

球状黒鉛鑄鉄の衝撃値などについて

Impact Values of Spheroidal Graphite Cast Iron

西山太喜夫* 小池敬一*

内 容 梗 概

球状黒鉛鑄鉄の衝撃値を向上するために行つた実験結果について述べた。すなわち化学成分中 C を 2.5~4.0%, Si を 1.5~3.5%, Mn を 0.2~1.4%, P を 0.03~0.15% の範囲に変化せしめてその衝撃値の変化を調査し、あわせて硬度、引張強さも一部につき調査した。なお顕微鏡組織との関連性特にフェライト量、パーライト量、黒鉛量およびその大きさなどの衝撃値にあたる影響がわかつた。

〔I〕 緒 言

球状黒鉛鑄鉄の衝撃値に関しては、二三の発表がなされているが、少数の試料によつてその化学成分と衝撃値との関係をしらべたものが大部分で、各元素の影響も使用原料鉄がことなり製造方法がことなるためか必ずしも一定していない。

また球状黒鉛鑄鉄の黒鉛量ならびにその形状、大小と衝撃値の関係については、取扱が困難なためかほとんど発表がない。このため現在不足しているデータを補充し、かつもつとも衝撃値が大となる成分範囲を定めるためにこの実験を行つた。

実験を行うにあつては、通常の球状黒鉛鑄鉄の成分元素中、比較的に影響が大であると考えられる C, Si, Mn, P の四元素について調査することにした。各元素の単独の影響はある程度判明しており、かつ熔解材料の関係などから実験回数も制限されたので、(C, Si) および (Si, Mn, P) の組合せにより検討した。

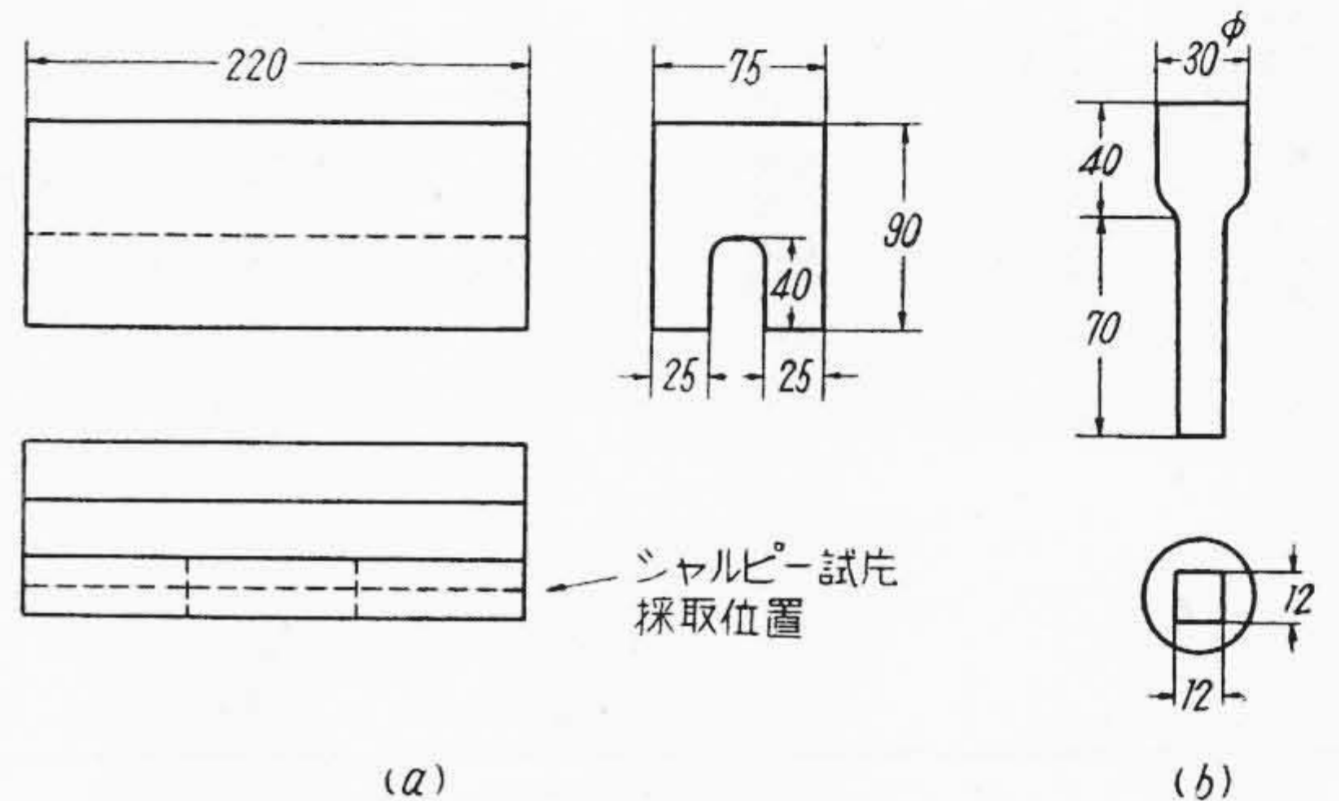
〔II〕 実験方法

C, Si, Mn, P の四元素の影響をすべて組合せることが、実験回数の関係で不可能なので、二つの系列にわけて行つた。すなわち第一系列は C-Si の二元配置で、第二系列は Si-Mn-P の三元配置の組合せにより実験を行つた。

第一系列は C を 2.5, 3.0, 3.5, 4.0%, Si を 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5% の各々の組合せにより 20 種類の試料を、50 kg の高周波電気炉を用いて熔製した。第 1 図 a に示す試片に鑄造し、図中に示す位置から JISA-4 号試片ならびにシャルピー衝撃試片を採取した。

第二系列は Si を 1.5, 2.0, 2.5, 3.0%, Mn を 0.2, 0.6, 1.0, 1.4%, P を 0.03, 0.07, 0.11, 0.15% のおのおのの組合せにより 64 種の試料をタンマン電気炉を用いて熔製し

* 日立製作所亀有工場



第 1 図 鑄 造 試 片
Fig. 1. Casting of Test Piece

第 1 表 熔 解 材 料 の 化 学 分 析 値
Table 1. Chemical Composition of Melting Materials

熔 解 材 料	化 学 分 析 値 (%)							備 考
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	
東北電気鉄 (No.79)	3.57	1.12	0.28	0.029	0.018			第 1 系列に 使用す
軟 鋼 屑	0.20	0.20	0.4	0.02	0.02			
東北電気鉄 (No.89)	3.82	1.17	0.27	0.036	0.021	0.07	Tr	第 2 系列に 使用す
本 溪 湖 低 磷 鉄	3.85	1.21	0.06	0.024	0.058			
Fe-Si		78.86						
Fe-Mn			73.92					
Fe-P				24.44				

た。第 1 図 b に示す試片に鑄造しシャルピー衝撃試験片を採取した。

使用熔解材料は東北電気鉄を主とし、これに低磷鉄、軟鋼屑、木炭粉、Fe-Si, Fe-P などを添加して成分を調整した。これら使用材料の化学分析値を第 1 表に示した。

一部の試料は完全焼鈍を目標として、900°C で 1 時間保持後 700~740°C に (Si % により変化させ) 24 時間保持して焼鈍を施した。

鑄造のままのもの、および焼鈍したものにつき、第一系列においてはシャルピー衝撃試験、引張試験、硬度試験を行いかつ顕微鏡組織を調べた。第二系列においてはシャルピー衝撃試験および硬度試験を行い、顕微鏡組織

第2表 第一系列の分析値
Table 2. Chemical Composition of First Series

Table with 12 columns: 試料番号, T.C, G.C, Si, Mn, P, S, Cu, Cr, Mg, 目標成分 (%), C, Si. It contains data for samples 787-1 through 792-2.

備考 Mg 処理は Cu-Mg (72 : 28) 合金で行い, Fe-Si (Si 75%) で接種した。

第3表 第二系列の分析値
Table 3. Chemical Composition of Second Series

Table with 18 columns: 試料番号, T.C, GC, Si, Mn, P, S, Ni, Cr, 試料番号, T.C, GC, Si, Mn, P, S, Ni, Cr. It contains data for samples 47 through 43, plus a note on Mg treatment.

をしらべた。

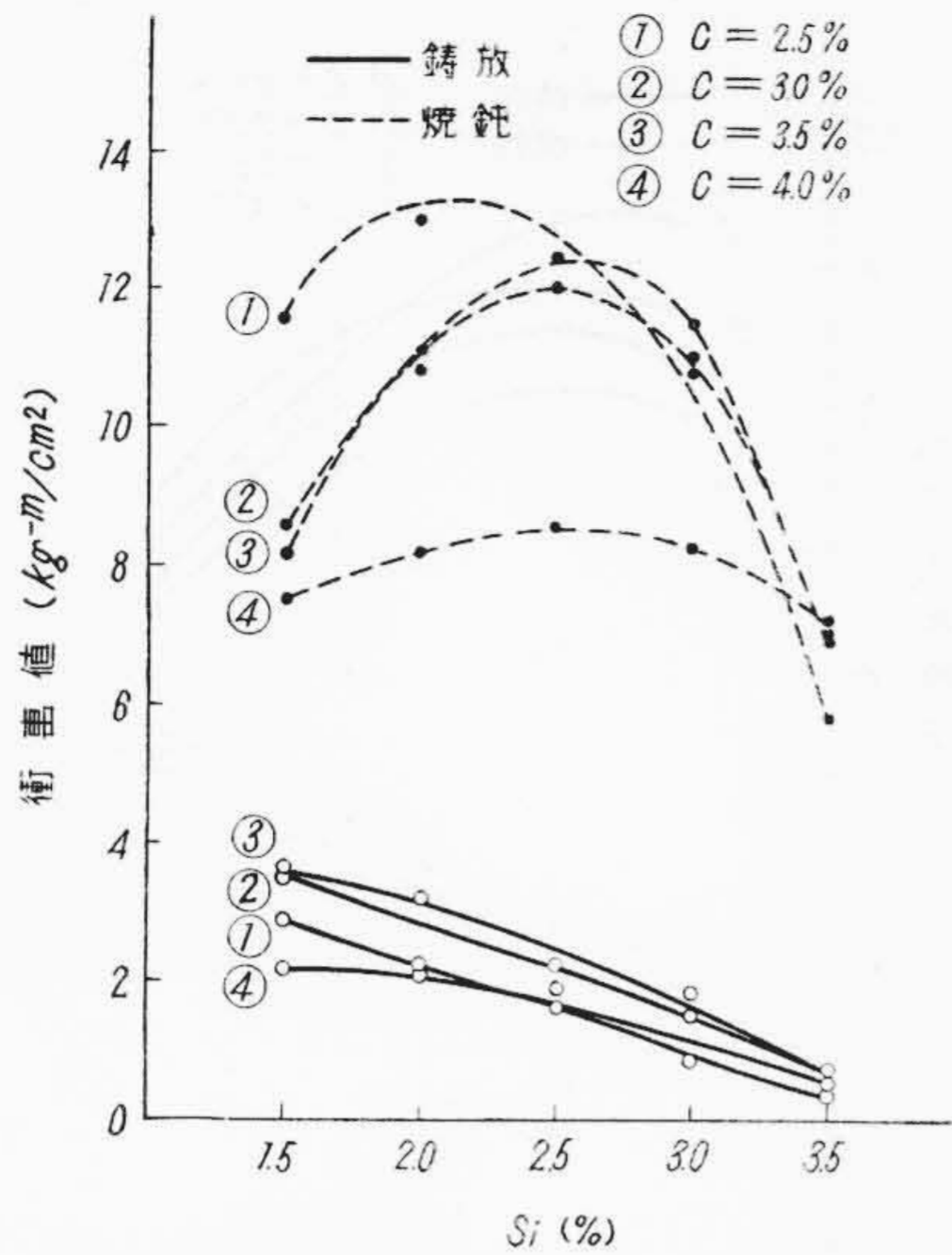
なお本実験においては衝撃試験片は切欠のないものを使用した。

【III】 実験結果ならびにその検討

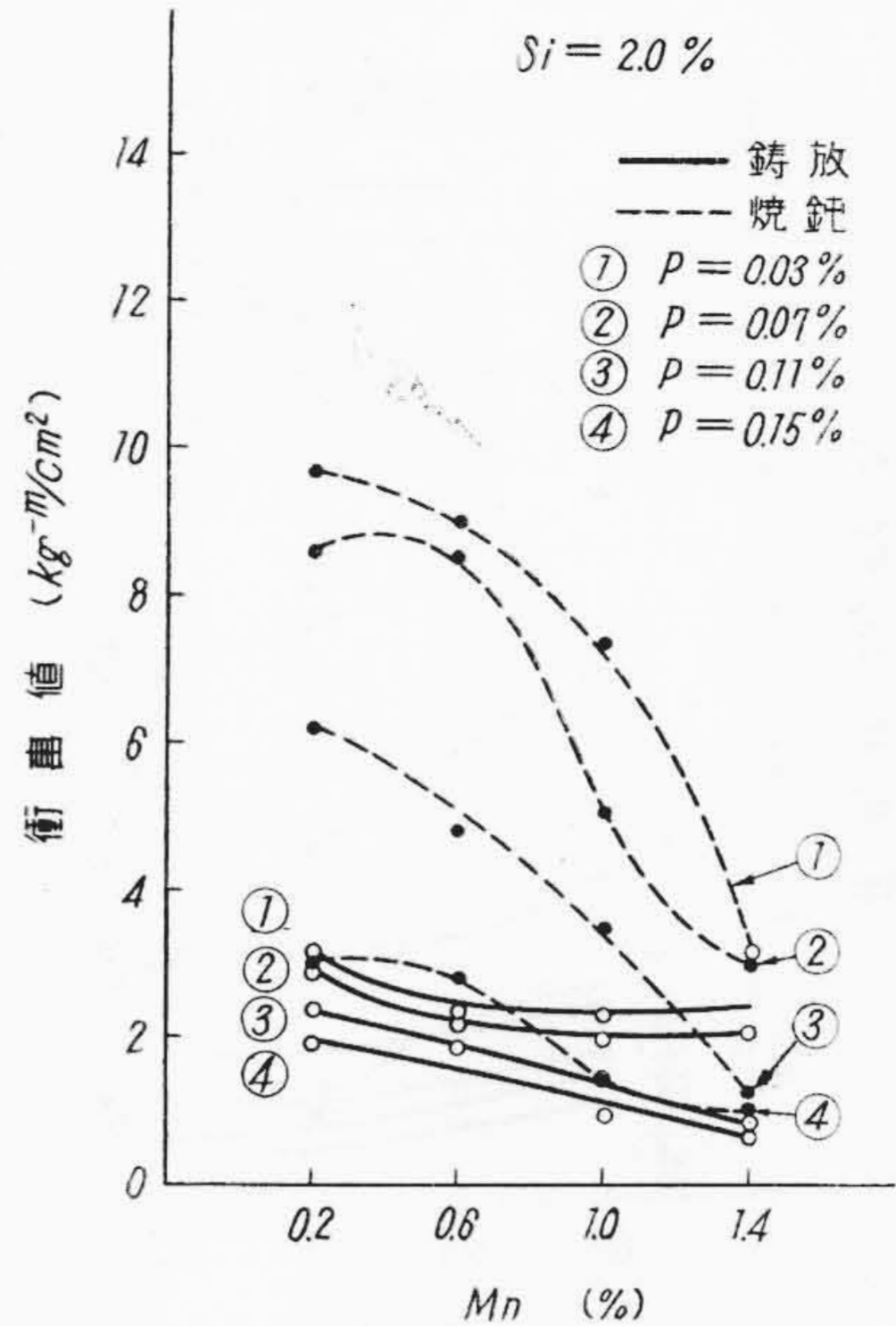
試料の化学分析値は、第一系列を第2表に第二系列を第3表に示した。

(1) C, Si を変化した場合の衝撃値

鑄放しおよび焼鈍の衝撃値を第2図に示した。鑄放しでは Si の低いほど衝撃値が高く、焼鈍したものでは Si が 2~2.5% で最高値を示しており、C が低いほど高い値を示している。試片に鑄造上の欠陥を認めたものをのぞいて有意差検定を行つた結果、鑄放し、焼鈍いずれの場合においても C および Si が 1% の危険率で有意で

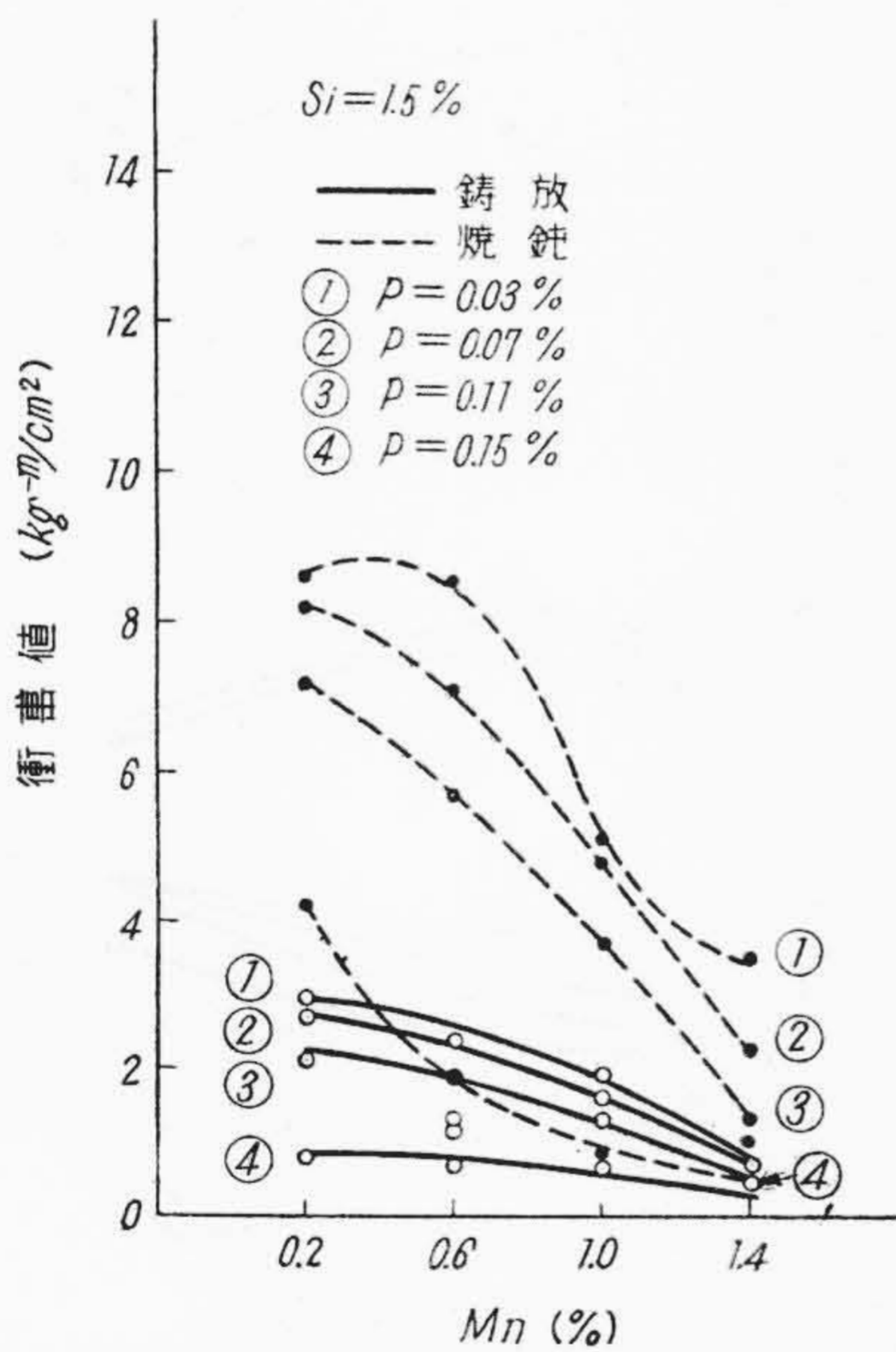


第2図 衝撃値に対する Si および C の影響
Fig. 2. Effect of Silicon and Carbon Content on Impact Value



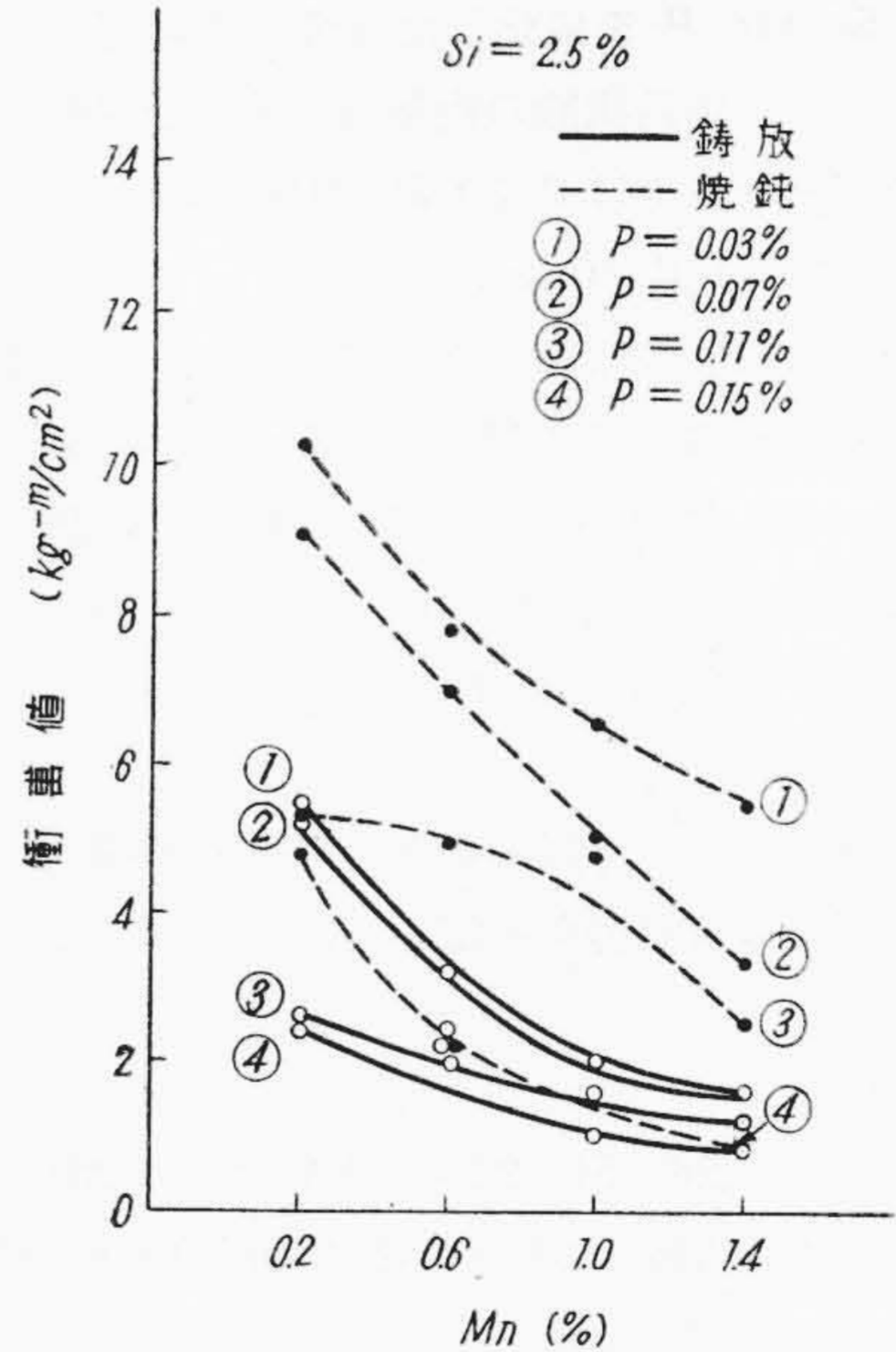
第4図 衝撃値に対する Mn および P の影響 (Si 2.0%)

Fig. 5. Effect of Manganese and Phosphorus Content on Impact Value (Si 2.0%)



第3図 衝撃値に対する Mn および P の影響 (Si 1.5%)

Fig. 3. Effect of Manganese and Phosphorus Content on Impact Value (Si 1.5%)



第5図 衝撃値に対する Mn および P の影響 (Si 2.5%)

Fig. 5. Effect of Manganese and Phosphorus Content on Impact Value (Si 2.5%)

あることがわかった。

なお統計的手法により等間隔の場合の直交多項式⁽²⁾を利用して衝撃値 Y の函数型を推定して、つきのごとき実験式をえた。

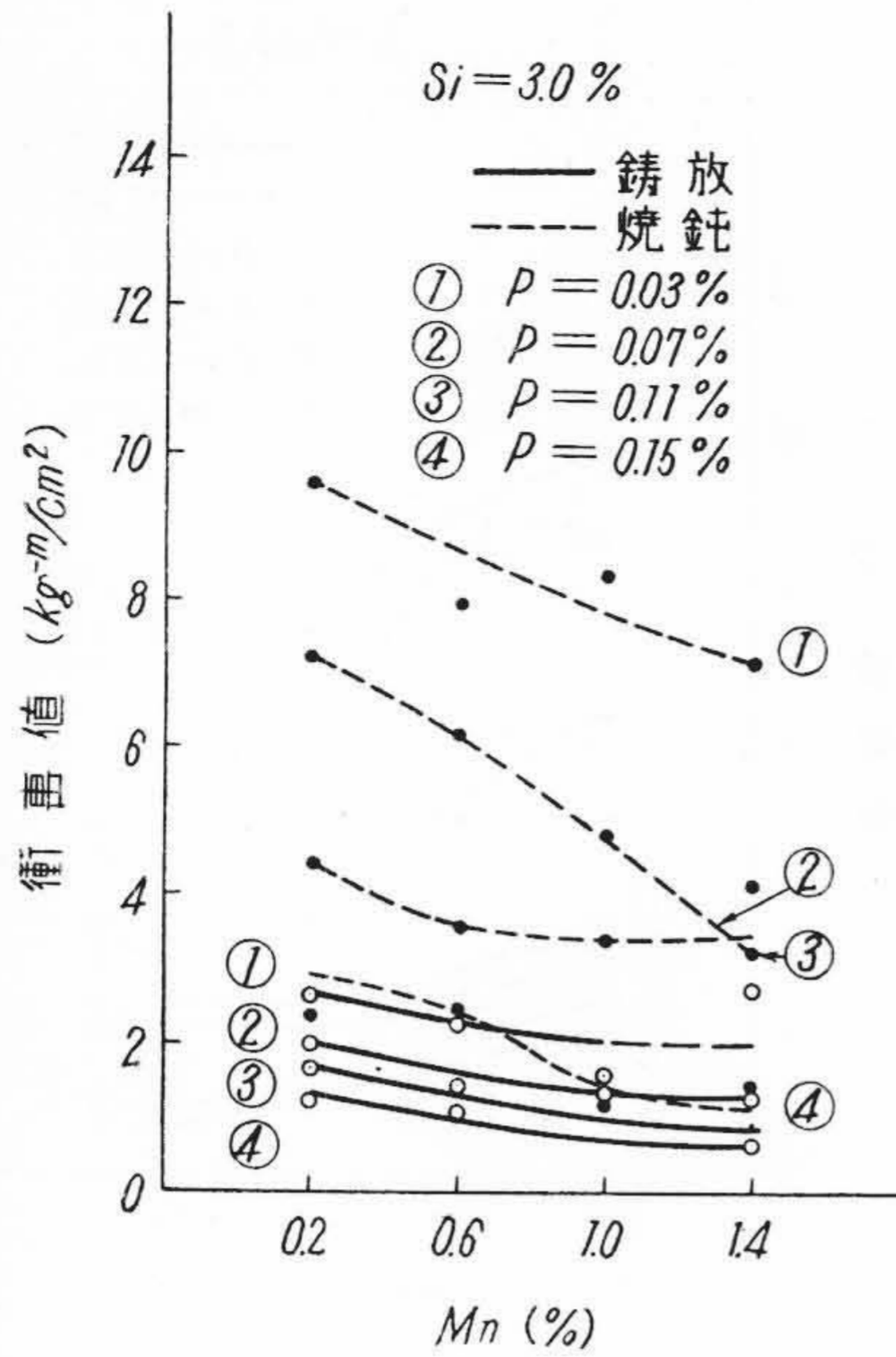
鑄放し状態では

$$Y = 1.88 - 1.52(C - 3.25) - 1.0\{(C - 3.25)^2 - 0.313\} - 1.16(Si - 2.5) \dots \dots \dots (1)$$

焼鈍状態では

$$Y = 9.72 - 1.80(C - 3.25) - 1.04(Si - 2.5) - 3.64\{(Si - 2.5)^2 - 0.5\} \dots \dots \dots (2)$$

ただし C および Si は分析値 (%) である。



第6図 衝撃値に対する Mn および P の影響 (Si 3.0%)
Fig. 6. Effect of Manganese and Phosphorus Content on Impact Value

(2) Si, Mn, P を変化した場合の衝撃値

鑄放しおよび焼鈍状態の衝撃値を第3図～第6図に示した。図のパラメータはPで①P=0.03%, ②P=0.07%, ③P=0.11%, ④P=0.15%である。

Mn および P の増加とともにあきらかに衝撃値が低下している。Si 3%では Mn による衝撃値の低下率が緩和されている。有意差検定を行つた結果は、鑄放しでは Mn が1%の危険率で、Pが5%の危険率で有意である。焼鈍状態では Mn および P が1%の危険率で有意である。

統計的手法により等間隔の場合の直交多項式を利用して衝撃値 Y の函数型を推定して、つぎのごとき実験式をえた。

鑄放しでは

$$Y = 1.82 + 0.262(Si - 2.25) - 1.4\{(Si - 2.25)^2 - 0.313\} - 1.15(Mn - 0.8) + 0.42\{(Mn - 0.8)^2 - 0.2\} - 11.4(P - 0.09) \dots\dots\dots (3)$$

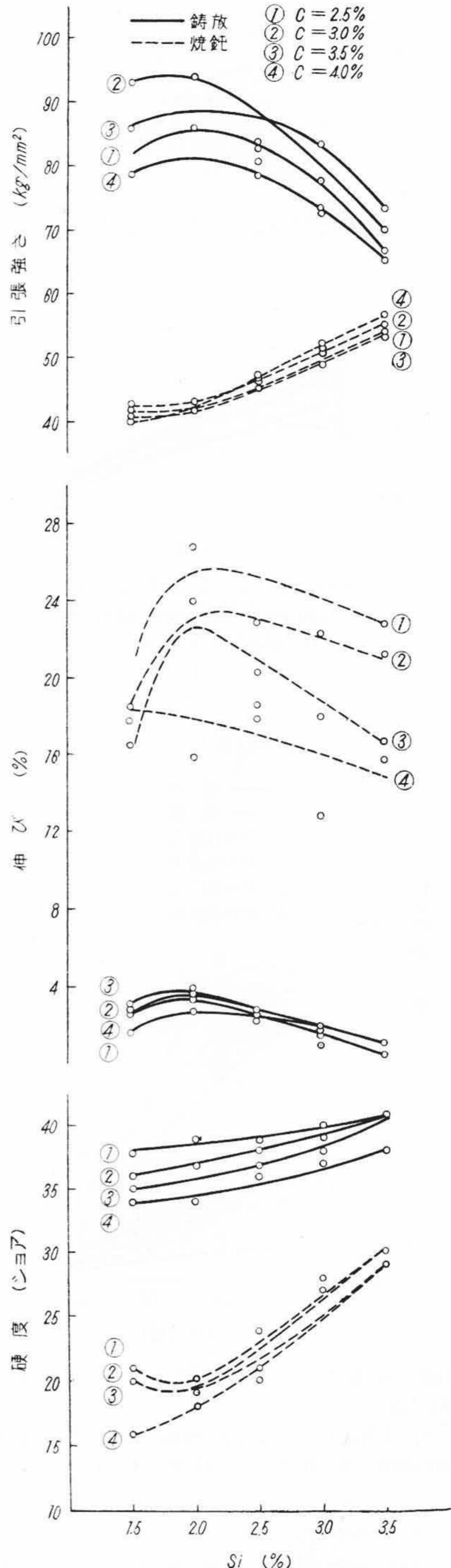
焼鈍状態では

$$Y = 4.80 - 0.238(Si - 2.25) - 0.681\{(Si - 2.25)^2 - 0.313\} - 3.12(Mn - 0.8) - 0.578\{(Mn - 0.8)^2 - 0.2\} - 42.0(P - 0.09) - 122\{(P - 0.09)^2 - 0.002\} \dots\dots\dots (4)$$

ただし Si, Mn, P は分析値 (%) である。

(3) C, Si を変化した場合の引張強さ, 硬度, 伸び

C, Si を変化した第一系列の鑄放しおよび焼鈍状態の



第7図 第一系列の機械的性質
Fig. 7. Mechanical Properties of First Series Samples

引張強さ, 硬度および伸びを第7図に示した。図のパラメータはCで①C=2.5%, ②C=3.0%, ③C=3.5%, ④

球状黒鉛鑄鉄の衝撃値等について

第4表 ショア硬度に対する Si, Mn, P の影響
Table 4. Effect of Silicon, Manganese and Phosphorus Content on Shore Hardness

鑄		放				焼		鈍			
Si%	Mn%	0.2	0.6	1.0	1.4	Si%	Mn%	0.2	0.6	1.0	1.4
	P%						P%				
1.5	0.03	41	41	44	52	1.5	0.03	16	21	26	27
	0.07	33	42	44	47		0.07	16	21	27	28
	0.11	36	42	41	46		0.11	18	25	30	31
	0.15	41	42	42	46		0.15	21	26	30	30
2.0	0.03	35	42	42	48	2.0	0.03	19	24	25	28
	0.07	36	42	43	46		0.07	19	27	27	29
	0.11	38	43	44	41		0.11	23	25	25	27
	0.15	42	42	43	42		0.15	21	25	25	30
2.5	0.03	35	41	41	46	2.5	0.03	24	23	23	23
	0.07	35	41	44	44		0.07	21	26	24	27
	0.11	38	40	45	44		0.11	23	24	24	27
	0.15	41	41	44	44		0.15	23	24	26	26
3.0	0.03	36	36	40	45	3.0	0.03	20	23	24	24
	0.07	40	38	43	44		0.07	20	23	23	23
	0.11	38	43	45	44		0.11	21	24	26	25
	0.15	41	42	45	47		0.15	19	24	22	27

第5表 黒鉛量ならびにフェライト量と衝撃値の関係
Table 5. Relation between Impact Value and Graphite and Ferrite Content

No.	T.C %	G.C %	C.C %	Si %	Mn %	衝撃値 kg-m/cm ²		検鏡によるフェライト量 %	
						鑄放し	焼鈍後	鑄放し	焼鈍後
800	2.51	1.75	0.76	1.56	0.31	1.3	11.6	0	80
782-2	2.48	1.78	0.70	1.99	0.27	1.6	14.2	0	98
788-1	2.57	1.92	0.65	2.50	0.27	1.8	12.3	(0.2)	(99.8)
2	2.55	1.93	0.62	2.94	0.29	0.5	10.8	(0.2)	100
3	2.49	1.83	0.61	3.52	0.29	0.4	5.8	(0.2)	100
786-1	2.92	2.14	0.78	1.45	0.27	3.5	8.6	0	80
2	3.02	2.11	0.91	2.01	0.27	2.1	10.9	0	(99.5)
785-1	3.17	2.47	0.70	2.48	0.28	1.5	12.5	(0.5)	100
2	3.14	2.52	0.62	2.95	0.28	1.5	11.5	2.5	100
3	3.07	2.47	0.60	3.44	0.28	0.7	6.9	3.0	100
783-1	3.56	2.87	0.69	1.52	0.33	3.6	8.2	0	70
2	3.39	2.77	0.63	1.99	0.32	3.2	11.2	0	98
765	3.41	2.66	0.77	2.57	0.28	1.9	14.2	(0.2)	100
784-1	3.42	2.81	0.61	2.96	0.29	1.9	11.0	3	100
2	3.36	2.71	0.65	3.46	0.29	0.7	7.1	5	100
793-1	4.14	3.26	0.88	1.61	0.34	2.1	9.1	0	80
2	4.04	3.20	0.84	2.13	0.35	2.1	8.2	0	98
769	4.23	3.39	0.84	2.57	0.31	1.6	8.6	(0.1)	95
792-1	4.18	3.33	0.85	3.15	0.34	0.8	8.3	(0.1)	100
2	4.13	3.29	0.84	3.55	0.34	0.4	6.5	(0.1)	100
T-3	3.91	3.17	0.74	2.03	0.21	2.9	8.6	15	100
T-28	3.56	2.91	0.65	2.14	0.64	2.3	8.5	5	100
T-57	3.69	2.80	0.89	2.16	1.05	2.0	5.0	5	80
T-31	3.68	2.91	0.77	2.05	1.41	2.1	3.1	1	40
T-58	3.55	2.94	0.61	2.58	0.25	5.3	9.1	60	100
T-27	3.64	3.01	0.63	2.61	0.61	2.1	7.0	60	100
T-47	3.63	2.93	0.70	2.71	1.03	2.0	5.0	50	100
T-20	3.69	2.92	0.77	2.50	1.45	1.6	3.3	15	100
T-48	3.62			1.57	0.30	2.8	8.2	5	100
T-9	3.26			1.66	0.63	1.3	7.0	3	100
T-34	3.81			1.63	1.04	1.6	4.8	1	40
T-11	3.75			1.42	1.45	0.7	2.2	0	0
T-41	3.65			3.07	0.25	2.0	7.2	60	100
T-61	3.57			2.97	0.62	1.4	6.2	60	100
T-51	3.53			2.95	1.08	1.4	4.8	50	100
T-45	3.86			2.91	1.20	1.3	3.2	15	100

C = 4.0%である。

引張強さは、鑄放しでは Si 2%位で最大値を示し焼鈍

状態では Si 2%位まで大差なくそれ以上 Si が増すとともに強くなっている。硬度は鑄放しでは Si の増加と

もに硬くなり、焼鈍状態では Si 2%位までは大差なく、それ以上 Si が増加するとともに硬くなっている。伸びは鑄放しおよび焼鈍状態とも Si 2% 附近で最大値を示している。

(4) Si, Mn, P を変化した場合の硬度

Si, Mn, P を変化した第二系列の鑄放しおよび焼鈍状態の硬度を第4表に示した。硬度は鑄放しおよび焼鈍状態とも Mn の増加につれて硬くなっている。

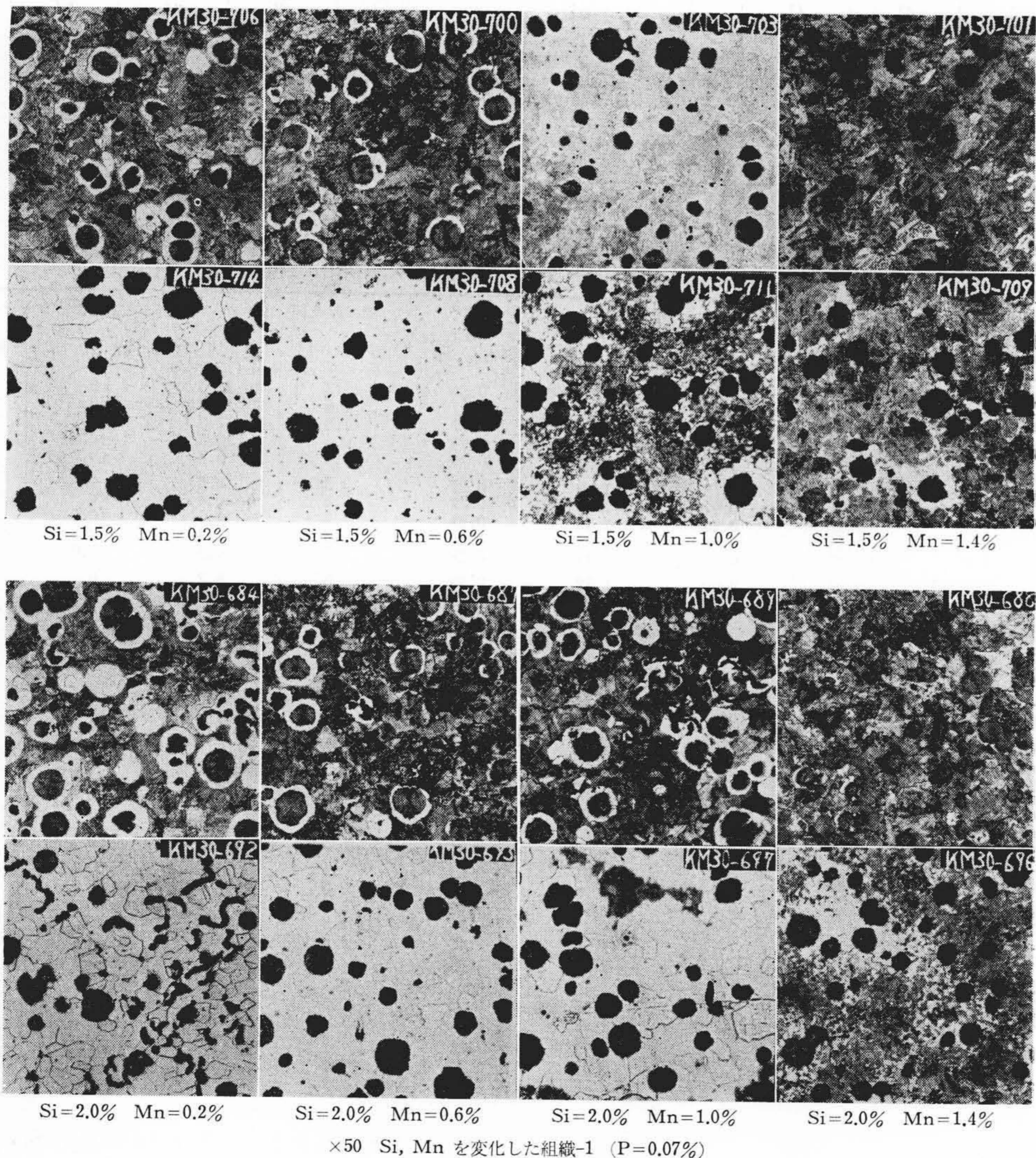
(5) 化学成分を変化した場合の組織

試料の顕微鏡組織ならびに第5表から、C, Si, Mn, P を変化した二系列の鑄放しおよび焼鈍状態の組織図をつくると第10図および第11図のごとくなる。一部の顕微鏡組織を第8図、第9図に示した。もちろんこの範囲はほかの黒鉛化に影響をあたえる元素の存在、あるいはマグ

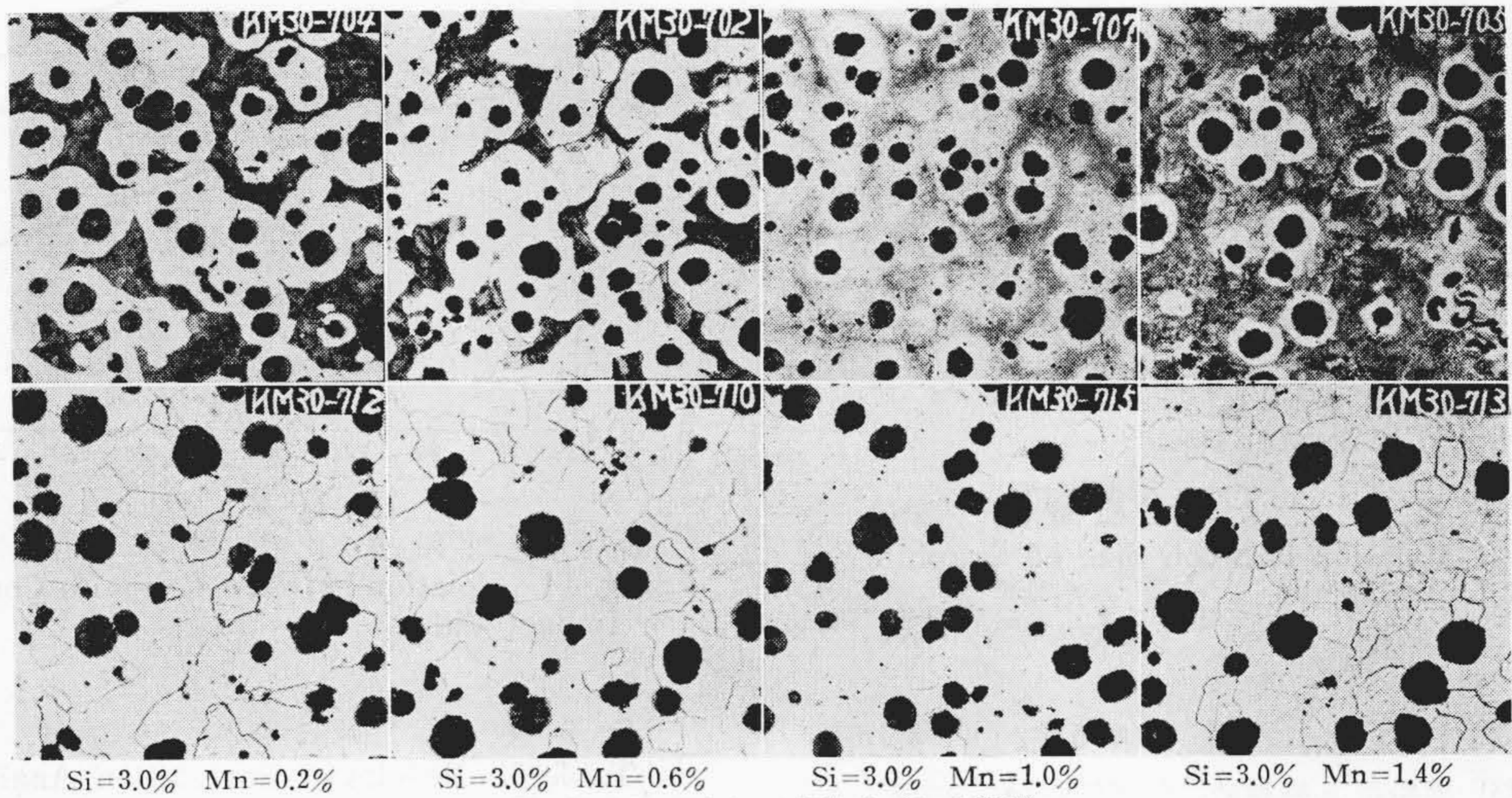
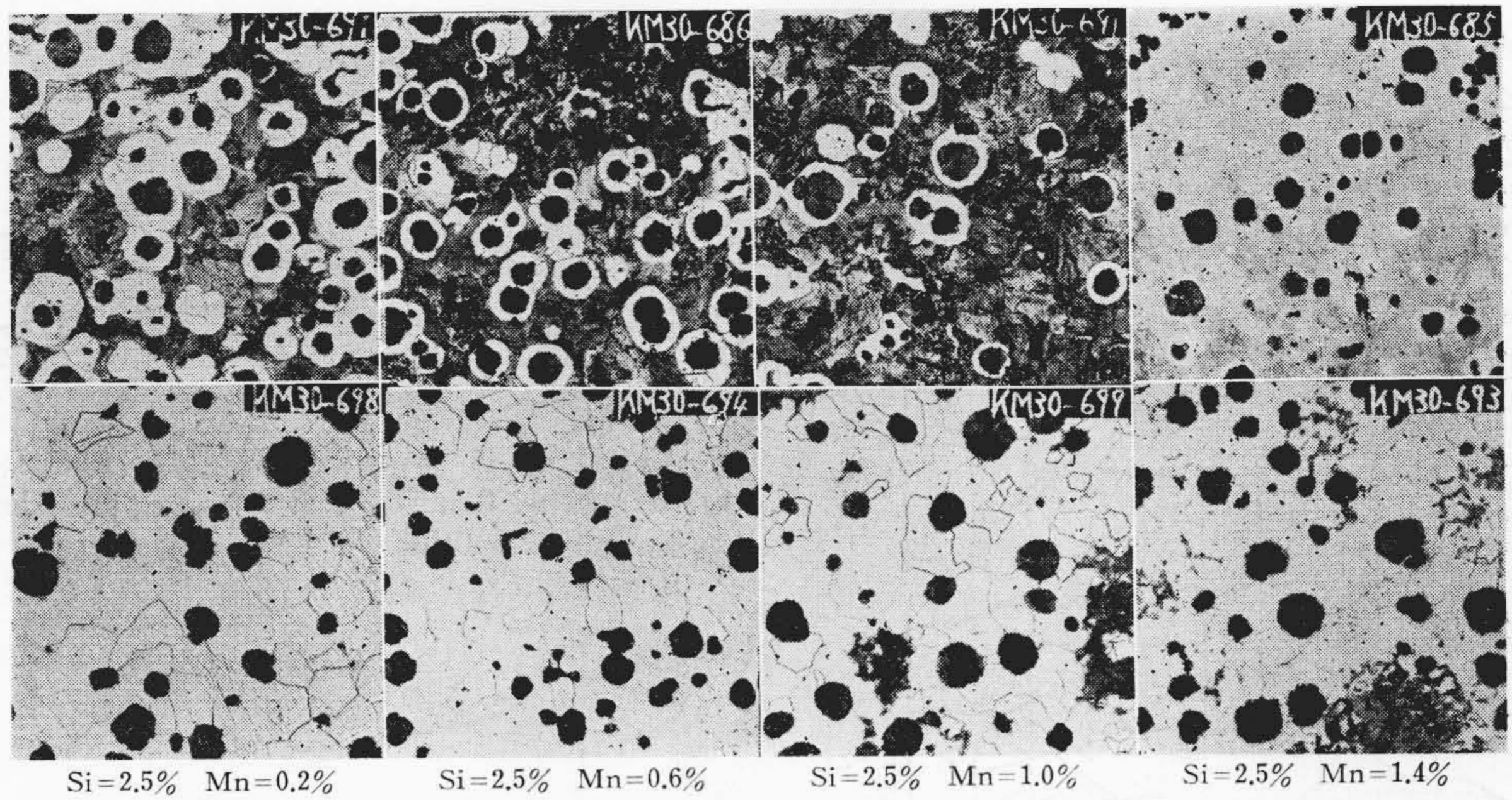
ネシウム処理条件などによつて移動すると考えるが、化学成分の組織にあたえる影響をある程度推察しうるものとする。

(6) 黒鉛形状ならびにその大きさの影響

第8図、第9図の写真などで判明するごとく、本実験試料では黒鉛の形状に大なる変化はない。しかし第一系列では同一試料から3ないし4個の衝撃試片を採取して試験しており、これらの衝撃値の変動が認められるから、この試料を顕微鏡下で観察して、黒鉛をその大きさならびに形状の面から分類し、これと衝撃値との関連性を示したものが第12図である。黒鉛球は焼鈍によつてその平均直径ならびにその数が増加している。また黒鉛量も部分的にかなり変化しているが、黒鉛量が一定ならば、比較的大きな黒鉛が均一に分布している方が衝撃値が高いとい

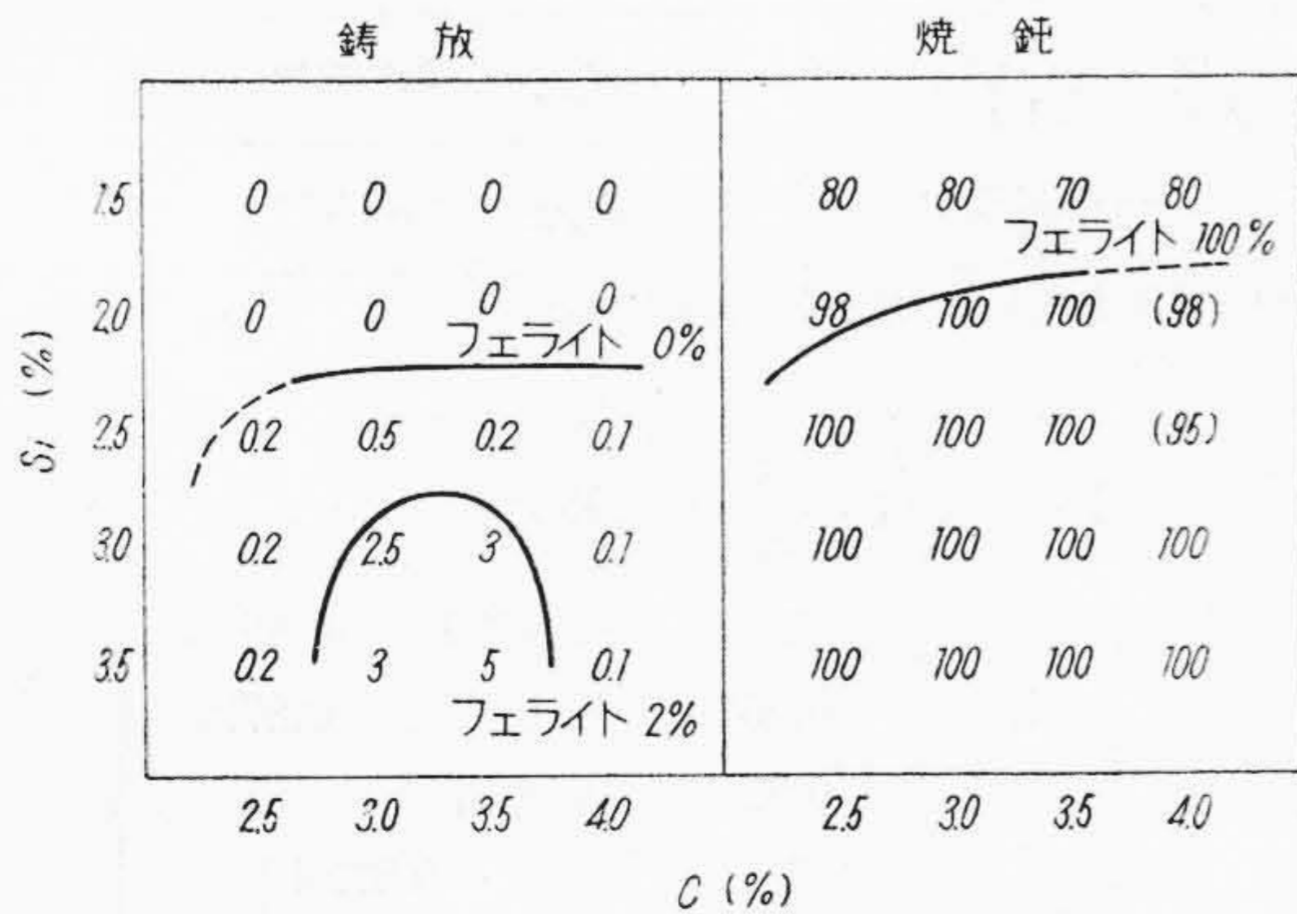


×50 Si, Mn を変化した組織-1 (P=0.07%)
第8図 顕微鏡写真 Fig. 8. Micro-structure

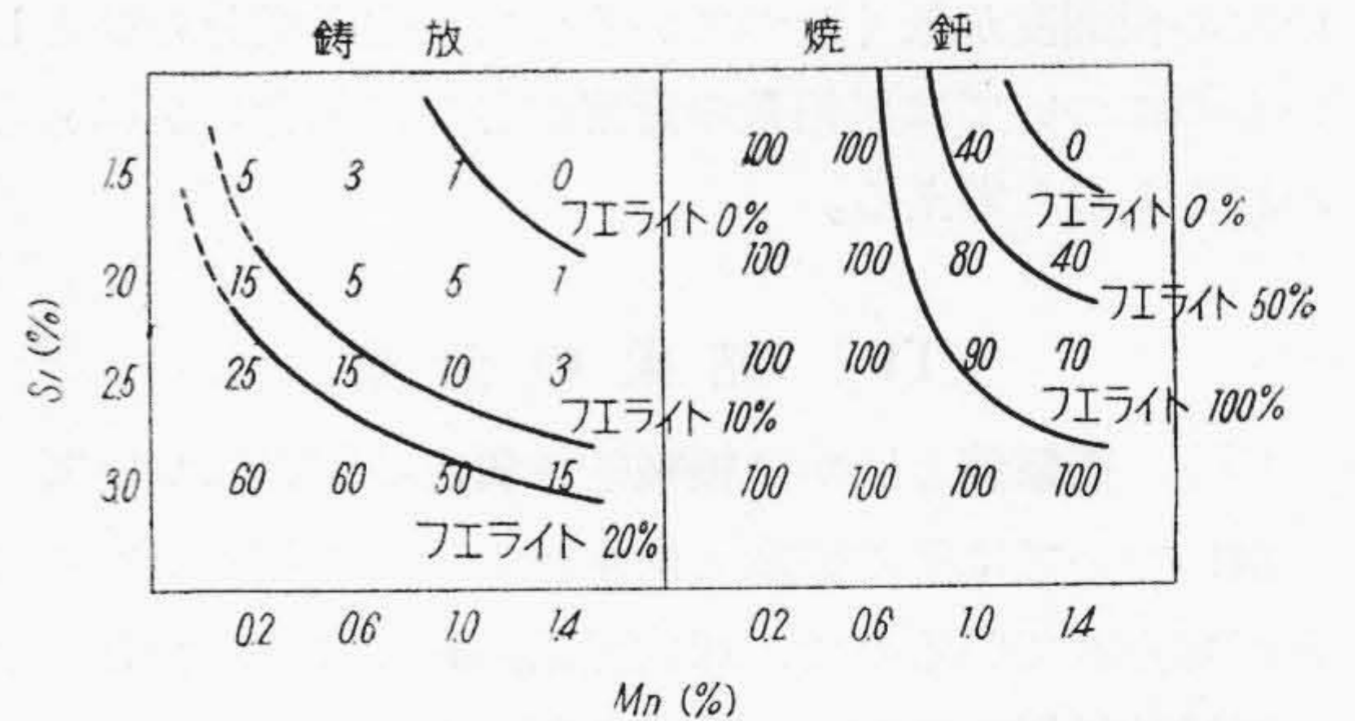


第9図 顕微鏡写真

Fig. 9. Micro-structure



第10図 化学成分と組織との関係
Fig. 10. Relation between Chemical Composition and Micro-structure

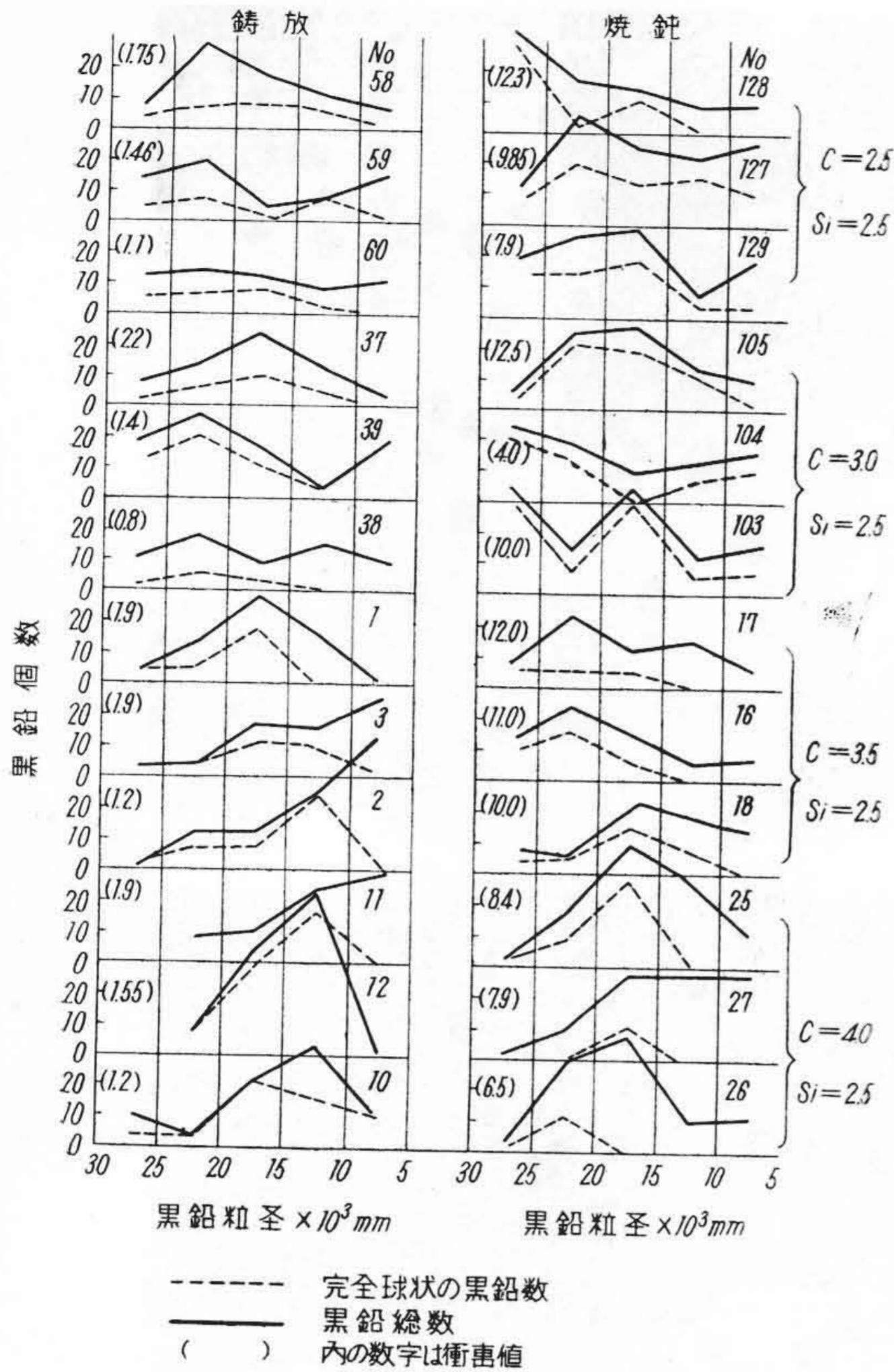


第11図 化学成分と組織との関係
Fig. 11. Relation between Chemical Composition and Micro-structure

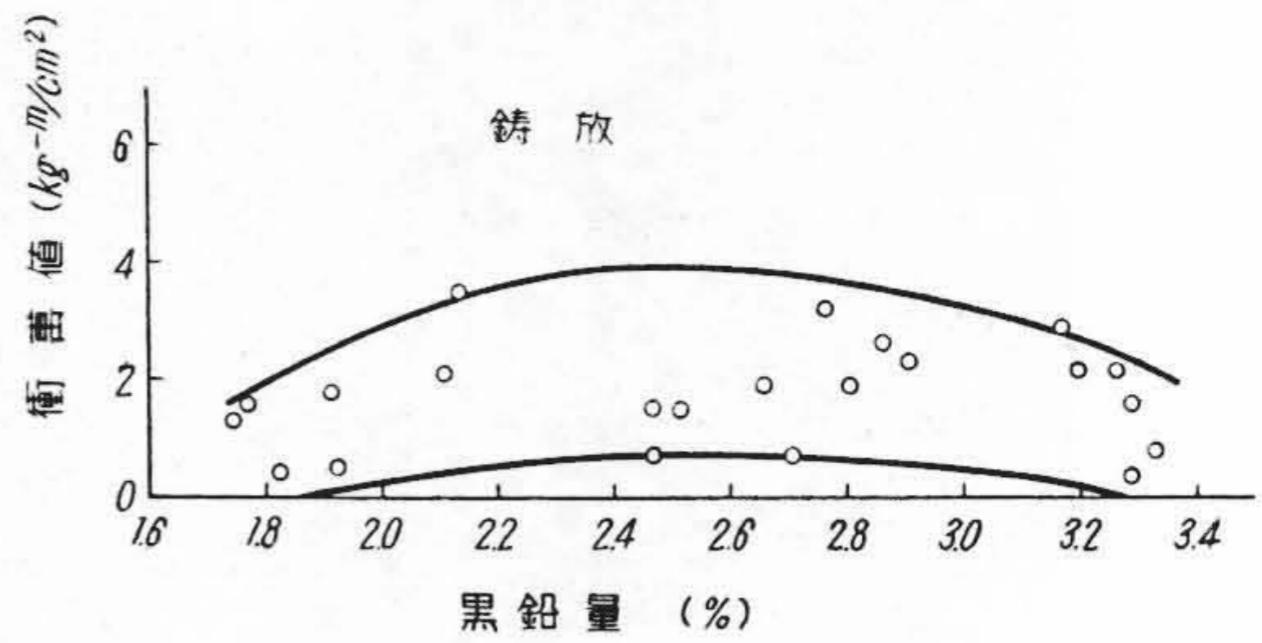
えるのではないかと考える。形状の面からは本実験試料

中には片状または準片状黒鉛はほとんど存在しないので、形状の影響を見出すことはできなかつた。

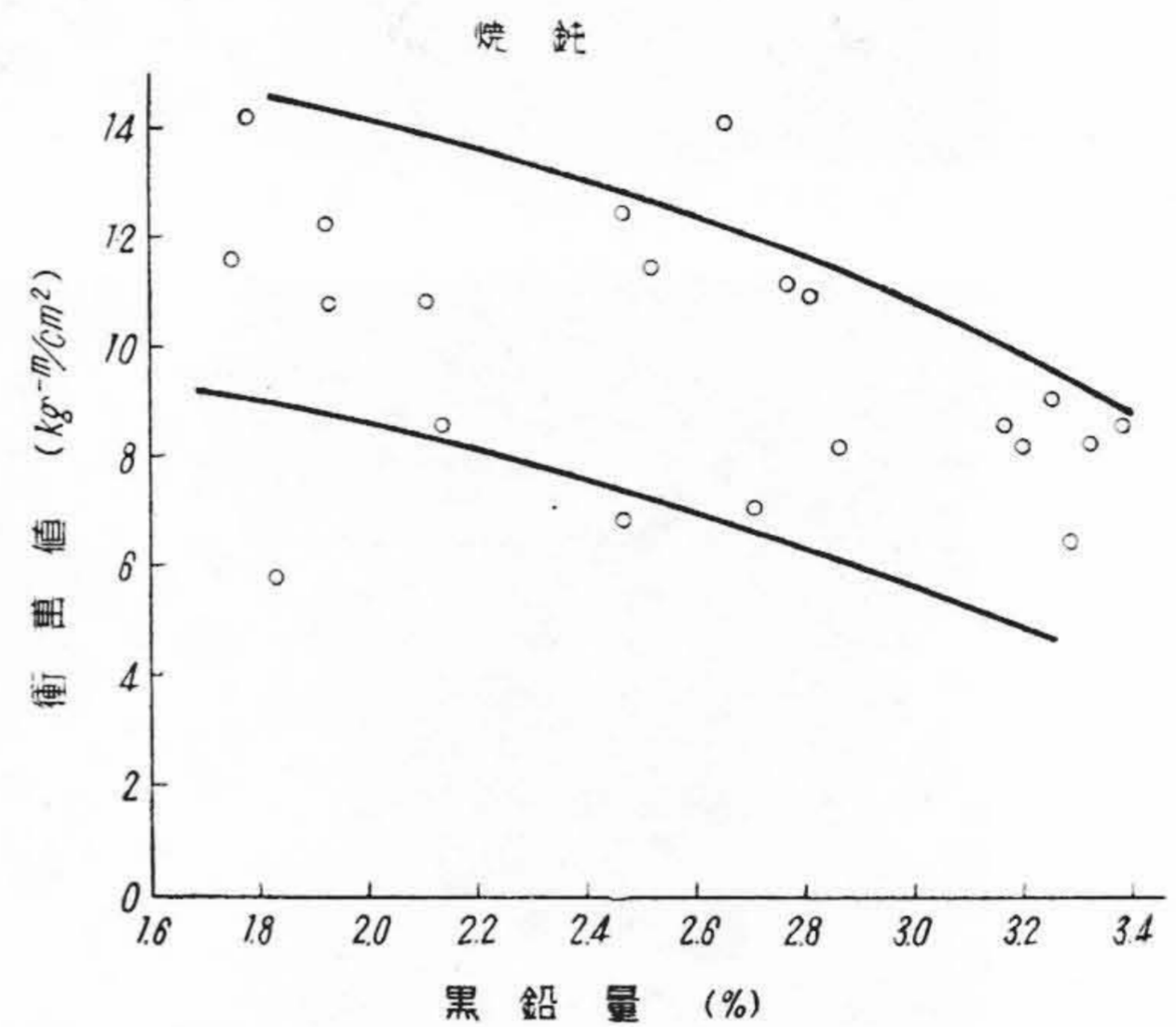
本実験の試料の一部についてその黒鉛量を定量し衝撃



第12図 黒鉛の大きさと衝撃値の関係
Fig. 12. Relation between Size of Graphite and Impact Value



第13図 黒鉛量と衝撃値との関係
Fig. 13. Relation between Graphite Content and Impact Value



第14図 黒鉛量と衝撃値との関係
Fig. 14. Relation between Graphite Content and Impact Value

値との相関をしらべた。その結果(第5表および第13図, 第14図参照) 黒鉛量と衝撃値の相関係数は, 鑄放して 0.086, 焼鈍後で 0.405 であつた。この検定には Mn 含有量のことなるものはのぞいてあるが, Si 量がひとしくないとため相関度が低くなつていたので, 化学成分のひとしいものについては黒鉛量の影響がさらにあきらかにあらわれるものとする。

[IV] 結果の考察

(1) 衝撃値とほかの機械的性質との関係について

鋼についてはその硬度と衝撃値との間に関係があることが知られているので, 球状黒鉛鑄鉄では衝撃値とほかの機械的性質との間にいかなる関係があるかをしらべてみた。第一系列のものをとりその硬度, 伸びと衝撃値との相関検定を行つた。引張強さはその値がかなりばらついていること, 引張強さ~硬度の間にはほぼ直線関係がなりたつことが知られているので⁽³⁾⁽⁴⁾, 今回は除外した。相関検定結果を第6表に示した。硬度 (X) および伸び (Y) に対する衝撃値 (Z) の重相関係数は

第6表 相関検定結果
Table 6. Results of Correlation Analysis

		単相関係数 (試料数 39)
硬度 (X)	— 衝撃値 (Z)	$R_{XZ} = -0.9529^{**}$
硬度 (X)	— 伸び (Y)	$R_{XY} = -0.8234^{**}$
伸び (Y)	— 衝撃値 (Z)	$R_{YZ} = 0.8737^{**}$

** 1%の危険率の有意水準で相関がある

$$Y_{zxy} = \sqrt{1 - \frac{R}{R_{zz}}} = 0.950^{**}$$

$$R = \begin{pmatrix} 1 & -0.9529 & -0.8234 \\ -0.9529 & 1 & 0.8737 \\ -0.8234 & 0.8737 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R_{zz} = \begin{pmatrix} 1 & -0.8234 \\ -0.8234 & 1 \end{pmatrix}$$

硬度~伸び~衝撃値の間には密接な関係があることがわかる。第15図に硬度と衝撃値, 第16図に伸びと衝撃値の関係を図示した。

(2) 化学成分の影響

球状黒鉛鑄鉄の硬度および伸びと衝撃値が関連を有することがわかったので、W.S. Pellini⁽⁶⁾ および C.F. Reynolds⁽⁵⁾ などの発表した機械的性質と成分の影響を参考にして検討した。

(i) Si の影響

Si は黒鉛化を促進するため鑄放しでフェライトを析出しやすくし、また焼鈍のさいのパーライトの分解を促進する。しかし Si が 3.5% 以上となれば鑄放しの伸びが減少し⁽⁵⁾、衝撃値も減少するであろう。また黒鉛の大きさは小粒となり、その数は増加する傾向がある。このことも衝撃値を減少する原因と考えられる。

(ii) Mn の影響

Mn は黒鉛化を妨げ Mn 1% 以上、Si 3% 以下ではパーライトを焼鈍によつて完全に分解することは困難である。衝撃値、伸びなどは鑄放し状態では Mn 1% 以上で急激に減少するが、焼鈍したものではその影響は比較的小となり、Si 3% 以上の場合は Mn が高くてもパーライトの分解は比較的容易になり機械的性質も向上する。

(iii) P の影響

P はパーライトおよびフェライト中に固溶して脆くする。この影響は鋼では比較的敏感にあらわれるが鑄鉄ではそれほど敏感でなく、0.1% 以下の P は影響がないという説もあるが、やはり伸びおよび衝撃値は P とともに直線的に減少するようである。

(iv) C の影響

C の影響はその化合炭素量と遊離炭素量、黒鉛の形状、大小などによつてきまり、その影響を一義的に論ずることはむづかしい。もしマトリックスの状態が同一であるとすれば、黒鉛球の存在によつてそのマトリックスの有効断面積を減少し、同時に黒鉛の形状、大小による影響があらわれる。この黒鉛粒による影響は衝撃値に比較的あらわれやすいものと考えられる。

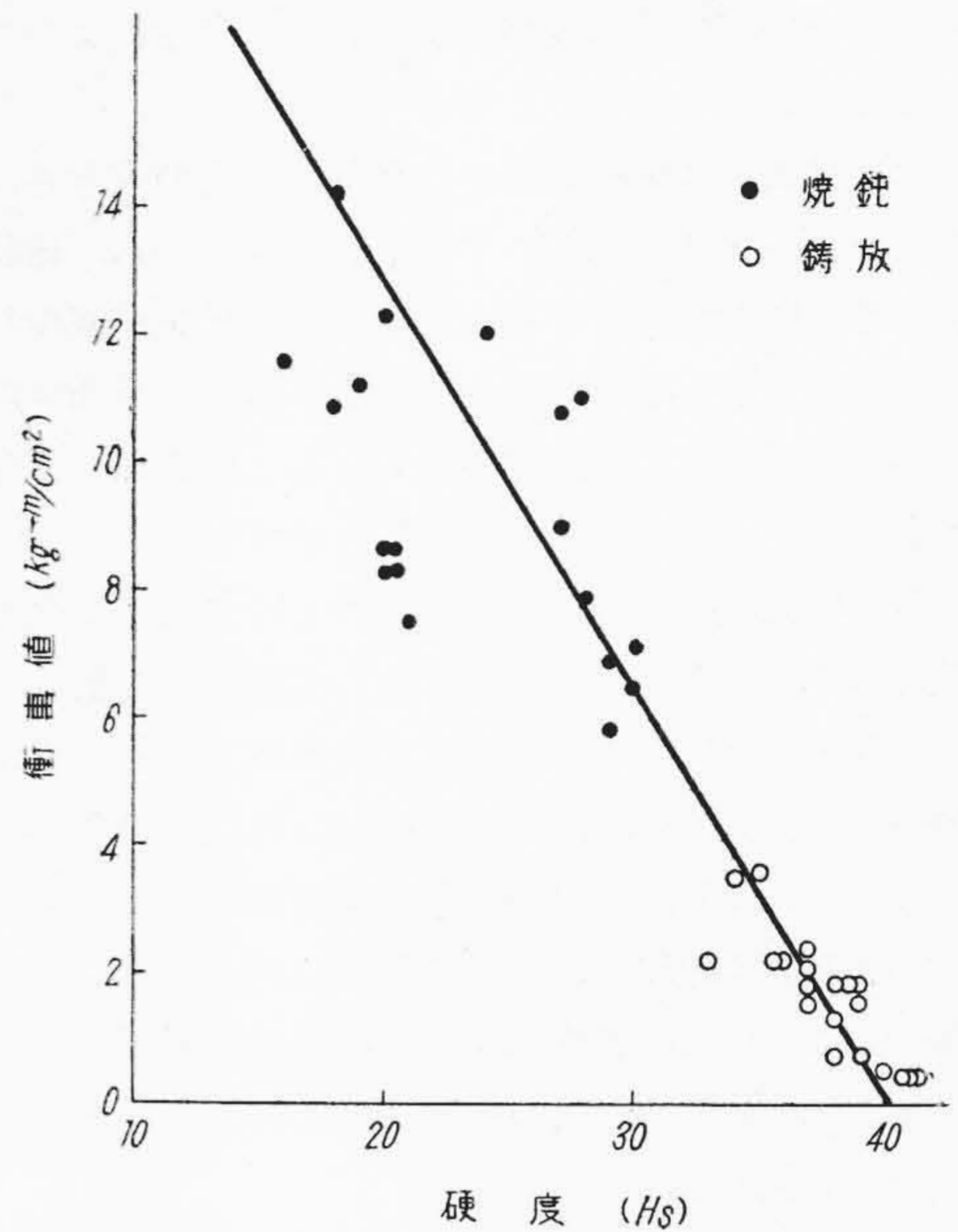
(3) 組織と衝撃値との関係について

(i) フェライトおよびパーライト量と衝撃値との関係

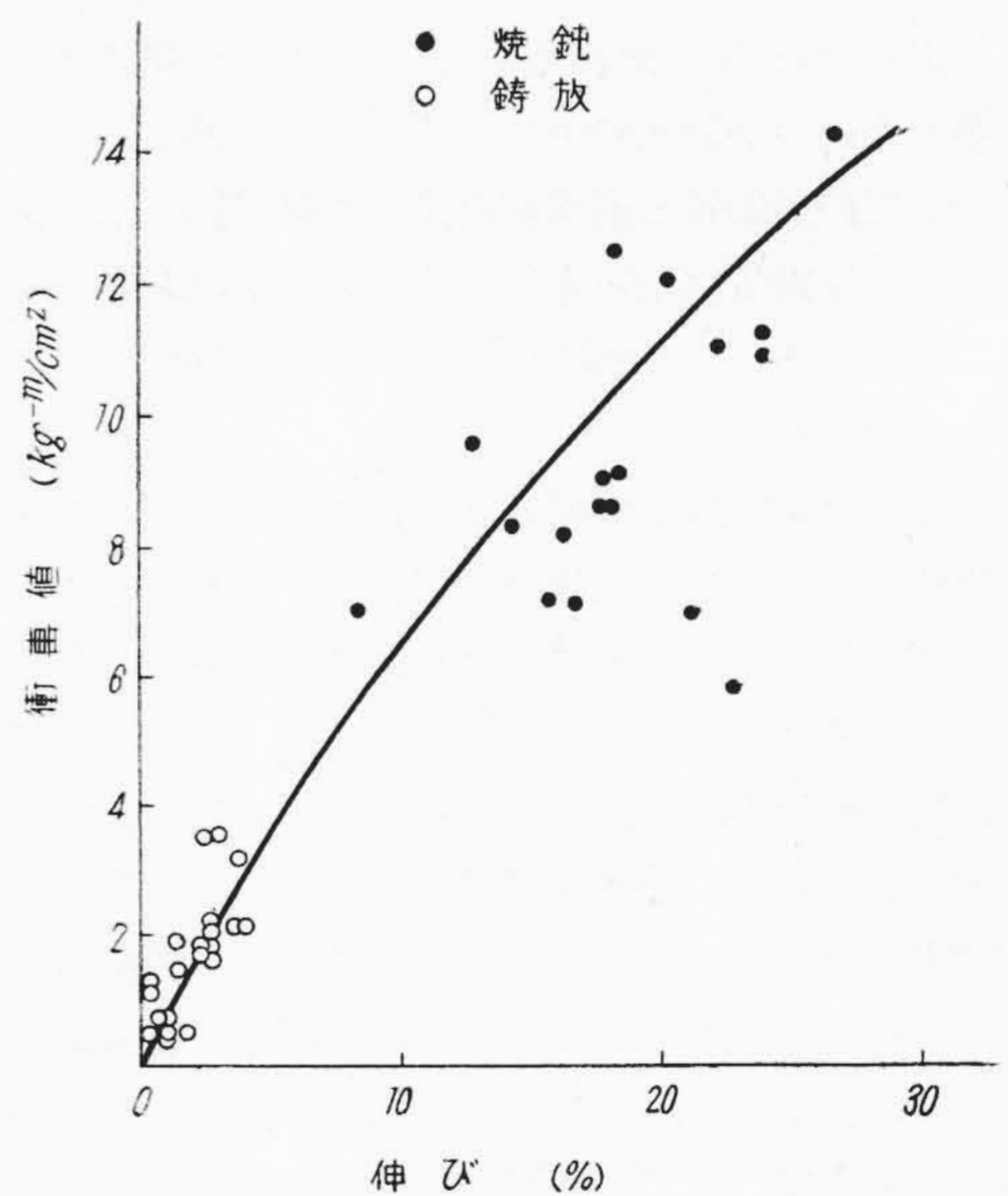
試料のフェライト量が増加すれば衝撃試験の変形量が増加し衝撃値が向上する。

W.S. Pellini⁽⁶⁾ によるとパーライト量が 0~20% の範囲では伸びの変化は少い、本実験試料も同様の傾向をもっている。これに反しパーライトの多い部分では少量のフェライトによつて衝撃値が変化しやすい。この場合ブルアイ組織の黒鉛周囲のフェライトは硬度が小であるから変形に対して緩衝作用をなすものと考えられる。しかし Si 量が増すとともにシリコフェライトの硬度が増加して緩衝作用も少くなると思われる。

(ii) 黒鉛の形状、大きさ、分布の影響



第15図 衝撃値と硬度との関係
Fig. 15. Relation between Impact Value and Hardness



第16図 衝撃値と伸びの関係
Fig. 16. Relation between Impact Value and Elongation

黒心可鍛鑄鉄についての南波氏の研究⁽⁷⁾によれば、黒鉛の大きさが小になるほど亀裂の進行に対するクッションの作用が増加して、引張強さが増加する。しかしこの場合にも伸びの値は黒鉛の大きさによつてあまり変化していない。考察(1)において述べたごとく、伸びと衝撃値との間にはある程度比例関係がなりたつことから黒

鉛量が同一の場合には衝撃値は黒鉛の大きさによつてあまり影響を受けないものと考えられる。

また球状黒鉛は焼鈍炭素とことなり、その大きさによつて球状化の程度をことにすることは少いから、球状黒鉛がある程度の大きさを有する方が切欠効果が減少して衝撃値が向上するものと考えられる。黒鉛の分布は均一分布がのぞましく、黒鉛量が多くなると黒鉛球が部分的に密集しやすくこの部分から破断しやすい。

黒鉛の形状が球状から片状に近づくにつれて切欠効果が増大して、応力集中率が高くなつて衝撃値が低下するが、その程度を数的に示すことは困難である。R.W. Lindsay の黒鉛球状化率と引張強さ、伸びとの関係図⁽⁸⁾から判断すると準片状黒鉛が20%程度存在したとき、引張強さの減少は約10%、伸びの減少は約4%である。本実験試料はつねに組織中に完全球状黒鉛を90%以上含んでいるので、黒鉛の形状の影響はほとんどあらわれなかつたものと考えられる。

(iii) 黒鉛量の影響について

球状黒鉛鑄鉄の黒鉛量が増加した場合に、黒鉛が断面中に占める割合がどのように変化するかをしらべてみた。黒鉛球が均一に分布していると仮定して試料断面において黒鉛の占める面積を計算したものが第7表である。第一系列の焼鈍試料中フェライト量が95%以上のものについての黒鉛量と衝撃値の関係を第17図に示した。この場合、黒鉛量は全炭素量にひとしいものと考え炭素量のことなるグループ別に黒鉛量および衝撃値の平均を求めたのである。

黒鉛量が3.4%以上で衝撃値が急に低下している理由は、黒鉛が多くなると部分的に密集しやすくなる傾向が認められることから、その有効断面積が減少したためではないかと考える。

一般に、地鉄の組織、成分の相違が小であり、黒鉛の形状および大きさ、分布などがほぼ同一の場合には、衝撃値は黒鉛量によつて変化するはずである。実際に検定を行つた結果、地がフェライトのみからなる焼鈍試片については、黒鉛量と衝撃値の間に相関が認められるが、鑄放しのものについては相関は認められなかつた。

[V] 結 言

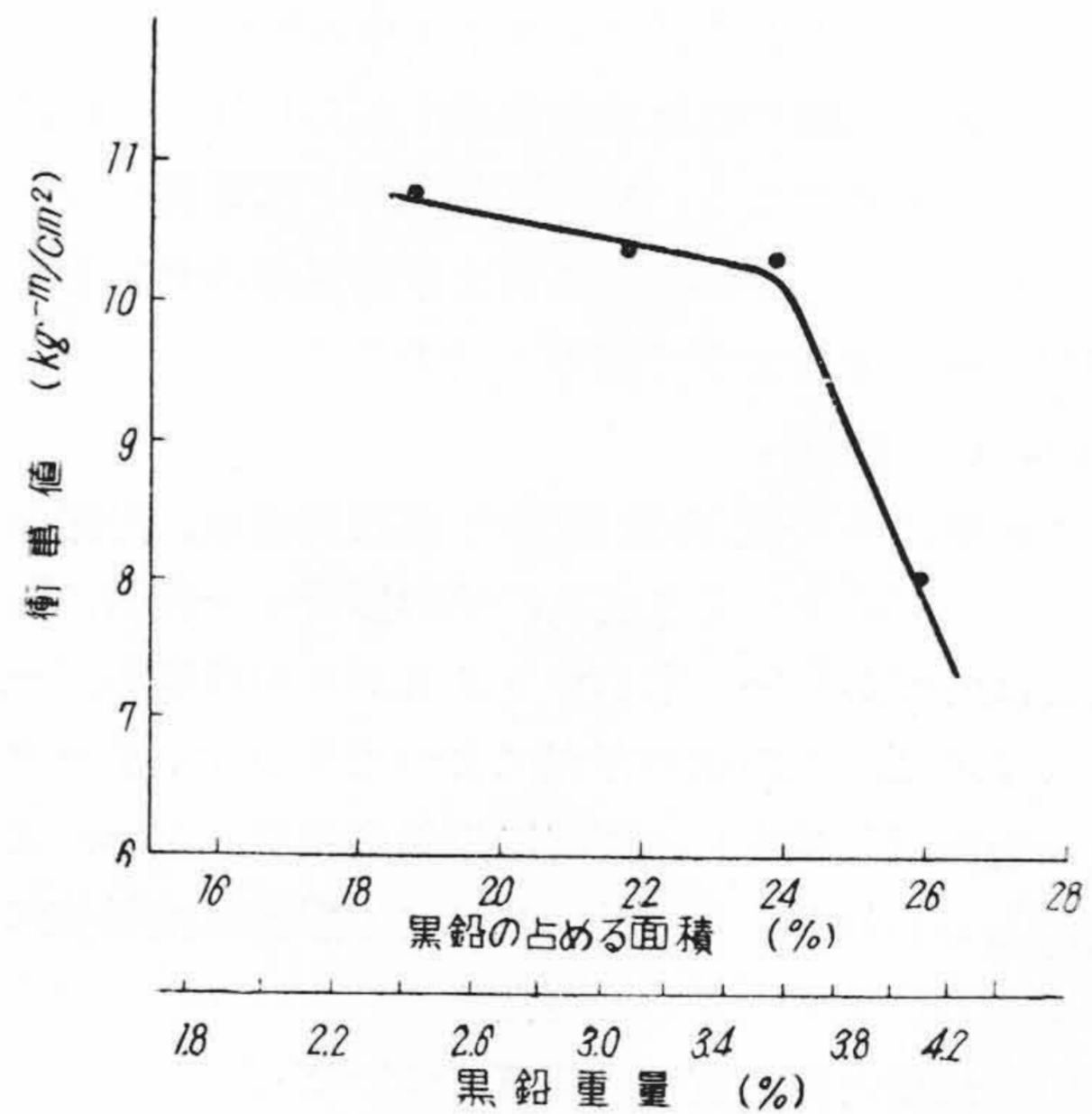
球状黒鉛鑄鉄の化学成分を C 2.5~4.0%, Si 1.5~3.5%, Mn 0.2~1.4%, P 0.03~0.15%の範囲で変化させその衝撃値などを調査した結果、つぎのようなことが判明した。

(1) 各元素の機械的性質にあたる影響

第一系列の C, Si を変化した場合、第二系列の Si, Mn, P を変化した場合の二系列で、それぞれ二元配置、

第7表 試料断面中に黒鉛の占める面積
Table 7. Area of Graphite in Section of Test Piece

黒鉛重量 (%)	黒鉛容量 (%)	断面中に黒鉛の占める面積 (%)
1.8	6.13	15.5
2.0	6.77	16.6
2.2	7.41	17.6
2.4	8.06	18.6
2.6	8.68	19.6
2.8	9.29	20.5
3.0	9.91	21.4
3.2	10.52	22.3
3.4	11.12	23.1
3.6	11.73	23.9
3.8	12.32	24.7
4.0	12.91	25.5
4.2	13.49	26.3
4.4	14.07	27.0



第17図 黒鉛量と衝撃値の関係
Fig. 17. Relation between Impact Value and Graphite Content

三元配置法による有意差検定を行つた結果

- (a) 鑄放しの衝撃値に対しては C, Si, Mn は1%の危険率で有意であり、P は5%の危険率で有意である。
- (b) 焼鈍後の衝撃値に対しては C, Si, Mn, P はいずれも1%の危険率で有意である。
- (c) 鑄放しの硬度に対しては Mn が1%の危険率で有意であり、焼鈍後の硬度に対しては Si および Mn が5%の危険率で有意である。

このほか、焼鈍状態の引張強さおよび鑄放しの伸びと Si 量との間には関係があるらしいことがわかった。この結果を用いて実験範囲内における衝撃値と化学成分の関係式を導いた。

さらに衝撃値は C 2.5~3.5%, Si 2.0~2.5% の範囲で高く, Mn, P は可及的少い方がのぞましい。Si 含有量が 3% 以上になれば Mn は 1% 程度含有してもパーライト増加による影響は比較的少い。

(2) 組織について

本実験試料の黒鉛形状はほとんど変化がないので、黒鉛形状の影響はあきらかでなかつたが、一部試料についてしらべた結果では、黒鉛の大きさがひとしく、分布が均一であれば衝撃値が高いようである。黒鉛の直径はある程度大きい方が切欠効果が減少する意味で有利であると考えられる。

また黒鉛量が大になれば当然衝撃値が低下するはずであるが、検定の結果は Si 量がことなるため、焼鈍後の衝撃値と黒鉛量との間に相関が認められるに過ぎなかつた。

パーライト量は衝撃値に大きな影響をあたえるはずであるが、本実験ではパーライトが連続的に変化した試料がえられなかつたため、その影響をあきらかにできなかつたが Si 量の特に高い部分をのぞいては、衝撃値はフェライト量にほぼ比例して増加すると考えられる。

つたが Si 量の特に高い部分をのぞいては、衝撃値はフェライト量にほぼ比例して増加すると考えられる。

(3) 衝撃値とほかの機械的性質との相関について

衝撃値と硬度および伸びとの間に高度の相関が認められ、硬度および伸びの値によつてある程度衝撃値を推定することができるようである。

終りに本研究に対して御懇篤な御教示を賜つた村上先生に厚く御礼申上げるとともに、試料の作製ならびに試験に協力された加藤氏をはじめ、御支援御協力を賜つた方々に深く謝意を表する。

参考文献

- (1) A.L. Carr, W. Steven: Metal Treatment and Drop Forging, Oct. 1953
- (2) 田口: 実験計画法 日本化学会プリント (昭28)
- (3) C.K. Donoho: Foundry, 78 96 (June 1950)
- (4) D.G. Reese: Foundry, 78 120 (May 1950)
- (5) C.F. Reynolds, H.F. Taylor: Transactions of A.F.S., P. 687 1952
- (6) W.S. Pellini, G. Sandoz & H.F. Bishop: Transactions of A.S.M., 46 418
- (7) 南波: 鑄物, 24 9 (昭 27-4)
- (8) R.W. Lindsay, A. Shames: Transactions of A.F.S., P. 650 1952
- (9) 谷村: 鉄と鋼, 38 38 (昭 27-9)

日立の安来ハガネ

工具鋼
刃物鋼
不銹鋼
構造用鋼
特殊用途鋼

棒 (黒皮引抜磨)
板 (熱圧・冷圧)
帯鋼 (熱圧・冷圧)
その他鍛造品



日立金属工業株式会社

東京・大阪・福岡・名古屋・広島・広畑・八幡・札幌