

# 球状黒鉛鑄鉄の組織と機械的性質について

(モデル工場の技術指導報告)

機械金属室 国 吉 和 男  
比 嘉 真 嗣

## 1 緒言

去年、技術指導のモデル工場に鑄物工場を設定し、溶湯管理に主眼をおいた技術指導を行った。サンプリングは直接工場現場において、JIS G 5502、JIS Z 2201 に基づく試料 100 個を採り、機械的性質を中心に、含有元素のバラツキや、相互関係等を分析し、すでに報告した。1) 今回同サンプルの組織的面から検討を行ったので、ここに報告する。

## 2 試験項目及び方法

(1) フェライト面積率(%)：100 倍の顕微鏡写真の黒鉛部を切検した基地からフェライト部を切り出し、重量法で面積率を算出した。2)

(2) 球化率(%)：日本鑄物協会特殊鑄鉄部会、球状黒鉛鑄鉄の黒鉛球化率判定法によつた。

(3) 黒鉛粒度( $\mu$ )：球化率判定に寄与した黒鉛の、直角 2 方向の直径の平均値とした。

以上の測定結果を表 1～3 に、ヒストグラムを図-1 に示し、代表的顕微鏡写真(100 倍)を図-2 に示す。

表中※印は①フェライト面積率 50% 以下、②球化率 70% 以上、③黒鉛粒度 70 $\mu$  以下を示し、①②③の条件を満たすサンプル 40 個について統計的検討を行った。

表-1 フェライト面積率表(%)

| $N_0$ | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $\bar{X}$ | R  | $N_0$ | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $\bar{X}$    | R      |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------|
| 1     | 50 ※  | 27 ※  | 20 ※  | 24 ※  | 30        | 30 | 14    | 32 ※  | 55    | 55    | 32 ※  | 44           | 23     |
| 2     | 29 ※  | 45 ※  | 52    | 9 ※   | 34        | 43 | 15    | 47 ※  | 38 ※  | 50 ※  | 44 ※  | 45           | 12     |
| 3     | 4 ※   | 52    | 4 ※   | 9 ※   | 17        | 48 | 16    | 47 ※  | 45 ※  | 52    | 36 ※  | 45           | 16     |
| 4     | 54    | 55    | 53    | 51    | 53        | 4  | 17    | 47 ※  | 50 ※  | 42 ※  | 42 ※  | 45           | 8      |
| 5     | 74    | 70    | 71    | 76    | 73        | 6  | 18    | 62    | 55    | 58    | 54    | 57           | 8      |
| 6     | 5 ※   | 51    | 11 ※  | 58    | 31        | 53 | 19    | 3 ※   | 0 ※   | 0 ※   | 29 ※  | 8            | 26     |
| 7     | 8 ※   | 2 ※   | 7 ※   | 1 ※   | 5         | 7  | 20    | 7 ※   | 5 ※   | 14 ※  | 25 ※  | 13           | 20     |
| 8     | 60    | 71    | 64    | 31 ※  | 57        | 40 | 21    | 61    | 48 ※  | 40 ※  | 59    | 52           | 21     |
| 9     | 23 ※  | 42 ※  | 5 ※   | 3 ※   | 18        | 39 | 22    | 43 ※  | 48 ※  | 47 ※  | 58    | 49           | 13     |
| 10    | 11 ※  | 17 ※  | 17 ※  | 6 ※   | 13        | 11 | 23    | 41 ※  | 44 ※  | 56    | 46 ※  | 47           | 15     |
| 11    | 19 ※  | 17 ※  | 18 ※  | 20 ※  | 19        | 3  | 24    | 51    | 62    | 39 ※  | 54    | 52           | 23     |
| 12    | 10 ※  | 10 ※  | 10 ※  | 8 ※   | 10        | 2  | 25    | 42 ※  | 43 ※  | 40 ※  | 52    | 44           | 12     |
| 13    | 41 ※  | 38 ※  | 42 ※  | 46 ※  | 42        | 8  |       |       |       |       |       | $\bar{X}=36$ | $R=20$ |

表-2 球化率 (%)

| No | $\chi_1$ | $\chi_2$ | $\chi_3$ | $\chi_4$ | $\bar{\chi}$ | R  | No | $\chi_1$ | $\chi_2$ | $\chi_3$ | $\chi_4$ | $\bar{\chi}$    | R      |
|----|----------|----------|----------|----------|--------------|----|----|----------|----------|----------|----------|-----------------|--------|
| 1  | 53       | 82*      | 82*      | 80*      | 74           | 29 | 14 | 76*      | 60       | 71*      | 78*      | 71              | 18     |
| 2  | 94*      | 86*      | 85*      | 91*      | 89           | 9  | 15 | 59       | 47       | 62       | 81*      | 62              | 34     |
| 3  | 89*      | 72*      | 84*      | 83*      | 82           | 17 | 16 | 57       | 54       | 50       | 81*      | 61              | 31     |
| 4  | 93*      | 88*      | 76*      | 90*      | 87           | 17 | 17 | 74*      | 46       | 53       | 64       | 59              | 28     |
| 5  | 88*      | 87*      | 83*      | 55       | 78           | 33 | 18 | 51       | 68       | 51       | 53       | 56              | 17     |
| 6  | 79*      | 49       | 68       | 71*      | 67           | 30 | 19 | 88*      | 92*      | 96*      | 78*      | 89              | 18     |
| 7  | 89*      | 88*      | 81*      | 79*      | 84           | 10 | 20 | 73*      | 76*      | 74*      | 57       | 70              | 19     |
| 8  | 85*      | 74*      | 75*      | 76*      | 78           | 11 | 21 | 81*      | 92*      | 72*      | 70*      | 79              | 22     |
| 9  | 81*      | 55       | 52       | 69       | 64           | 29 | 22 | 72*      | 70*      | 65       | 79*      | 72              | 14     |
| 10 | 63       | 55       | 58       | 46       | 56           | 17 | 23 | 66       | 63       | 77*      | 76*      | 71              | 14     |
| 11 | 78*      | 89*      | 79*      | 74*      | 80           | 15 | 24 | 81*      | 89*      | 75*      | 73*      | 80              | 16     |
| 12 | 83*      | 72*      | 58       | 72*      | 71           | 25 | 25 | 87*      | 89*      | 67       | 64       | 77              | 25     |
| 13 | 74*      | 82*      | 69       | 71*      | 74           | 13 |    |          |          |          |          | $\bar{\chi}=73$ | $R=20$ |

表-3 黑鉛粒度 ( $\mu$ )

| No | $\chi_1$ | $\chi_2$ | $\chi_3$ | $\chi_4$ | $\bar{\chi}$ | R  | No | $\chi_1$ | $\chi_2$ | $\chi_3$ | $\chi_4$ | $\bar{\chi}$    | R      |
|----|----------|----------|----------|----------|--------------|----|----|----------|----------|----------|----------|-----------------|--------|
| 1  | 36*      | 67*      | 89       | 84       | 69           | 53 | 14 | 66*      | 42*      | 38*      | 63*      | 52              | 28     |
| 2  | 48*      | 58*      | 41*      | 24*      | 43           | 34 | 15 | 68*      | 49*      | 65*      | 47*      | 57              | 19     |
| 3  | 69*      | 67*      | 71       | 59*      | 67           | 12 | 16 | 64*      | 67*      | 50*      | 54*      | 59              | 14     |
| 4  | 55*      | 62*      | 71       | 73       | 65           | 18 | 17 | 53*      | 62*      | 56*      | 59*      | 58              | 9      |
| 5  | 60*      | 57*      | 61*      | 71       | 62           | 14 | 18 | 55*      | 45*      | 51*      | 60*      | 53              | 15     |
| 6  | 65*      | 65*      | 70*      | 55*      | 64           | 15 | 19 | 43*      | 35*      | 59*      | 47*      | 46              | 24     |
| 7  | 91       | 72       | 78       | 63*      | 76           | 28 | 20 | 56*      | 33*      | 33*      | 42*      | 41              | 23     |
| 8  | 49*      | 69*      | 55*      | 63*      | 59           | 20 | 21 | 48*      | 50*      | 57*      | 47*      | 51              | 10     |
| 9  | 62*      | 45*      | 72       | 63*      | 61           | 27 | 22 | 61*      | 53*      | 36*      | 36*      | 47              | 25     |
| 10 | 68*      | 53*      | 64*      | 64*      | 62           | 15 | 23 | 51*      | 53*      | 40*      | 51*      | 49              | 13     |
| 11 | 37*      | 39*      | 37*      | 44*      | 39           | 7  | 24 | 48*      | 51*      | 63*      | 66*      | 57              | 18     |
| 12 | 44*      | 51*      | 61*      | 45*      | 50           | 17 | 25 | 45*      | 54*      | 61*      | 53*      | 53              | 16     |
| 13 | 70*      | 47*      | 45*      | 69*      | 58           | 25 |    |          |          |          |          | $\bar{\chi}=56$ | $R=20$ |

図-1 ヒストグラム

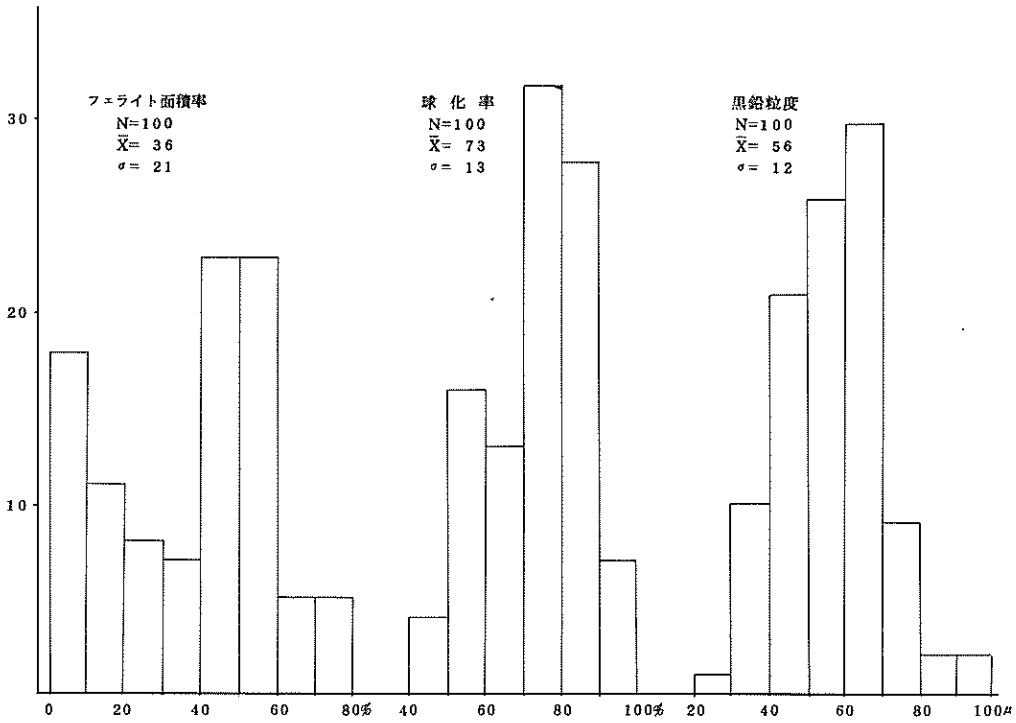
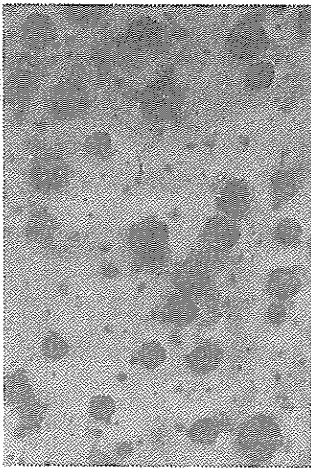
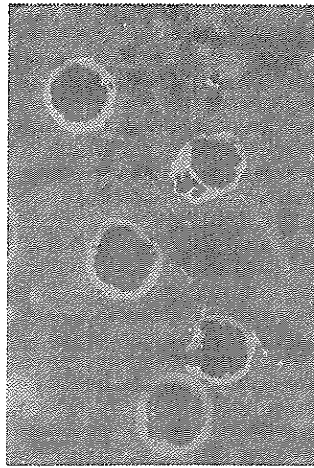


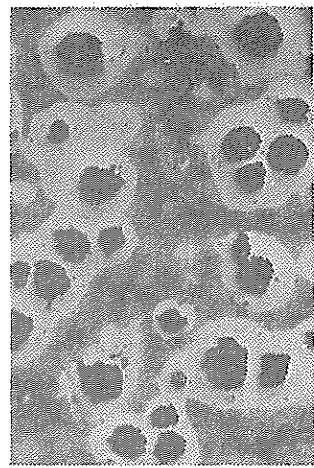
図-2 代表的顕微鏡写真



フェライト面積率 0 %  
 球化率 96 %  
 黒鉛粒度 59  $\mu$



フェライト面積率 11 %  
 球化率 68 %  
 黒鉛粒度 70  $\mu$



フェライト面積率 48 %  
 球化率 92 %  
 黒鉛粒度 50  $\mu$

### 3 因子間の関係 (40 サンプルについて)

#### 3-1 機械的性質の相関性について

図3, 4の引張強さ-硬さ、および引張強さ-伸びについては前報同様1%の危険率で有意との極めて高い相関性がみられた。回帰線は前報100サンプルの場合に比べて傾きがやや小さくなっている。

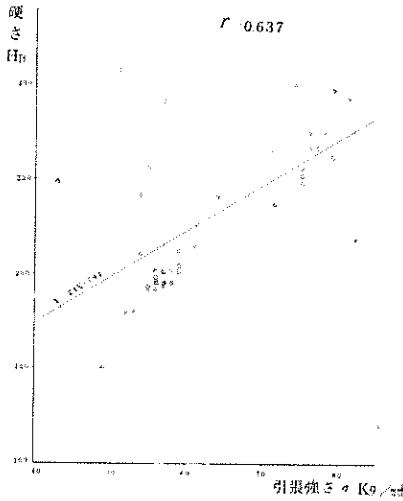


図-3 硬さと引張強さ

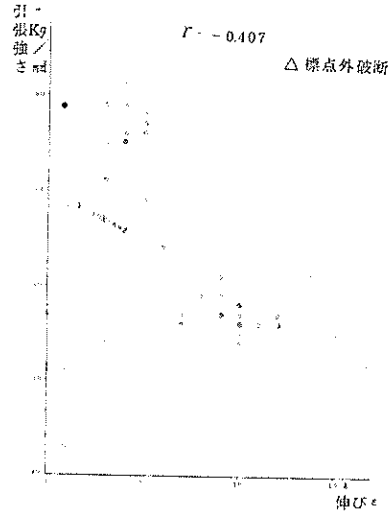


図-4 引張強さと伸び

#### 3-2 機械的性質と組織の相関性について

フェライト面積率及び黒鉛粒度と各機械的性質との相関関係を図3~9に示した。

図5, 6, 7のフェライト面積率との関係では、サンプルがほとんどブルスアイ組織であるため、フェライトの影響が大きく、高い相関性を示している。しかし、面積率20%付近までは、パーライトの緻密性の影響が大きいと言われる部分で<sup>3)</sup> ここでも、引張強さと硬さは急激に減少し、伸びは急上昇の曲線関係が見られるので、参考に破線で示した。

図8, 9, 10の黒鉛粒度との関係では、引張強さと硬さは1%、伸びについては5%の危険率で有意との相関性があつた。

黒鉛粒度のパーライト地やフェライト地での影響は、 $40\mu \sim 60\mu$ 付近で、引張強さの最大値や硬さの最少値等(変曲点)になることが報告されているが<sup>4)</sup> ここでは、ほとんどがブルスアイ組織で、しかもフェライト面積率と黒鉛粒度に、10%の危険率で有意との相関性がみられたので、単回帰での傾向を示してみた。

また、球化率と各機械的性質についても相関関係を調べてみたが、いずれも、相関性をしとなつた。球化率の影響は大きく、品質管理等でも広く現場に普及している材質判定の要因であるにもかかわらず<sup>5)</sup>・<sup>6)</sup> このような結果になつたのは、顕微鏡測定視野を1サンプル1個所に限つたためのバラツキが大きく原因したと考えられるので、再検討課題とした。

図-5 引張り強さとフェライト面積率

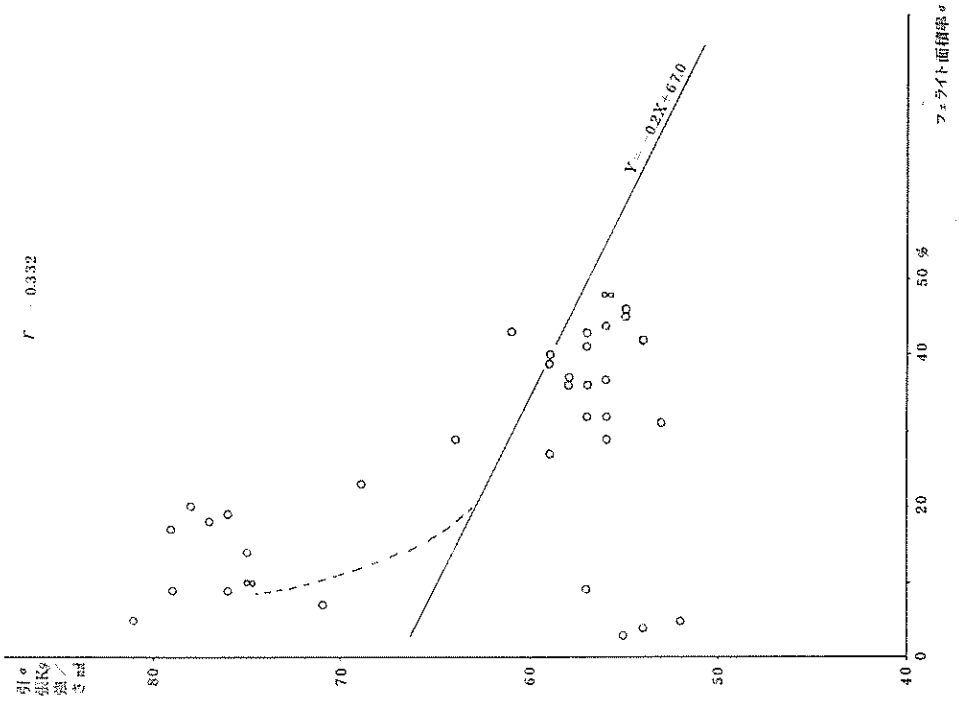
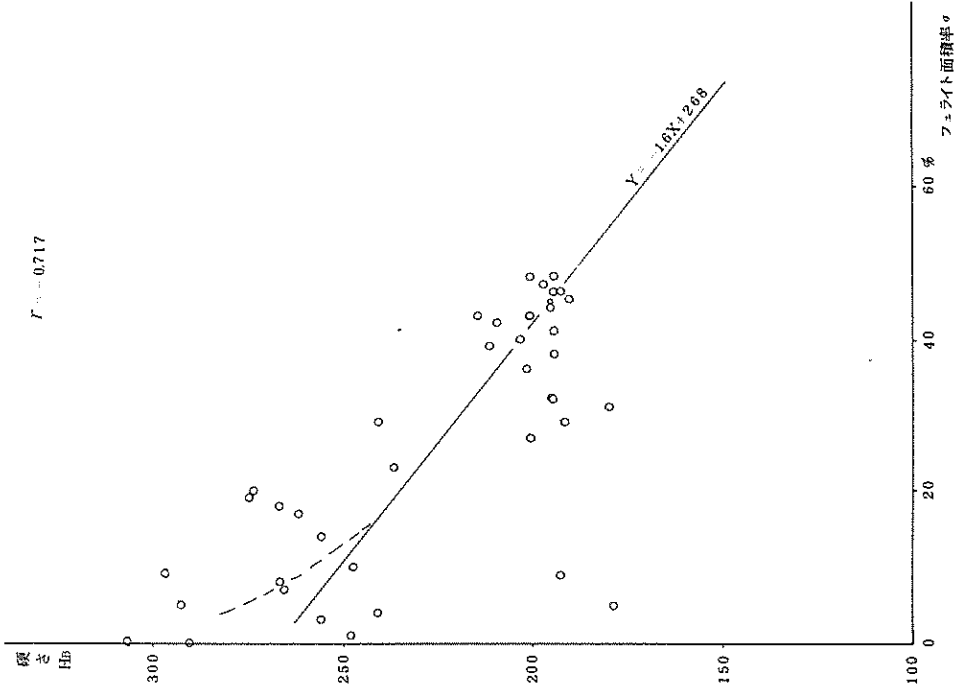
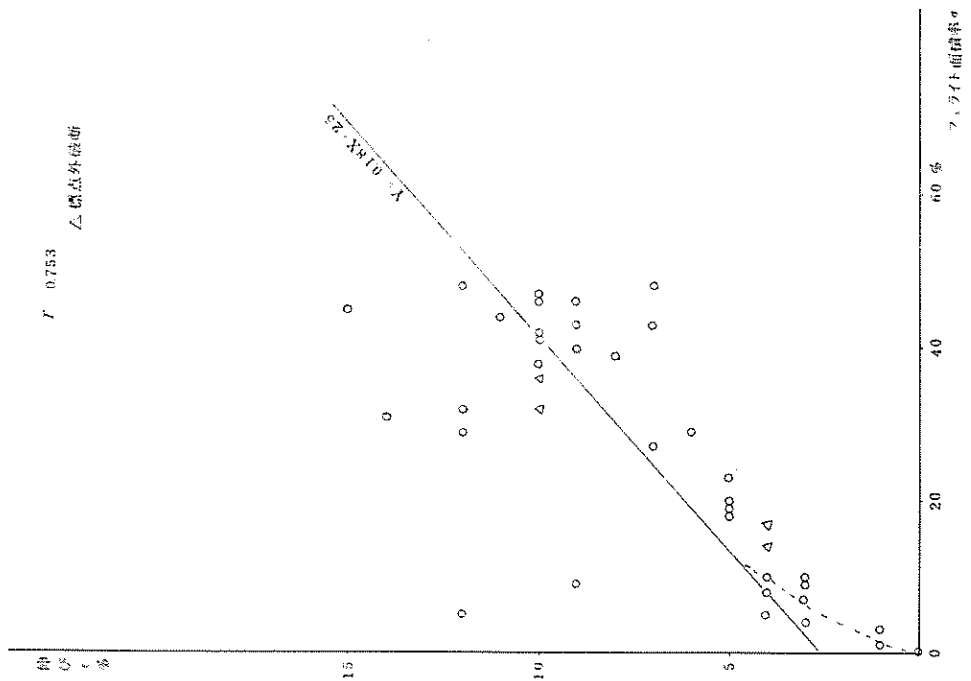


図-6 硬さとフェライト面積率



図一七 伸びとフェライト面積率



図一八 引張強さと黒鉛粒度

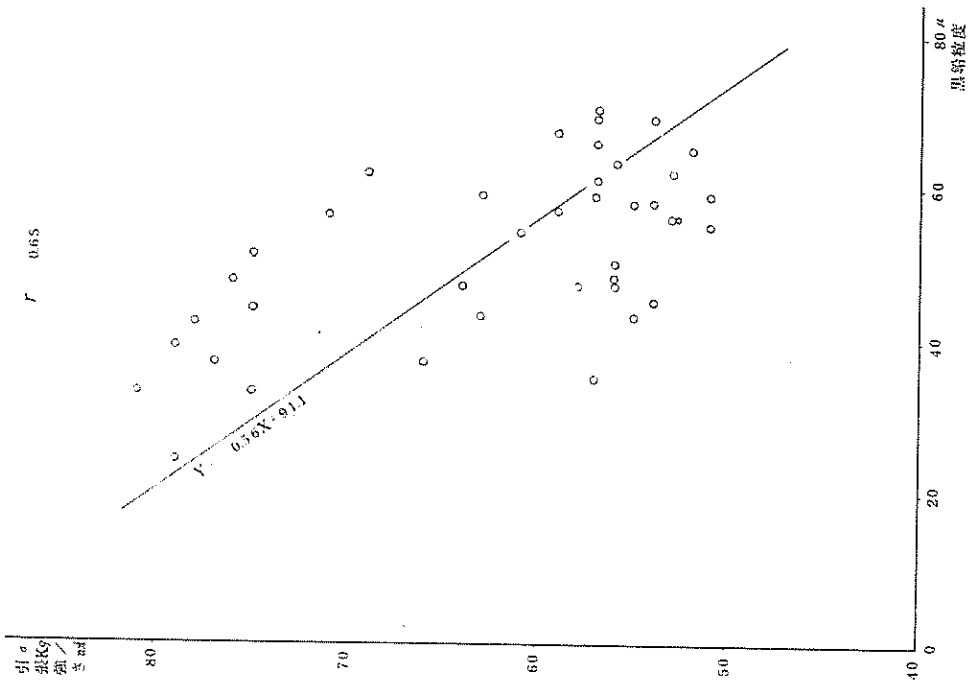


図--9 硬さと黒鉛粒度

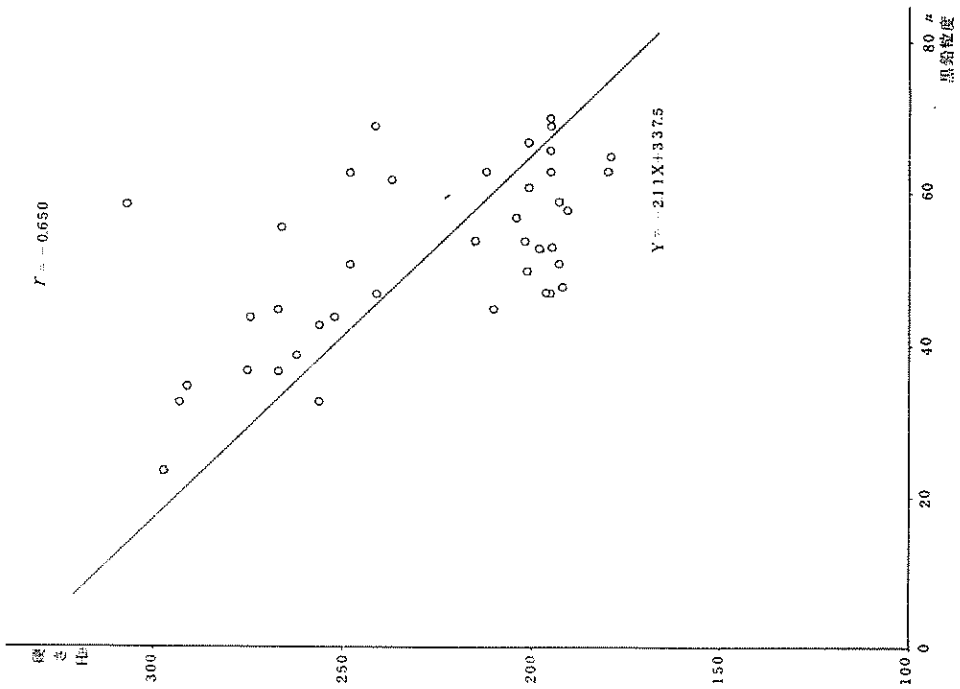
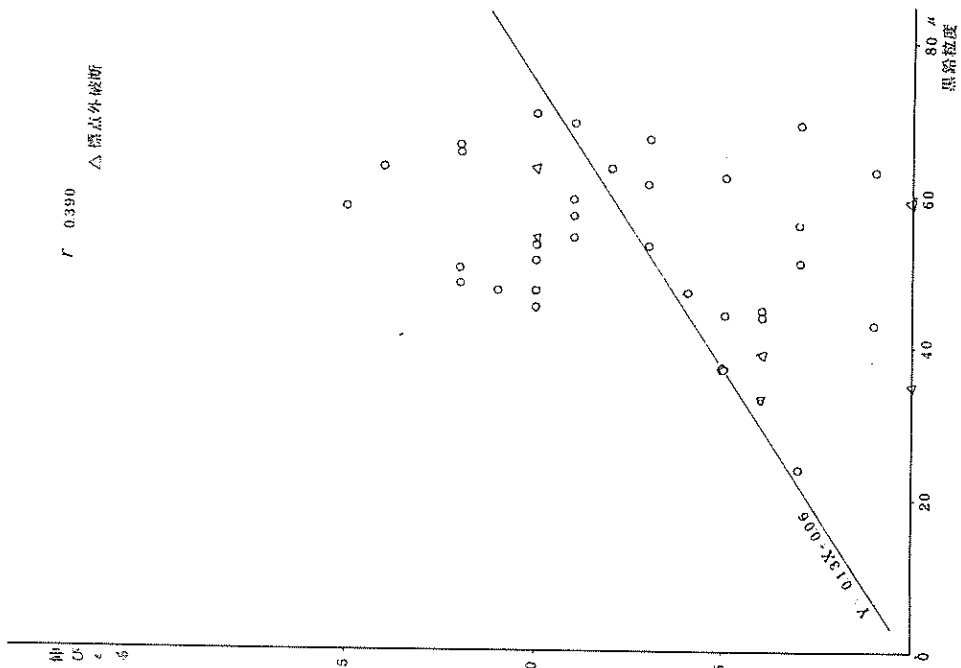


図--10 伸びと黒鉛粒度



### 3-3 組織と元素との相関性について

3 組織と各元素は、Si、Mn、Mg の一部に弱い（10%程度）相関性があっただけで、全体的にその関係や傾向を知ることができなかつた。これは組織の3条件でふるい分け40サンプルにしたため、含有元素の幅を小さくし相関関係を求めにくくしていると考えられるので、100サンプルについて検討する必要がある。

## 4 結 言

以上のことから次のことが言えよう。

- (1) ほとんどがブルスアイ組織で、基地（フェライト面積率）や黒鉛組織のバラツキが大きい。
- (2) 機械的性質と組織には高い相関性が見られるので、工場の生産目標 FCD60 材質なら、回帰線からフェライト面積率 20%、黒鉛粒度 50 $\mu$ 程度が適当と思われる。
- (3) フェライト面積率 20%以下の部分については、基地（パーライト）の影響が急激に大きくなるので、その管理には十分注意を要する。
- (4) 球化率は測定視野をできるだけ多くし、個人誤差等を少なくする配慮が必要である。

これでモデル工場の材質のバラツキの度合や、その傾向、目標とすべき組織等についてある程度、解明できたと思う。しかし主要元素のバラツキの原因や、影響等について十分解明できなかつたため、今後の指導課題としてとり組たい。

## 参 考 文 献

- 1) 石原、国吉、長山、比嘉：沖縄県工業試験場業務報告（1976） 96
- 2) 川野、倉井、山本、井ノ山：鑄物、47（1975） 8、548
- 3) 大橋、黒沢、小松、日比野：鑄物、42（1970） 8、634
- 4) 新美、大橋、小松、日比野：鑄物、43（1971） 2、101
- 5) 谷村：鑄物、40（1968） 3、296
- 6) 藤田：鑄物、40（1968） 3、300



編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。