶化處理 溫度가 높아질수록 增加하였다.

2) 各 溫度에 따라 結晶化處理된 加炭材들의 熔鐵에서의 溶解時間은 國產 無煙炭 - I, II에 있어서는 結晶化處理 溫度가 높아질수록 減少하였으나, 外國產 加炭材의 境遇에는 結晶化處理 溫度에 關係없이 一定하였다.

3) 結晶化度가 增加할수록 國產 無煙炭 - I, II와 外國產 加炭材 모두 加炭量이 增加하였으며, 그 最高 加炭量은 1.1%, 2.4% 및 2.55%로 각각 나타났다.

4) 結晶化度가 增加할수록 國產 無煙炭 - I, II와 外國產 加炭材의 炭素回收率은 모두 增加하였으며, 그 最

高 炭素回收率은 67 %, 76 % 및 78 %를 각각 나타냈다.

5) 3), 4) 의 結論으로부터 國產 無煙炭 - II 와 外國產 加炭材에 대한 加炭量 및 炭素回收率의 差異는 結晶化處理 溫度가 增加할수록 減少하였다.

參 考 文 獻

1. R.B. Coates: British Foundrymen, Vol. 72, 1979, part 8 pp. 178.
2. G.E. Spangler, R. Schneidewind: Trans. AFS, Vol. 63, 1955, pp. 533.
3. 牧口利貞, 栗原豐: 鑄物, 34, 9, 1962, pp 19.
4. 牧口利貞, 栗原豐, 野崎勝豐: 鑄物, 37, 4, 1965, pp 42.
5. A. Mihajlovic, B. Marincek: Arch. Eisenhutenwes, Vol. 44, July. 1973, pp. 507.
6. 佐藤良藏: 鑄物, 37, 9, 1965, pp12.
7. I. Geller, P.L. Walker: Proceedings of the 5th conf. on carbon, Vol. 2, 1963, pp. 471.
8. S. Mizushima: Proceedings of the 5-th conf. on carbon, Vol. 2, 1963, pp. 439.
9. B.M. French: Science, Vol. 146, 1964, pp. 917.
10. C.A. Landis: Contr. Mineral. & Petrol. Vol. 30, 1971, pp. 34.
11. F. Neumann, H. Schenck, W. Patterson: Giesserei, Vol. 47, Jan., 28, 1960, pp. 23.
12. N. Kayama, K. Suzuki: Report of the casting research laboratory, Waseda Univ. No. 30, 1979, pp. 61.



海 外 文 獻 紹 介

- 爐外精鍊法の 最近의 動向.  
綜合鑄物, Vol.23, No.8 (12 ~ 24) 1982.
- 東京鑄物抄史 [1]  
綜合鑄物, Vol.23, No.8 (27 ~ 31) 1982.
- 멕시코, 하와이 鑄造工業視察記.  
綜合鑄物, Vol.23, No.9 (1 ~ 6) 1982.
- Austemp 에 의한 bainite 球狀黑鉛 鑄鐵의 製造.  
綜合鑄物, Vol.23, No.9 (7 ~ 14) 1982.
- 東京鑄物抄史  
綜合鑄物, Vol.23, No9 (17 ~ 21) 1982.
- 輕合金의 鑄造  
JACT NEWS, No.307,7 (17 ~ 21) 1982
- Vacu-Shell 有機鑄型과 生型의 比較.  
JACT NEWS, No.307,7 (25 ~ 27) 1982.
- JACT 美國鑄物工場視察圖報告 [2]  
JACT NEWS, No.307,7 (31 ~ 37) 1982
- 生型循環砂의 品質評價  
JACT NEWS, No.308,8 (17 ~ 22) 1982
- Toyoda 自動車上郷鑄造部의 品質管理와 今後의 方向  
JACT NEWS, No.308,8 (25 ~ 30) 1982.
- JACT 美國鑄物工場視察圖報告 [3]  
JACT NEWS, No.308,8 (33 ~ 38) 1982
- Cold Box 造型의 point.  
JACT NEWS, No.309,9 (23 ~ 27) 1982
- JACT 美國鑄物工場視察圖報告 [4]  
JACT NEWS, No.309,9 (31 ~ 40) 1982
- Application of the statical design of experiments in the study of clay bonded sand mixtures.  
The British Foundryman, Vol.75, Part 7 (114 ~ 119) 1982.
- A Sandwich Process Using Pure Magnesium.  
CASTINGS Vol.28, No's 1 & 2, (32 ~ 35) 1982.
- Sand Reclamation may be Corning of Age.  
CASTINGS, Vol 28, No's 1 & 2 (36 ~ 44) 1982.
- Covered Treatment Ladle for the Production of Ductile Iron.  
CASTINGS, Vol 28, No's 3 & 4 (26 ~ 33) 1982.