

ダクタイル鑄鉄の耐熱性について

High Temperature Properties of Ductile Cast Iron

河本昭治* 岩瀬昌徳* 小南 博* 川井 昂*

内 容 梗 概

ダクタイル鑄鉄が普通鑄鉄に比較してはるかにすぐれた耐熱性を有することは従来の研究によりよく知られている^{(1)~(3)}。ダクタイル鑄鉄の耐熱性をさらに改善するために Cu, Cr, Si および Ni を添加してその効果を調べた。

酸化および成長試験を行いつぎのことがわかった。

- (1) 酸耐化性は Si の添加によりいちじるしく良くなる。18% 程度の Ni を加えたオーステナイトダクタイル鑄鉄よりも、5% 程度の Si を添加した高 Si ダクタイル鑄鉄の方が酸化抵抗が大きい。
- (2) 5% 程度の Si 添加したオーステナイトダクタイル鑄鉄は 18-8 不銹鋼と同程度の耐酸化性を有する。
- (3) 耐成長性は Cu, Cr を加えて Ar_1 変態により析出するパーライトを安定化するか、Si, Ni を多量添加して Ac_1 変態を阻止することによりいちじるしく改善される。

〔I〕 緒 言

高 Si 鑄鉄、高 Al 鑄鉄、Cr 鑄鉄および 18% 以上の Ni を添加したオーステナイト鑄鉄はすぐれた耐熱性を有しているために耐熱鑄物として広く利用されている。これら鑄鉄に Mg 処理をほどこして、黒鉛を球状化すれば機械的性質を改善できるとともに、よりすぐれた耐熱性を期待することができる。本実験はこの点を確認するために 1% 程度の Cu, Cr を添加して、Si 量を変化したダクタイル鑄鉄の酸化、成長試験および高温引張試験ならびにオーステナイトダクタイル鑄鉄の酸化試験および成長試験を行つたものである。

Al は Si と同様に耐熱性の改善に対して効果が有るものと考えられるが、黒鉛の球状化を阻害するため試験より除外した。

〔II〕 実 験 方 法

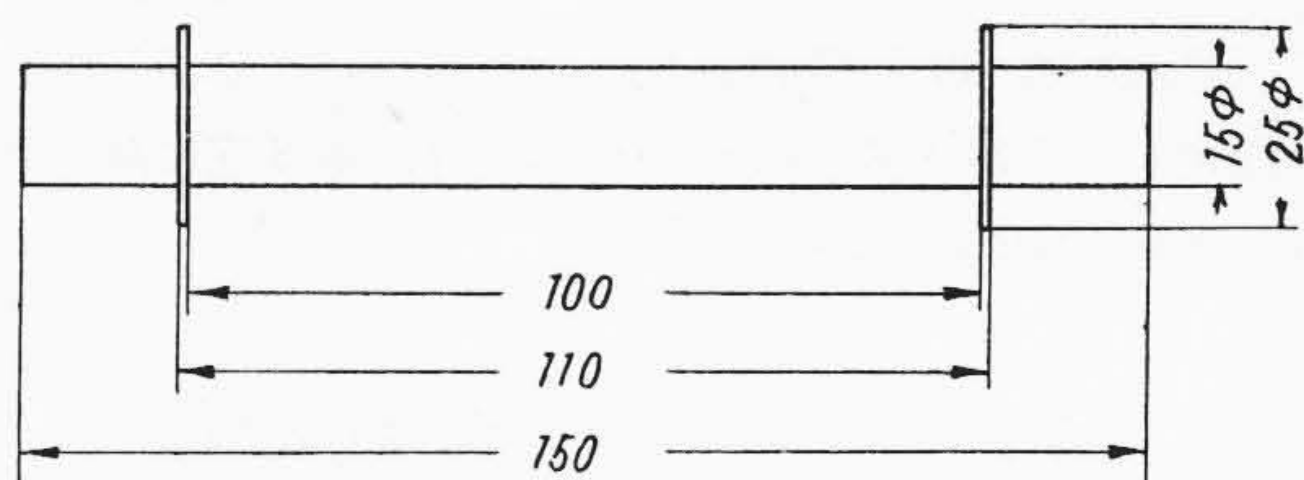
Si, Cu, Cr 系ダクタイル鑄鉄は主として 100kg 塩基性弧光炉、オーステナイトダクタイル鑄鉄は 35kVA 高周波炉で熔解した。熔解後 Mg 処理を行い、1 吋 Y ブロックに鑄込み、これより試験片を切出して実験に供した。

従来鑄鉄の耐熱性としては耐酸化性、耐成長性が主に論じられているが、Si, Cu, Cr 系ダクタイル鑄鉄については酸化、成長試験のほかに高温引張試験を行つた。

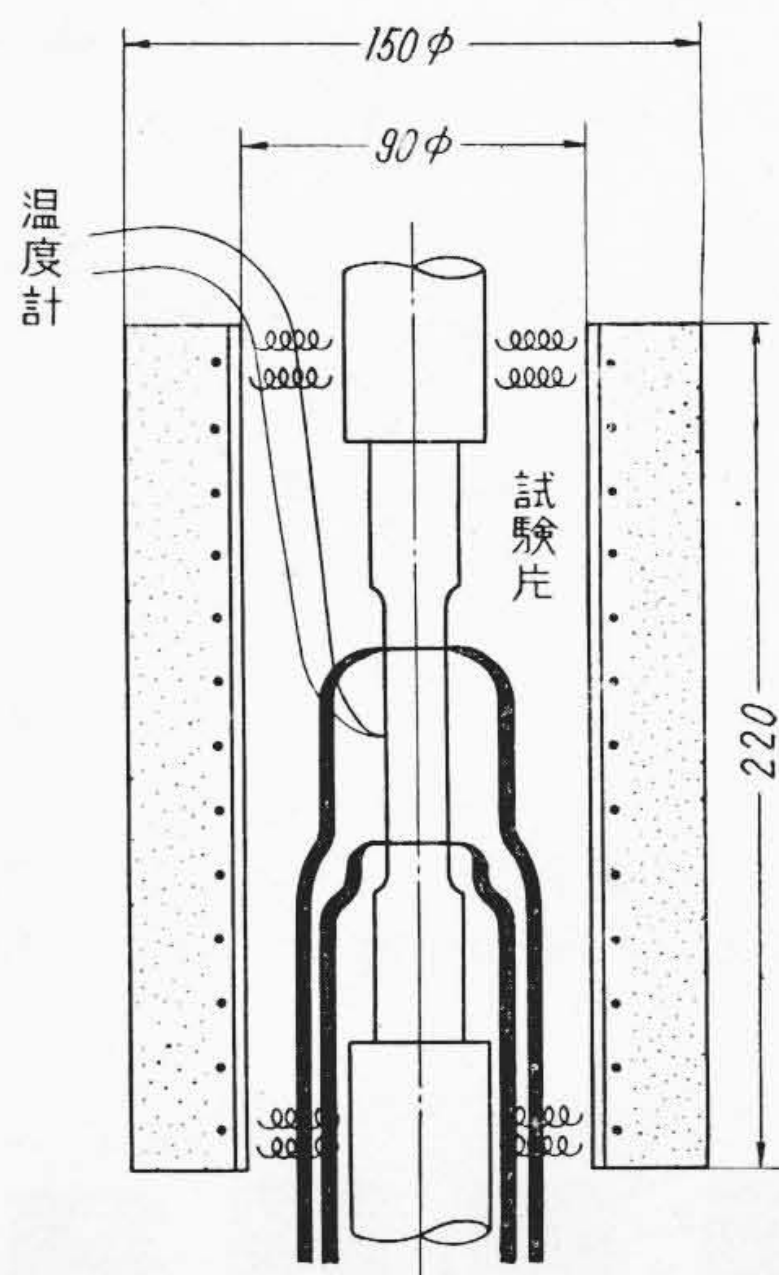
酸化試験は 40~90mm×10mmφ の試験片を 120mm×20mmφ のタンマン管に入れ、1,100mm×1,000mmφ のエレベータ式ニクロム線抵抗炉に装入、空气中で高温加熱した。材質相互の耐酸化性を明確に比較するために 850~950°C という相当高温で実験を行つた。

成長試験はスケールの発生による誤差をなくするため

* 日立金属工業株式会社戸畑工場



第1図 成長試験片
Fig. 1. Growth Test Specimen



第2図 高温引張試験装置
Fig. 2. Apparatus for High Temperature Tensile Test

に第1図に示す形状の試験片をもちいた。試験片を支持棒に懸垂して、エレベータ炉に装入後所定温度の間を、加熱冷却を繰返し、長さの増加を測定した。変態点を挟んで加熱冷却を繰返す場合、成長率は加熱、冷却速度によつて相当異ってくるものと考えられるが、本実験にお

いては、高温保持 10 分で、1 サイクル 30 分という相当急速な条件の下で実験を行つた。

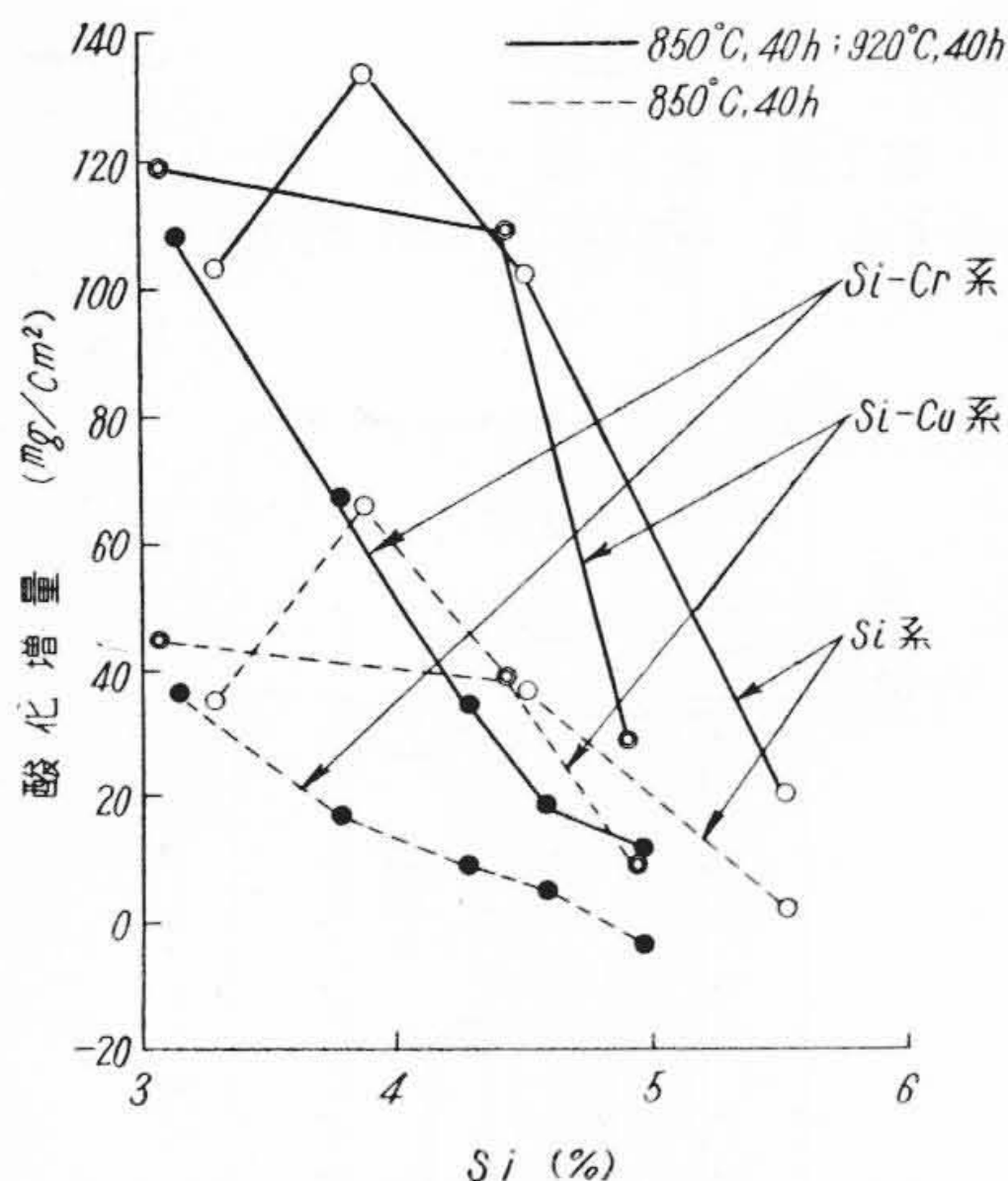
高温引張試験はオルゼン式 45 t 引張試験機をもちい、第 2 図に示す縦型ニクロム線抵抗炉で JIS 4 号引張試験片を試験温度まで加熱し、その温度に 40 分間保持した後行つた。鏡式エクステンソメータで試験片の伸びを測定して、これより応力-歪線図を求めた。

〔III〕 実 験 結 果

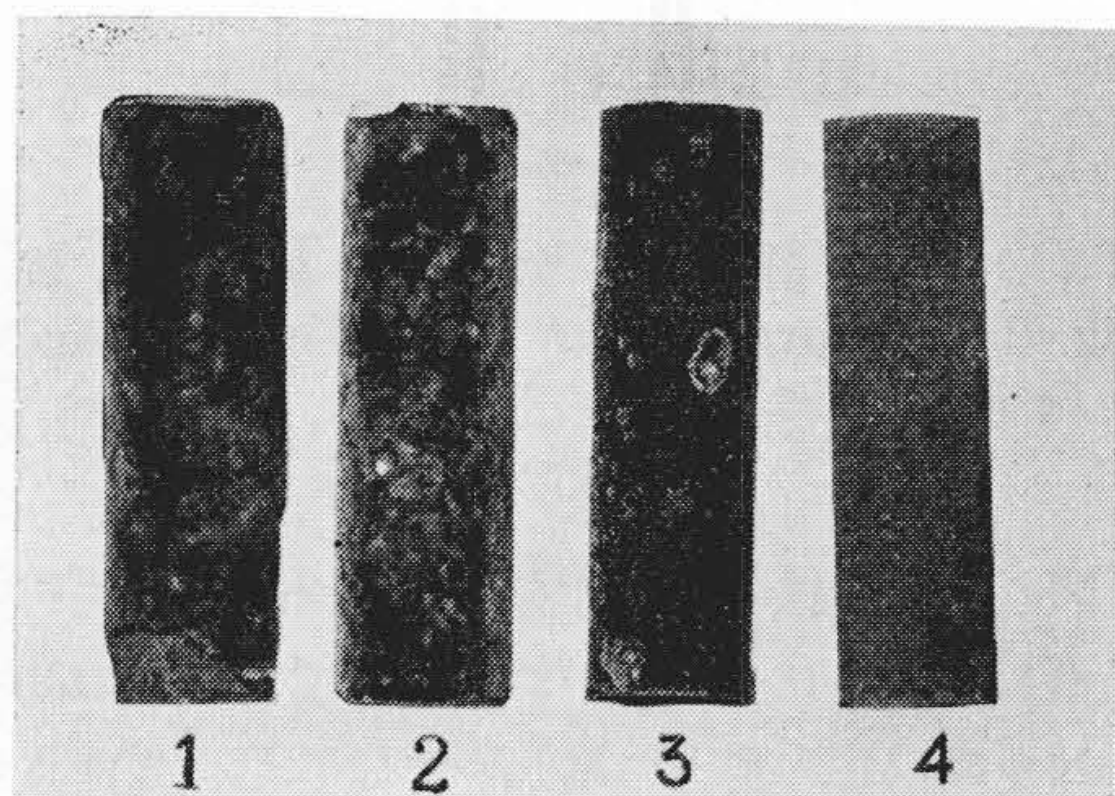
(1) 酸化試験

(A) Si, Cu, Cr の影響

Si 量を 3~5 % の範囲に変化して、Cu, Cr を添加しないもの、Cu を 1 % 添加したものおよび Cr を 0.5~0.8 % 添加した 12 種の試料を作製、鑄放しのまま実験に使用した。850°C および 920°C でスケールを剥離せずに、各温度で 40 時間連続加熱して酸化による重量増加を測定した。第 1 表に試料の化学成分、第 3 図に酸化増量と成分の関係を示す。



第 3 図 酸化増量におよぼす添加元素の影響
Fig. 3. Effect of Elements on Weight Increased



第 4 図 酸化試験後の試験片
Fig. 4. Specimens after Scaling Test

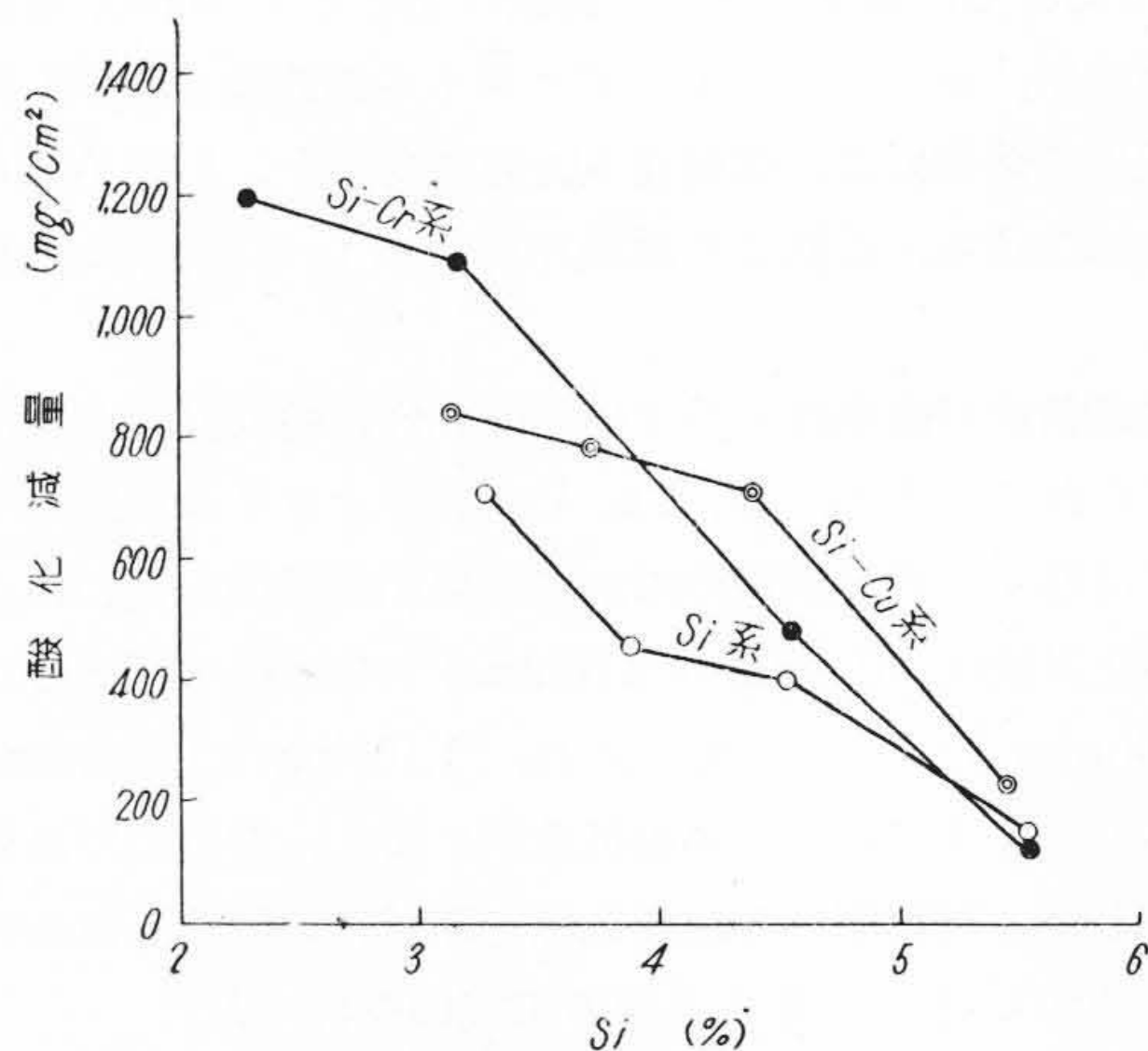
第 1 表 試料の化学成分
Table 1. Chemical Composition of Specimens

種 類	試料番号	化 学 成 分 (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
Si 系	1	3.45	3.28	0.34	0.028	0.015	0.004	—
	2	3.27	3.88	0.25	0.028	0.012	0.008	—
	3	3.13	4.50	0.22	0.036	0.010	0.061	—
	4	2.72	5.52	0.26	0.038	0.010	0.095	—
Si-Cu系	C-7	2.96	3.09	0.33	0.054	0.016	0.043	1.04
	C-8	3.08	4.44	0.33	0.054	0.016	0.038	0.87
	C-9	3.20	4.92	0.33	0.054	0.016	0.027	1.01
Si-Cr系	R-8	3.16	3.76	0.32	0.046	0.010	0.51	—
	R-9	3.16	4.58	0.32	0.046	0.010	0.61	—
	R-10	3.15	3.14	0.33	0.054	0.002	0.79	—
	R-11	3.42	4.29	0.31	0.048	0.002	0.81	—
	R-12	3.24	4.95	0.31	0.048	0.002	0.83	—

Cr の添加により酸化量は半減するが、Cu の添加効果は認められない。Si 量の増加により酸化量は減少するが、Cr を添加したものはこの傾向が顕著である。

第 4 図は酸化後の試験片を示したもので、Si 量が少なくて耐酸化性の小さいものは膨れがひどく、剥離しやすい厚い酸化膜を生ずるが、Si 量が増加して耐酸化性が良くなると薄い緻密な酸化膜を生ずるようになる。

酸化量は試験方法によつても相当ことなってくる。第 5 図に 850°C で 6, 12, 24, 48, 96 時間加熱して各時間毎に試験片を炉より取出し、空冷後サンドブラストにてスケールを十分除去した後、加熱を行つた場合の酸化による重量減少を示した。この場合 Si 量の増加により酸化量は直線的に減少しているが、Cr の添加効果は認められない。Cu の添加により酸化量はむしろ増加している。第 2 表は試料の化学成分、第 6 図は酸化減量と加熱時間との関係の一例を示したものである。酸化減量曲線は耐酸化性の悪い試料では直線的であるが、高 Si の

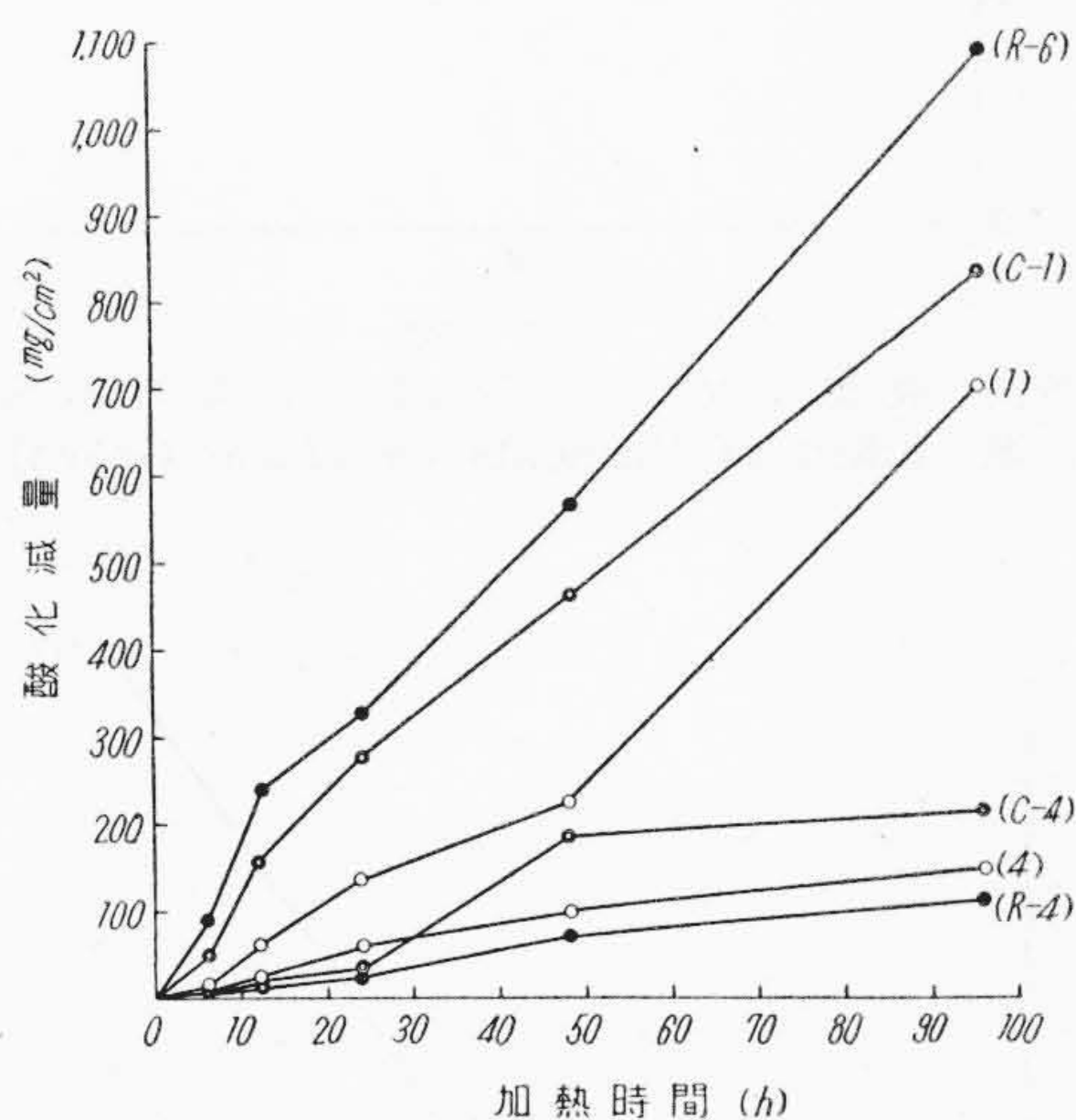
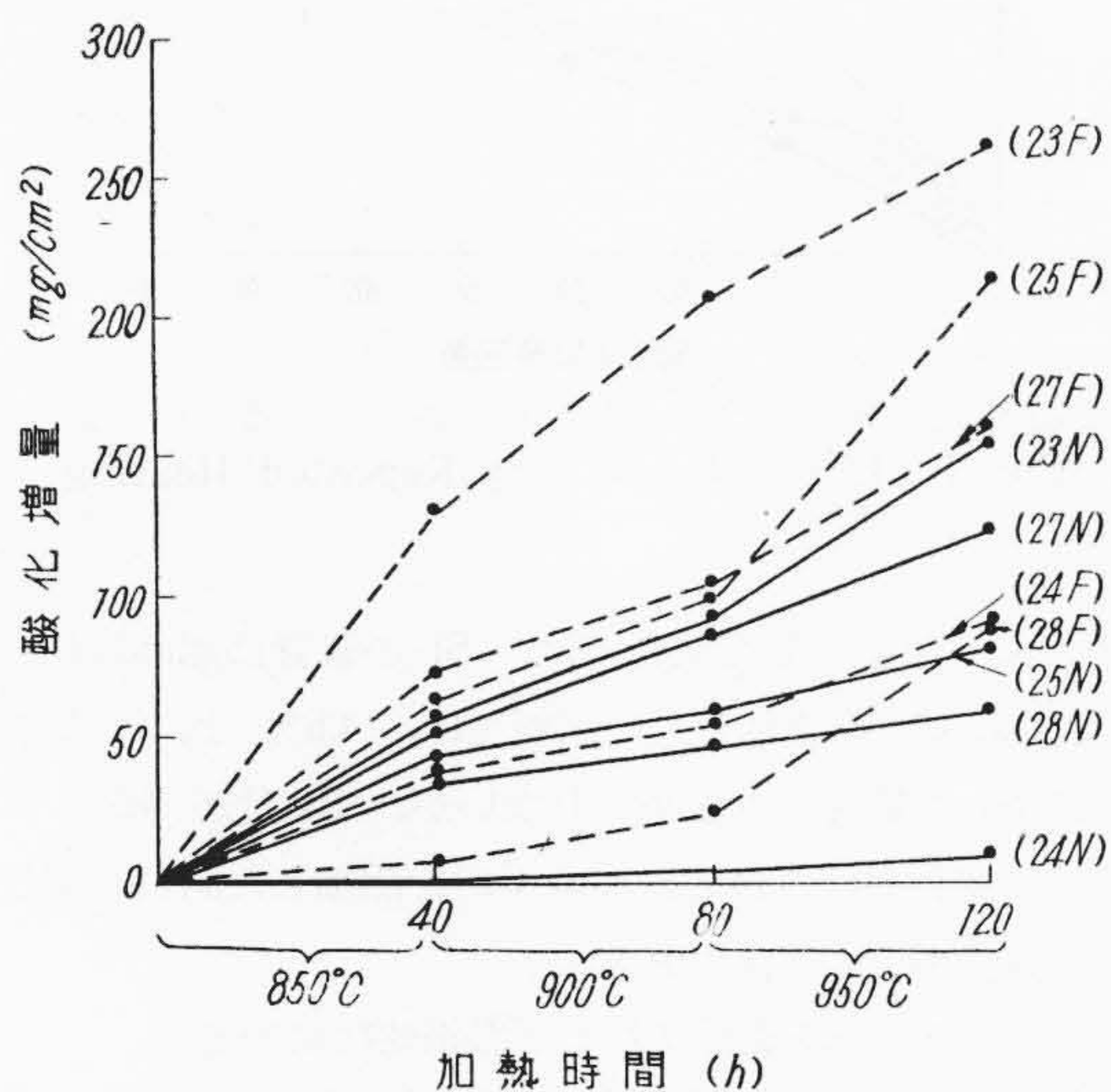


第 5 図 酸化減量におよぼす添加元素の影響 (850°C)
Fig. 5. Effect of Elements on Weight Loss

第2表 試料の化学成分
Table 2. Chemical Composition of Specimens

種類	試料番号	化 学 成 分 (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
Si-Cu系	C-1	3.32	3.28	0.34	0.028	0.015	0.053	0.98
	C-2	3.24	3.72	0.25	0.028	0.012	0.018	1.09
	C-3	3.10	4.38	0.22	0.036	0.010	0.047	1.03
	C-4	2.83	5.42	0.26	0.038	0.010	0.098	1.18
Si-Cr系	R-3	3.17	4.57	0.22	0.036	0.010	0.52	—
	R-4	2.79	5.52	0.26	0.038	0.010	0.53	—
	R-6	3.66	2.28	0.14	0.040	0.015	0.50	—
	R-13	3.41	3.16	0.19	0.015	0.020	0.85	—

Si系は第1表と同じ。

第6図 850°Cにおける酸化減量と時間との関係
Fig. 6. Relation between Weight Loss and Heating Hours at 850°C第7図 高温加熱による酸化増量
Fig. 7. Gain in Weight at High Temperature第3表 試料の化学成分
Table 3. Chemical Composition of Specimens

種 類		試料番号	化 学 成 分 (%)					
			C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni
低	Si 系	23 N	3.10	1.87	0.16	0.13	—	—
		23 F	3.51	2.08	0.18	0.17	—	—
高	Si 系	24 N	2.90	4.60	0.20	0.80	—	—
		24 F	2.84	5.64	0.20	0.07	—	—
オーステナイト系	Ni-Cr	25 N	2.90	2.96	1.34	2.38	—	17.50
		25 F	3.10	2.00	1.45	2.56	—	17.80
	Ni-Cr-Si	26 N	2.40	7.46	1.65	2.70	—	17.68
		26 F	2.53	8.48	1.48	2.80	—	17.35
	Ni-Cu	27 N	2.53	1.90	1.09	0.52	4.66	15.40
		27 F	2.91	2.80	1.12	0.52	4.72	16.58
	Ni	28 N	2.70	3.50	1.78	0.085	—	19.40
		28 F	2.73	3.86	1.86	0.073	—	18.30
13 Cr 鋼		29	0.34	2.02	0.49	11.61	—	—
18-8 不銹鋼		30	0.02	0.50	1.04	18.19	—	9.23

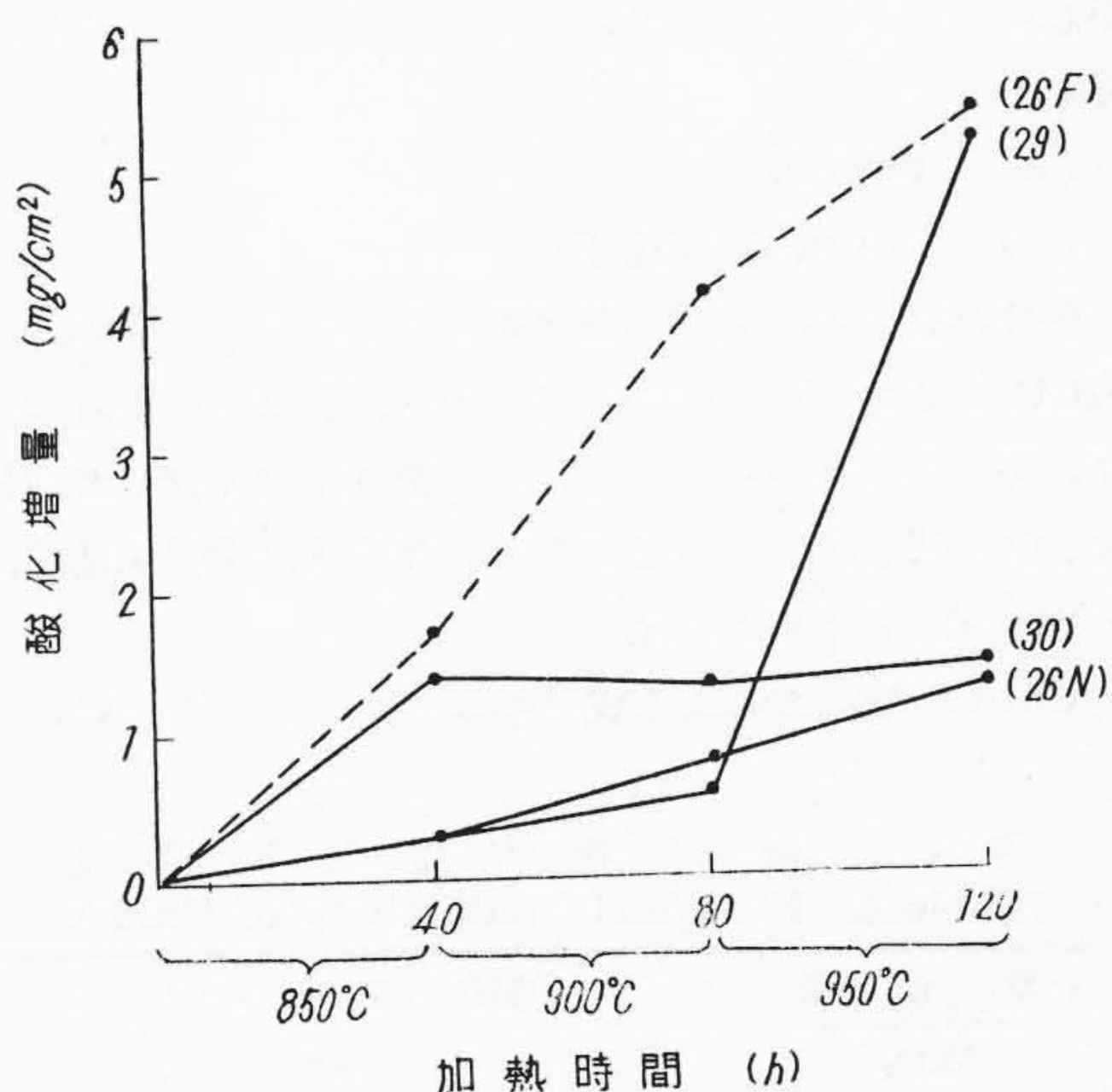
試料番号の項において N はダクタイル鋳鉄，F は片状黒鉛鋳鉄を表わす。

耐酸化性の良い試料は拋物線的関係を示すようになる。これは高 Si の試料では，剥離困難な薄い酸化膜を生ずるためと考えられる。

(B) Ni の多量添加および黒鉛球状化の影響

Ni を 18% 添加してオーステナイト組織化した 4 種の鋳鉄について Mg 処理を行つたもの，Mg 処理を行わなかつたものおよび数種の比較試料について実験を行つた。オーステナイト組織を有する試料は 1 吋 Y ブロックのまま 970°C で 20 時間加熱後水冷して，これより試験片を切出した。

第3表は試料の化学成分，表7図は生成スケールを除



去せずに、850°C、900°C、950°C の各温度にてそれぞれ 40 時間連続加熱した場合の重量増加を示したものである。

18% の Ni を添加することにより酸化量は相当減少するが、むしろ Si の添加効果の方が大きく、オーステナイトダクタイル鋳鉄よりも高 Si ダクタイル鋳鉄の方が酸化量ははるかに少い。Ni-Cr-Si 系ダクタイル鉄鋳は 950°C の如き高温でもスケールをほとんど生成せず、18-8 不銹鋼と同程度の耐酸化性を有する。片状鉛黒鋳鉄に比較してダクタイル鋳鉄ははるかにすぐれた耐酸化性を有する。

(C) 考 案

酸化量は試験方法によつてことなつてゐる。生成スケールを剥離せずに加熱した場合は Cr の添加効果は顕著であつたが、スケールを剥離して加熱した場合は添加効果は認められなかつた。Si の添加効果はいずれの方法によるも顕著に認められた。三島、梶山⁽⁴⁾はクロム鋼および珪素鋼を一定時間毎にスケールを剥離して、高温酸化した場合、クロム鋼は耐酸化性がしだいに劣化するが、珪素鋼は耐酸化性がよくなることを確めている。Cr の添加効果は生成スケールを除去した場合認められなかつたが、これは選択酸化により、表面の Cr が消耗したためと考えられる。

18% の Ni を添加してオーステナイト組織にするよりも 5% 程度の Si の添加効果の方が顕著であつた。Si の添加により耐酸化性が良くなるのは、酸化により電気伝導度の小さい SiO_2 ができて、酸化膜中の鉄イオンの拡散が抑制されるためであろう。第 4 表は L. E. Price など⁽⁵⁾の酸化物の電気伝導度の測定値を示したものである。

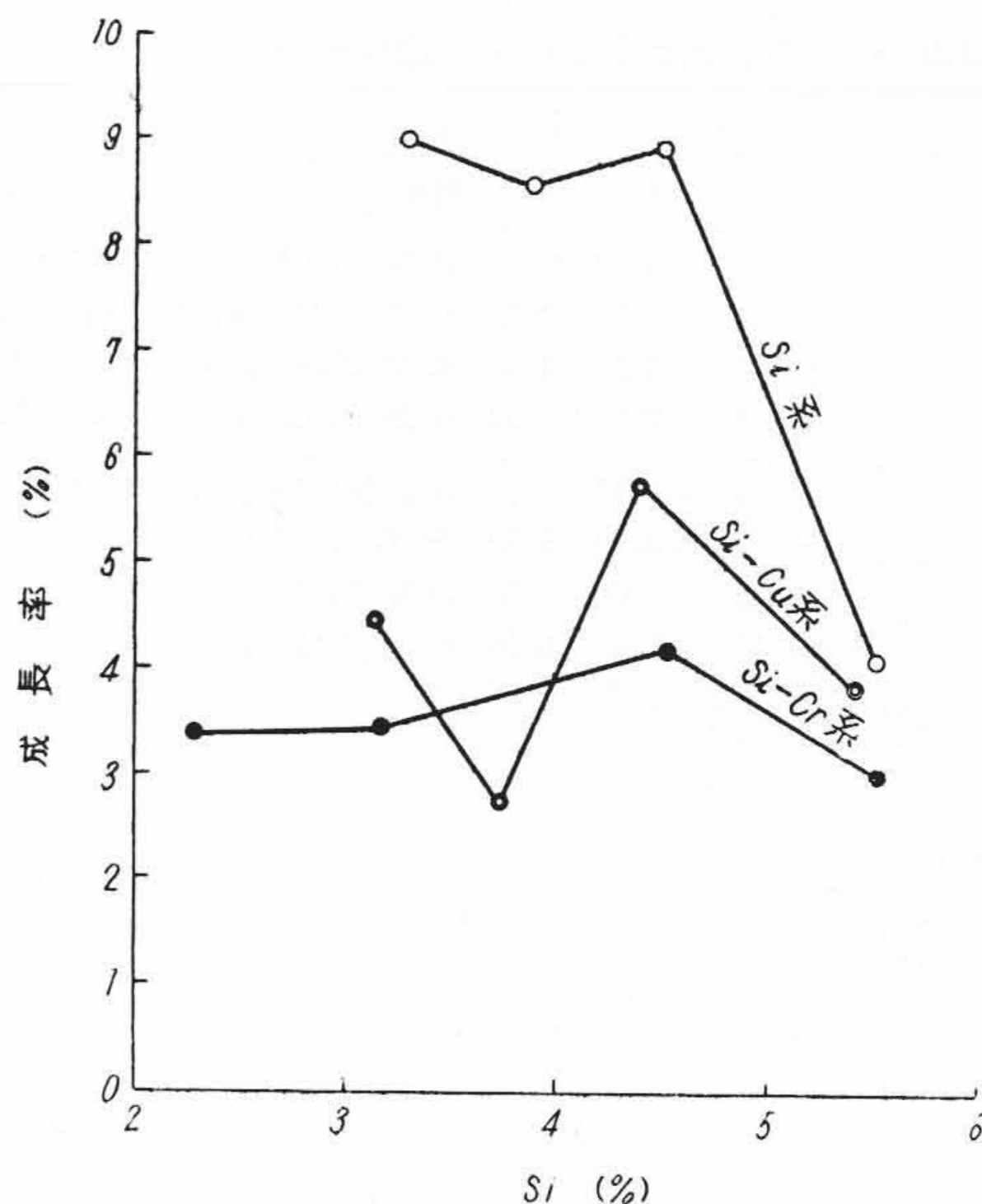
ダクタイル鋳鉄に比較して、片状黒鉛鋳鉄は耐酸化性が悪いが、これは片状黒鉛に沿つて内部酸化が起るためである。

(2) 成長試験

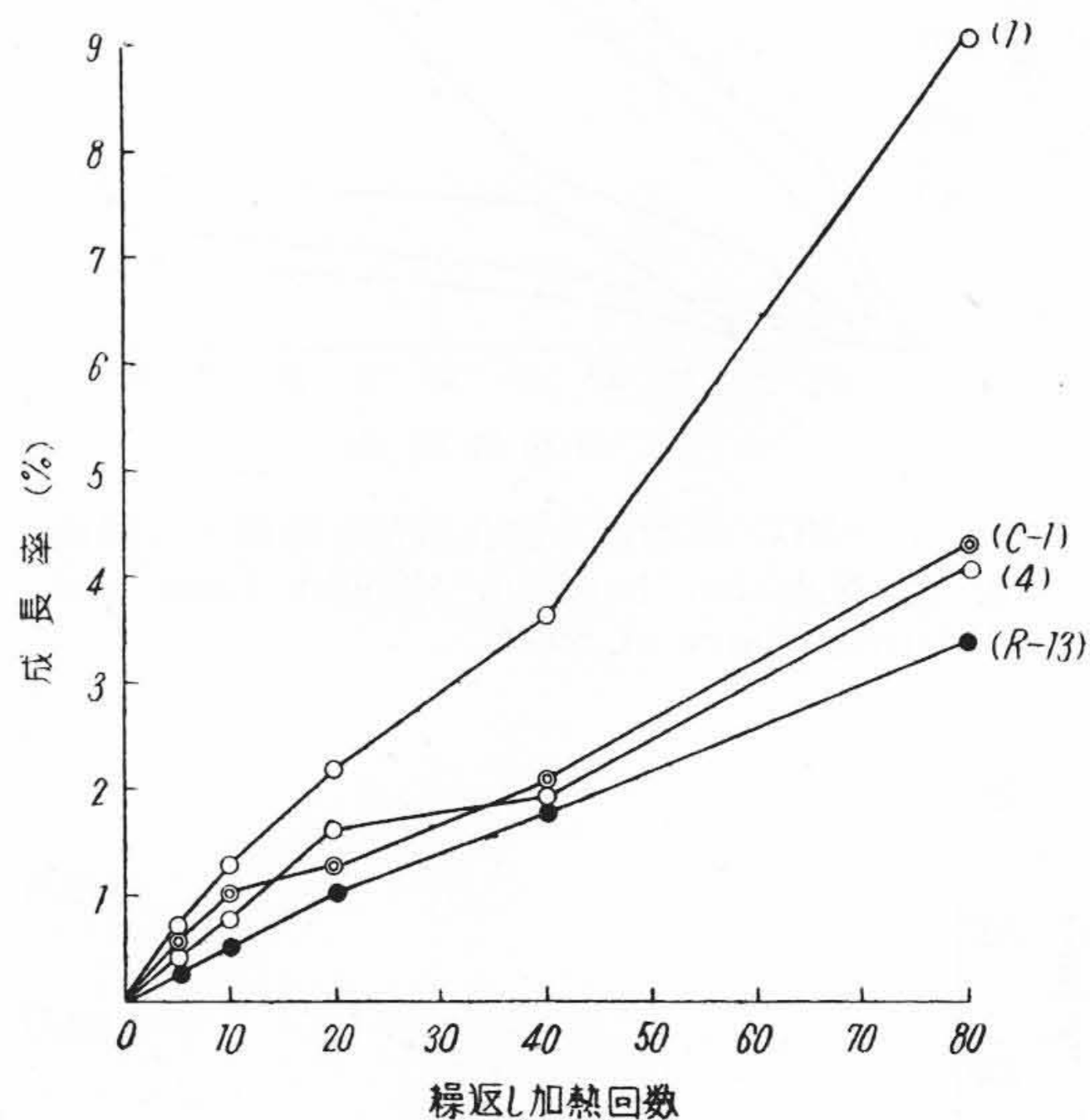
(A) Si, Cu, Cr の影響

酸化試験と同じ試料 (第 2 表) をもちいて、600°C と 920°C の間を 5, 10, 20, 40, 80 回加熱冷却を繰返し、各回数毎に成長率を求めた。第 8 図は繰返し 80 回目における成長率と成分との関係、第 9 図は成長率曲線の一例を示したものである。

Cu, Cr の添加による成長率は半減している。Cu お



第 8 図 成長率におよぼす添加元素の影響
Fig. 8. Effect of Elements on Linear Growth



第 9 図 繰返し加熱による成長
Fig. 9. Linear Growth by Repeated Heating

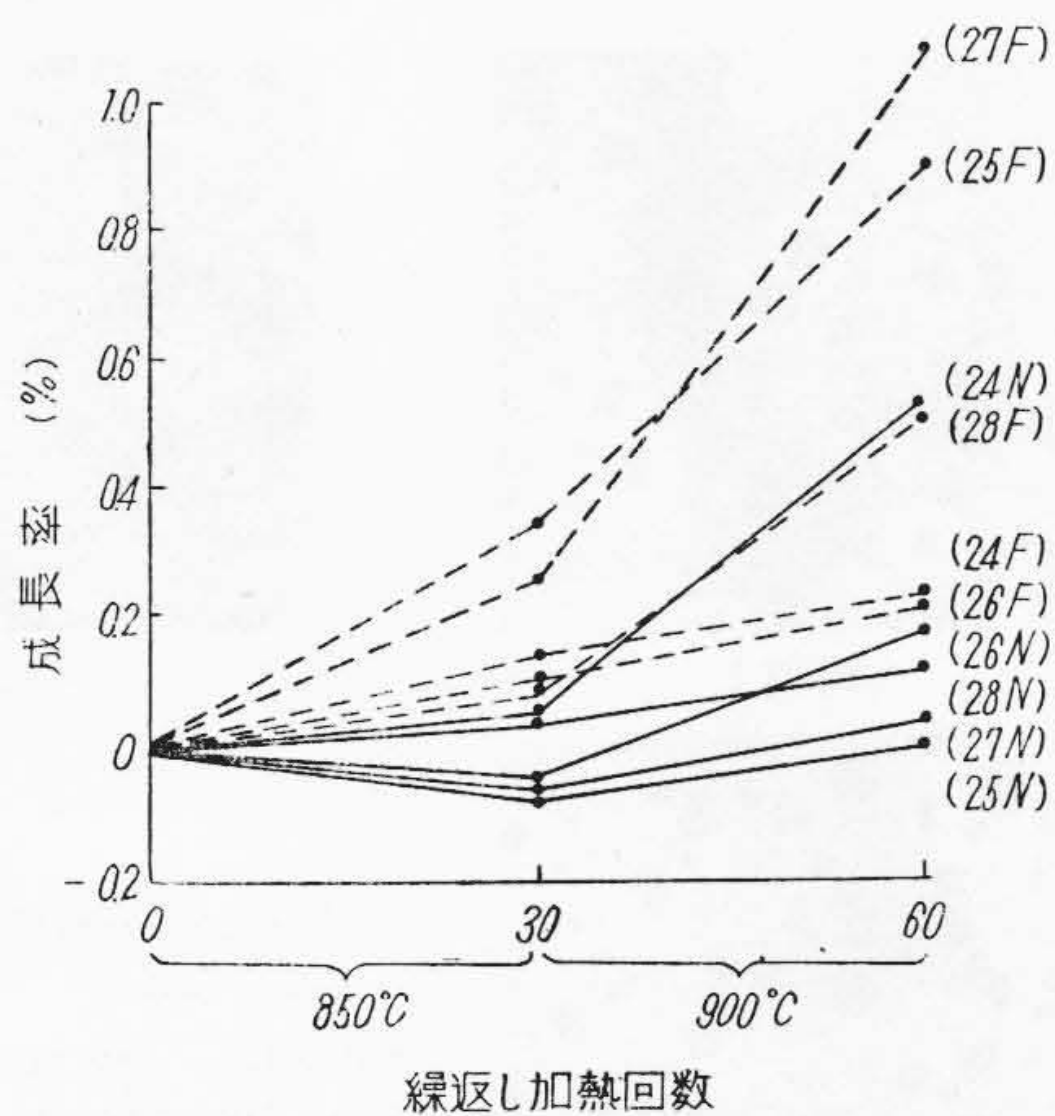
よび Cr を添加した試料では、Si の影響は認められない。Cu, Cr を添加しない試料では、4.5% 以下の範囲では Si の影響はみとめられないが、Si 量が 5.5% になると成長率は半減し、Cu, Cr を添加した試料と同程度の成長率を示すようになる。

(B) Ni の多量添加および黒鉛球状化の影響

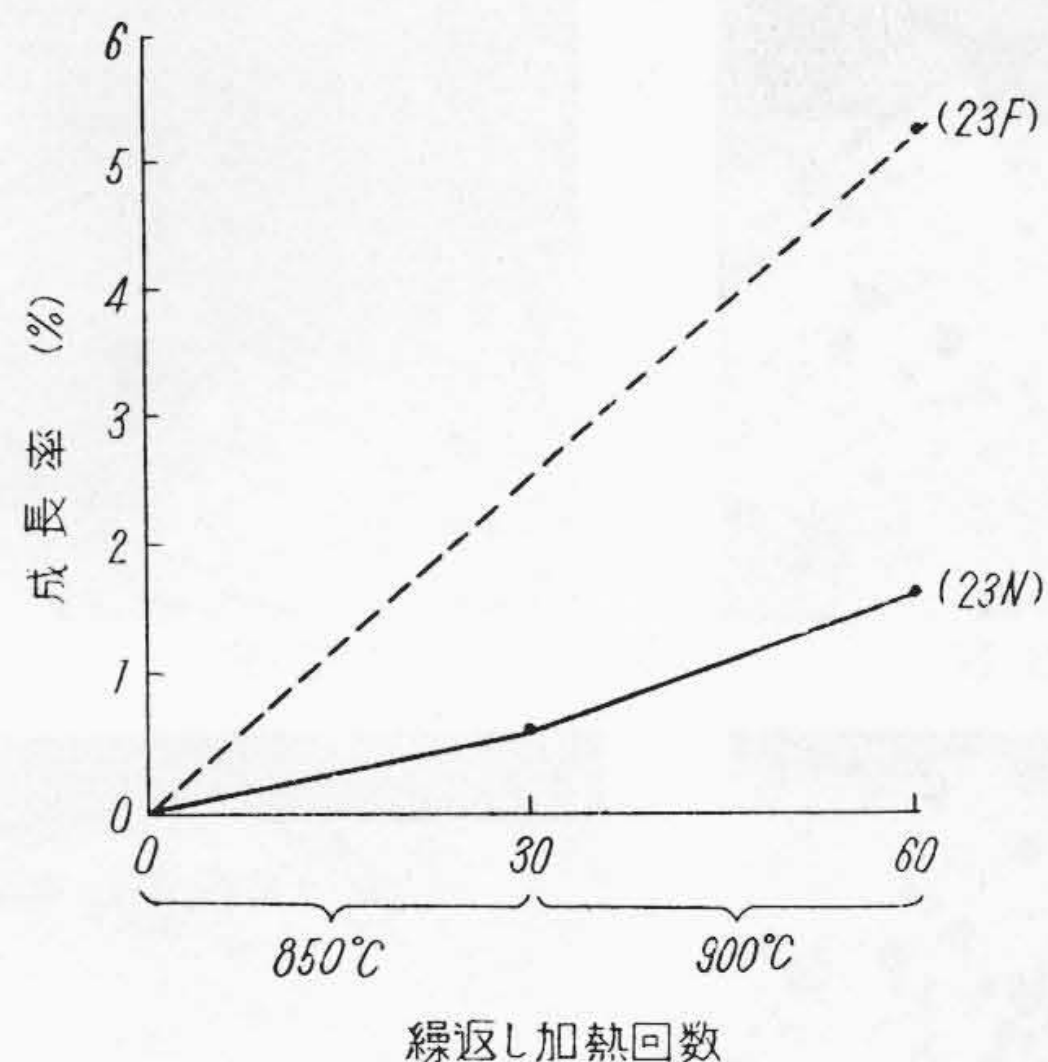
600°C と 850°C の間を 30 回、600°C と 900°C の間を 30 回加熱冷却を繰返した場合の成長率を第 10 図に示

第 4 表 酸化物の電気伝導度
Table 4. Electrical Conductivity of Oxides

酸化物	電気伝導度 ($\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$)
SiO_2	10^{-6}
NiO	10^{-2}
FeO	10^{-2}



第10図 繰返し加熱による成長
Fig. 10. Linear Growth by Repeated Heating



第11図 Ac_1 変態点と Si 量との関係
Fig. 11. Relation between Ac_1 Temperature and Si Content

す。試料は酸化試験と同じもの（第3表）を使用した。

Ni を 18% 添加して、オーステナイト組織とした場合は、 Ac_1 変態の阻止により成長率は著しく減少し、Mg 処理を行つたものは、いずれも 0.2% 以下である。酸化量に対すると同様に成長率に対しても黒鉛球状化効果はいちじるしい。

(C) 考察

第11図は本多式熱膨脹計をもちいて、加熱および冷却速度を $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ とした場合の Ac_1 変態点の測定結果を示したものである。測定方法の相違により、図中点線で示した Mitsche-Keil⁽⁶⁾ の測定値とは幾分ことなっているが、Si 量 1% の増加により、変態点は約 50°C 上昇している。加熱上限温度 900°C の場合は 4.6% Si、 920°C

第5表 試料の化学成分
Table 5. Chemical Composition of Specimens

試料番号	C	Si	Mn	P	S	Cr
11	3.43	2.86	0.32	0.052	0.006	0.023

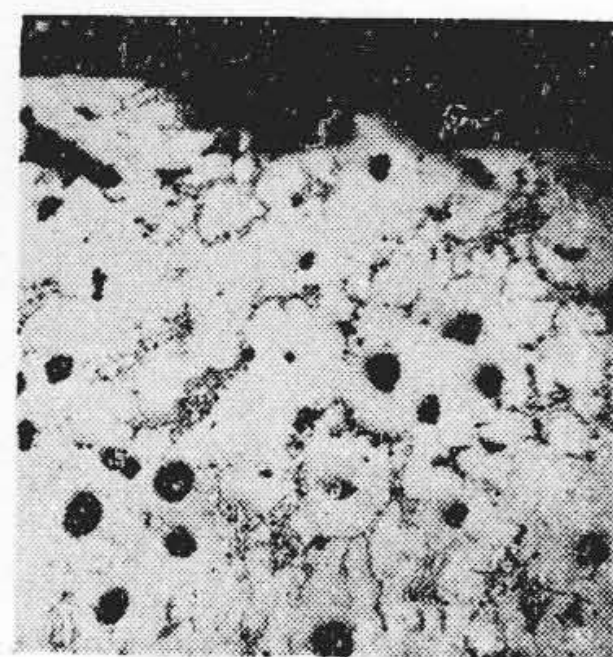
第6表 高温における機械的性質
Table 6. Mechanical Properties at High Temperature

試料	試験温度 ($^{\circ}\text{C}$)	ブリネル 硬 度	抗張力 (kg/mm^2)	降伏点 (kg/mm^2)	伸 び (%)	絞 り (%)
鑄 放 し	20	225	73.6	47.0	4.7	2.8
	100	—	75.4	45.2	4.8	3.3
	200	—	75.9	42.8	6.5	3.8
	300	—	72.8	40.4	7.8	7.0
	400	—	78.2	38.9	7.3	5.5
	500	—	50.6	35.0	8.9	14.5
	550	—	40.6	28.5	11.2	17.9
	600	—	35.4	23.3	11.2	20.6
焼 準	650	—	20.0	11.7	18.4	25.8
	700	—	9.1	5.8	19.8	31.4
	20	277	96.8	63.8	3.5	1.5
	200	—	98.4	60.3	5.4	5.1
焼 鈍	400	—	94.6	56.5	6.3	5.1
	600	—	33.1	18.2	11.6	21.4
	20	140	48.0	33.8	21.4	24.0
	200	—	49.3	31.1	16.6	16.8
	400	—	48.4	29.8	17.3	17.4
	600	—	14.6	9.1	26.0	36.2

降伏点は 0.2% 永久歪を生ずる応力で表わした。

の場合は 5.5% Si のダクタイル鋳鉄の成長率が、いちじるしく小さいのはあきらかに Ac_1 変態の阻止によるものである。

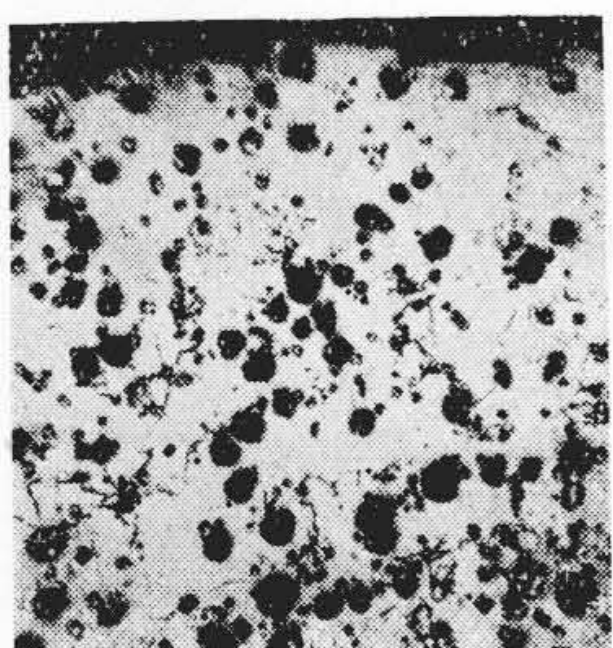
Cu, Cr の添加により成長率は半減しているが、これは Ar_1 変態の際析出するパーライトが安定化されるためであろう。この場合 Si 量を増加して Ac_1 変態を阻



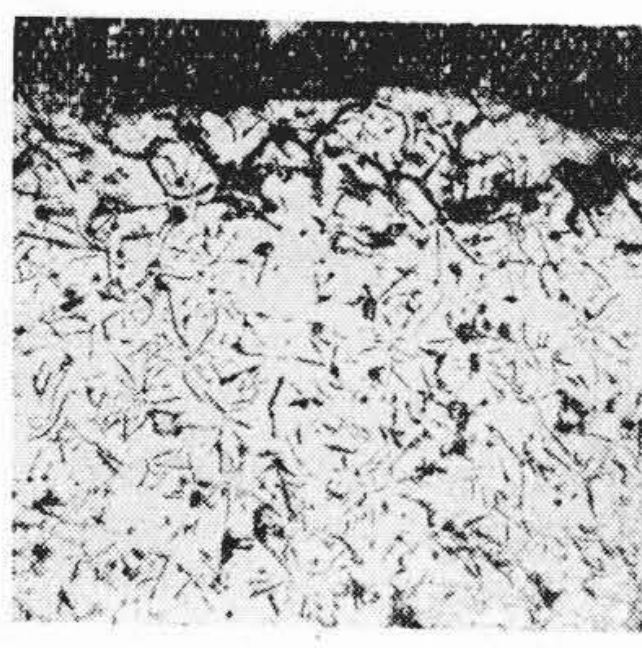
23 N



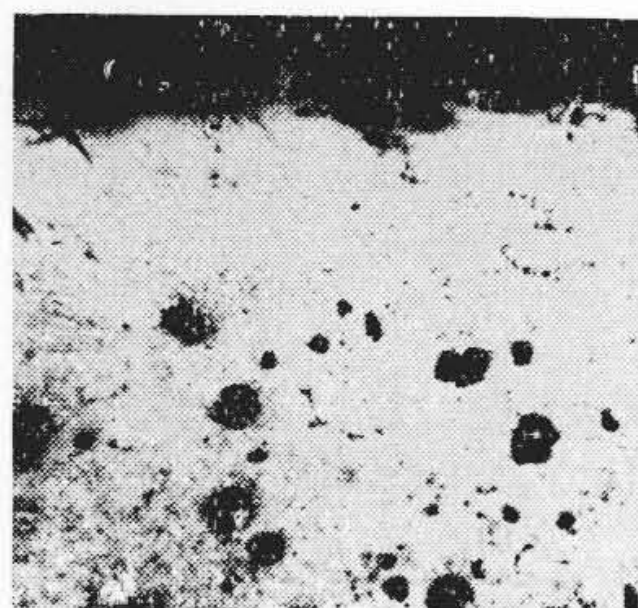
23 F



24 N



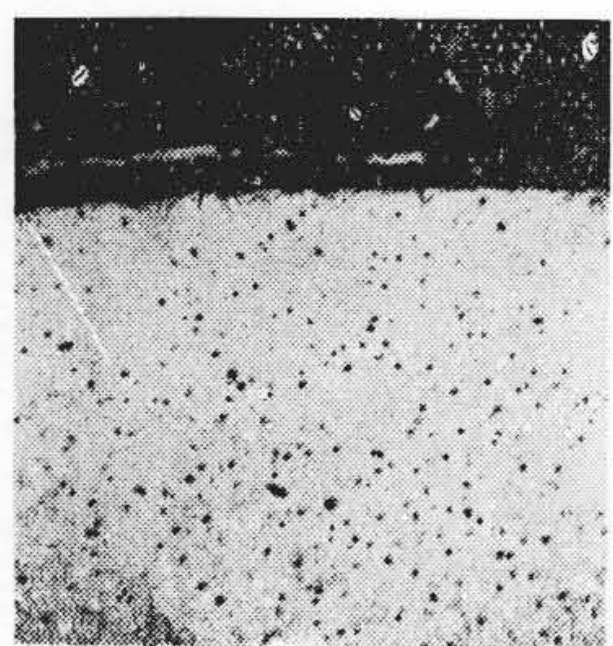
24 F



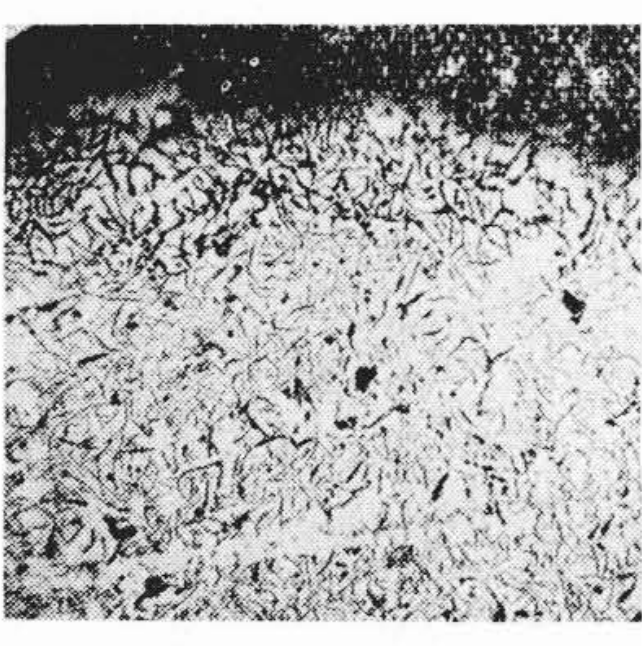
25 N



25 F



26 N

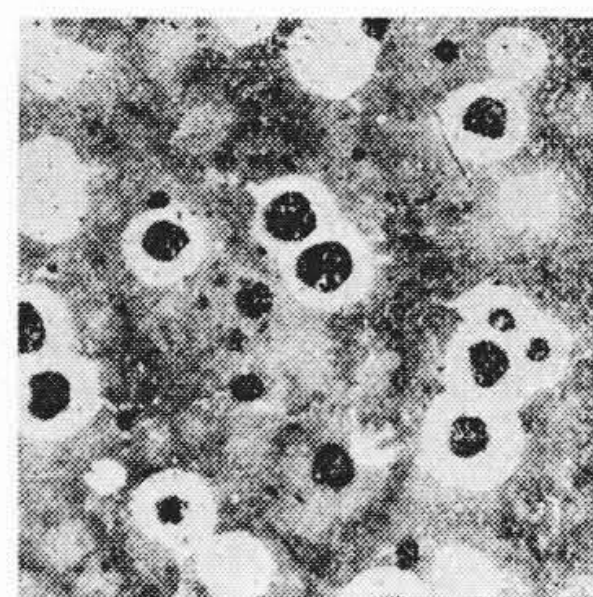


26 F

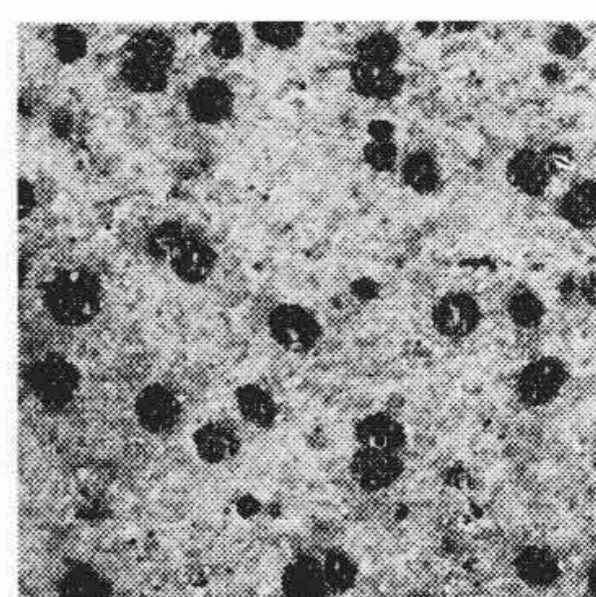
第 12 図 成長試験後の外層組織 ($\times 50 \times \frac{2}{3}$)
Fig. 12. Microstructure of Surface Layer after Growth Test ($\times 50 \times \frac{2}{3}$)

止しても、すでにパーライトが安定化されているため成長率はあまり変化しないものと考えられる。

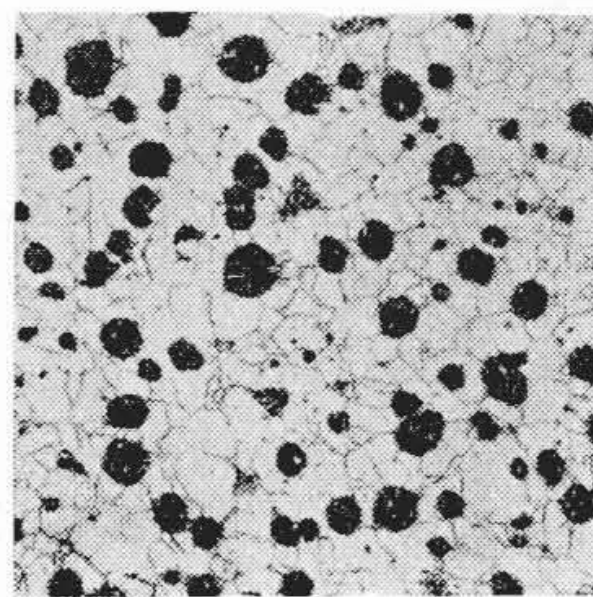
Ni を 18 % 添加してオーステナイト組織とした場合、 Ac_1 変態の阻止により、耐成長性はいちじるしく改善される。この場合、ダクタイル鋳鉄は内部酸化を起さないため、成長率はいちじるしく小さい。片状黒鉛鋳鉄は、 Ac_1 変態を阻止しても内部酸化を起すためかなり成長するが、多量の Si を添加した Ni-Cr-Si 系片状黒鉛鋳鉄は、内部酸化が抑制されるため Ni-Cr-Si 系ダクタイル鋳鉄と同程度の耐成長性を有する。



鋳放し



焼 準



焼 鈍

第 13 図 試料の顕微鏡組織 ($\times 50$)

Fig. 13. Microstructure of Specimens

第 12 図は成長試験後の数種の試料の外層組織を示したものである。ダクタイル鋳鉄はほとんど内部酸化を起していない。片状黒鉛鋳鉄でも、Si を多量添加して耐酸化性を改善したものは、内部酸化はごく表面層に限られている。

(3) 高温引張試験

(A) 組織の影響

鋳放しおよび焼鈍、焼準して、フェライト化およびパーライト化した成分同一の 3 種の試料を作製して、高温引張試験を行つた。

第 5 表は試料の化学成分、第 6 表は試験結果を示したものである。

抗張力はいずれの試料も、 400°C まではあまり変化しないが、降伏点は温度の上昇により漸減している。伸びおよび絞り、ブルスアイ組織のものとパーライト組織のものは同傾向であるが、フェライト組織のものは $200 \sim 400^{\circ}\text{C}$ の方が常温よりもかえつて低い値を示している。

試験温度が上昇して 600°C 附近になると、ブルスアイ組織のものとパーライト組織のものとの間には、機械的性質の差異は認められなくなってくる。

第 13 図に試料の顕微鏡組織を示す。

(B) Si, Cu, Cr の影響

耐熱性を附与するために、Si, Cu および Cr を添加した数種の試料について実験を行つた。試験温度は常温、 400°C 、 550°C の 3 通りとした。試料は酸化試験と同じものをもちいた。

第 7 表に試験結果、第 14 図に応力-歪線図の代表例を示す。

各試験温度を通じて、共通の傾向は Cu および Cr の添加ならびに Si 量の増加により、伸びは減少し、降

伏点は増加している。

Cu および Cr の添加により伸びは著しく減少するが、常温および 400°C では Cu よりも Cr, 550°C では Cr よりも Cu の方が影響が大きい。

抗張力は 550°C

の場合は、いずれの試料も 30kg/mm² 程度であるが、この場合添加元素の影響は明瞭ではない。

試料によつては、常温よりも 400°C の方が抗張力が高いが、この傾向は Si 量の増加および Cu, Cr の添加により助長されるようである。

〔IV〕 結 言

以上の結果を要約するとつぎのようになる。

(A) 耐酸化性および耐成長性

(1) Si 量の増加により、耐酸化性はいちじるしく改善される。Ni を 18 % 添加したオーステナイトダクタイル鋳鉄よりも Si を 5 % 程度添加した高 Si ダクタイル鋳鉄の方が耐酸化性がすぐれている。

Cu は耐酸化性に対してはほとんど効果がない。

Cr は、生成スケールを剥離せずに高温酸化する場合には添加効果が認められる。

(2) Si および Ni を多量添加して、Ac₁ 変態を阻止するか、Cu, Cr を添加して、Ar₁ 変態により析出するパーライトを安定化すれば、耐成長性はいちじるしく改善される。

(3) 片状黒鉛鋳鉄に球状化処理をほどこすことにより、酸化および成長に対する抵抗が著しく改善される。

(B) 高温における機械的性質

(1) 成分同一の場合、抗張力および降伏点は焼準したパーライト組織のものがもつとも高く、焼鈍したフェライト組織のものがもつとも低い。伸びはその逆である。

(2) Cu, Cr の添加および Si 量の増加により、伸びは減少し、降伏点は増加する。

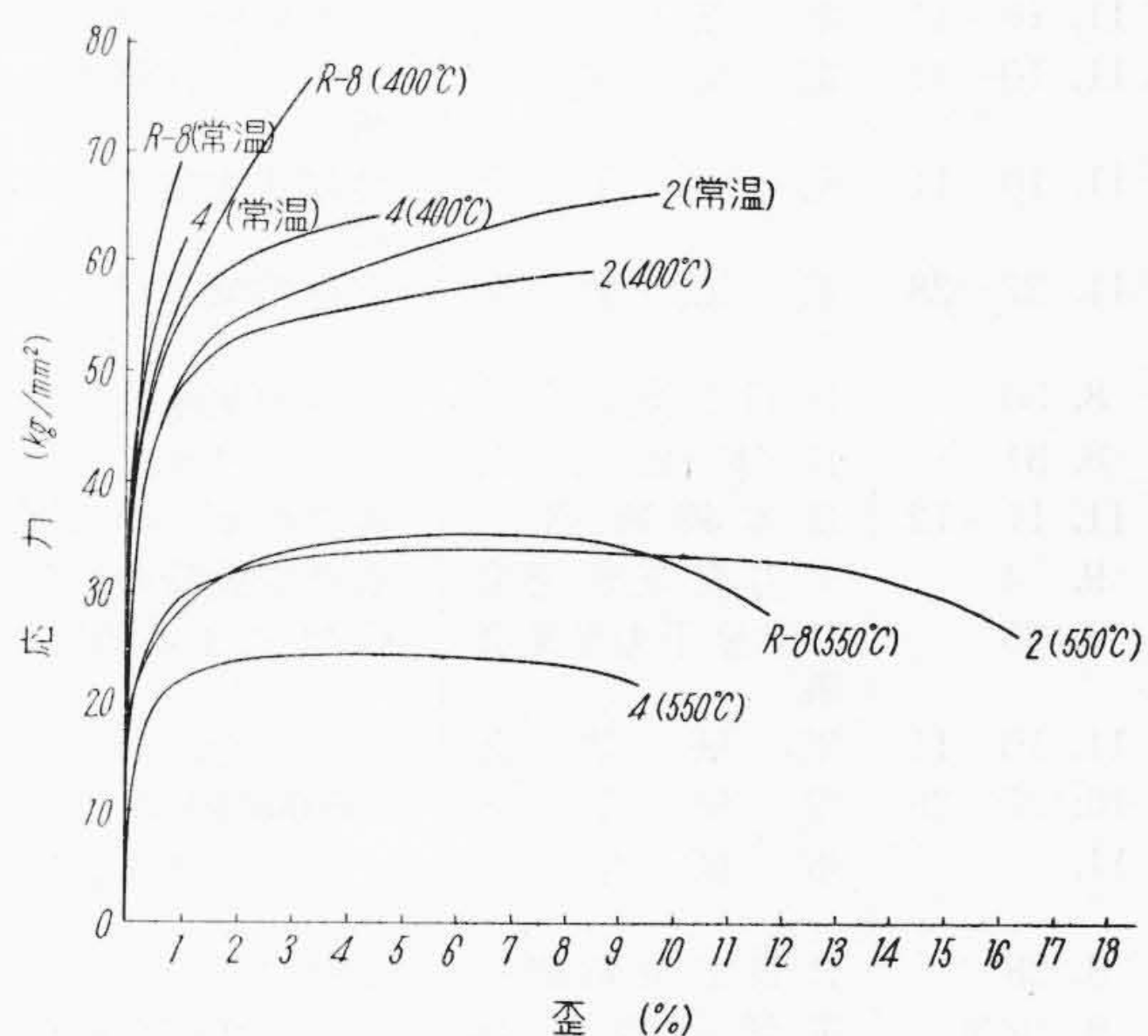
550°C のとき高温では、Si-Cr 系ダクタイル鋳鉄でも 10 % 程度の伸びを有している。

以上の結果より実用性を検討すると、耐熱製品として耐酸化性が要求される場合には、高 Si, 高 Si オーステナイトダクタイル鋳鉄、耐成長性が要求される場合には、高 Si, オーステナイトダクタイル鋳鉄および Cu,

第 7 表 高温における機械的性質
Table 7. Mechanical Properties at High Temperature

試料番号	化 学 成 分 (%)			ブリネル硬度 常 温	抗 張 力 (kg/mm ²)			降 伏 点 (kg/mm ²)			伸 び (%)		
	Si	Cr	Cu		常 温	400°C	550°C	常 温	400°C	550°C	常 温	400°C	550°C
2	3.88	0.008	—	207	64.4	58.4	32.2	48.7	46.7	26.9	9.6	8.6	16.1
4	5.52	—	—	202	60.2	63.6	23.4	54.5	52.6	20.8	1.0	4.4	9.2
C-1	3.28	—	0.98	228	64.9	54.6	30.8	45.2	40.2	23.4	7.5	2.3	7.6
C-8	4.44	—	0.87	255	54.2	67.6	32.4	—	55.1	22.4	0	1.0	7.0
C-9	4.92	—	1.01	255	52.6	70.5	25.1	—	58.1	20.0	0	1.5	4.0
R-4	5.52	0.53	—	302	46.8	61.6	32.4	—	57.1	27.0	0	0.6	10.0
R-8	3.76	0.51	—	255	67.7	75.8	34.4	62.0	49.0	22.7	0.8	3.1	11.2

降伏点の項で — は降伏しなかつた試料を示す。



第 14 図 応 力 — 歪 線 図
Fig. 14. Stress-Strain Curves

Cr を少量添加したダクタイル鋳鉄、酸化および成長に対する抵抗が同時に要求される場合には、高 Si, 高 Si オーステナイトダクタイル鋳鉄が適している。しかし製品によつては、火格子のように高温変形に対する抵抗、鋳鉄機モールドのように熱衝撃に対する抵抗が要求される場合があるが、この問題については今後の研究にまたねばならない。

終にのぞみ実験を行うに際して御指導をいただいた日立金属工業株式会社戸畑工場金田次長、牧野主任ならびに御協力をくださった研究室の関係各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) A. P. Gagnebin, K. D. Millis and N. B. Pilling: Iron Age, 163 766 (1949)
- (2) Tsunko: Foundry Trade J.: 88 433 (1950)
- (3) M. S. Saunder and M. J. Sinnott: Transactions American Society for Metals, 362 (1953)
- (4) 三島, 梶山: 鉄と鋼 30 233 (1944)
- (5) L. E. Price and G. D. Thomas: J. Inst. Met., 63 21 (1938)
- (6) Mitsche and Keil: Giesserei, 18 200 (1931)

日立製作所社員社外講演一覧

(昭和31年8月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
6. 13	八 久 和 発 電 所	電機用刷子について	日 立 工 場	一 木 利 信
6. 6	日産化学富山工場	化学工場における刷子の諸問題	日 立 工 場	一 木 利 信
11. 10~11	電 気 学 会	交流巻上機の自動制御	日 立 工 場	一 前 川 敏 明
11. 10~11	電 気 学 会	接点式サーボの一取扱法	日 立 工 場	一 桜 井 泰 男
11. 10~11	電 気 学 会	ブラシ保持器用バネの不安定振動について	日 立 工 場	一 今 尾 新 隆
11. 10~11	電 気 学 会	異相地絡保護継電方式	日 立 工 場	一 高 井 谷 六 之 助
11. 10~11	電 気 学 会	高高度航空機用刷子について	日 立 工 場	一 武 政 隆 一
11. 10~11	電 気 学 会	ツーロン回路および改良型ツーロン回路の解析	日 立 工 場	一 奥 田 健 三
11. 10~11	電 気 学 会	他制式水銀インバータを電源とした同期電動機	日 立 工 場	一 花 園 文 熙
11. 27~28	電 気 学 会	試作電気ガバナの現地試験結果	日 立 工 場	一 小 野 田 芳 光
8. 30	日刊工業新聞社	最近の集塵装置と効果	日 立 工 場	一 高 林 乍 人
8. 31	日 本 化 学 会	フルフリルアルコールの縮合反応 (6 報)	日 立 工 場	一 小 林 栄 二
11. 11~12	日 本 鋳 物 協 会	鋳鉄のガスの研究 (1 報, 2 報)	日 立 工 場	一 諫 早 典 夫
9. 4	火力発電研究会	負荷変動時の汽機特性	日 立 工 場	一 高 野 憲 三
8. 25	日本原子力産業会議	Co ⁶⁰ による鋳物の欠陥検査	日 立 工 場	一 小 野 裕
11. 10~11	電 気 学 会	中国電力, 汐発電所, AFC 装置について	国分分工場	一 菅 原 三 次
10. 27~28	電 気 学 会	156,000 kVA 制振変圧器	国分分工場	一 泉 八 郎
11.	熔 接 学 会	グナート法による残留応力測定上の一二の注意	笠 戸 工 場	一 静 間 敏 男
8. 28	日刊工業新聞社	工程管理の立場から見た職場の無駄	亀 有 工 場	一 栗 田 健 太 郎
9. 中旬	電 気 通 信 学 会	線型回路網の機械的な節点解析法について	亀 有 工 場	一 渡 辺 寛
9. 22	日 本 機 械 学 会	最近の農地用大容量排水ポンプ設備の一例	亀 有 工 場	一 田 畑 進
9. 19	中 小 企 業 庁	鋳物の品質管理	亀 有 工 場	一 徳 永 迪 夫
8. 3	栃木県教育委員会	小型変圧器について	亀 戸 工 場	一 本 多 孝 一
8. 9~10	茨城県電力協会	電動機の運転と保守	亀 戸 工 場	一 真 島 卯 太 郎
8. 9~10	北海道X線技師会	最近の日立X線装置について	亀 戸 工 場	一 農 沢 靖 夫
8. 9~10	結 核 予 防 会	日立新型“DC-M” 間接装置について	亀 戸 工 場	一 磯 本 正 義
8. 9~10	三田労働基準監督署	安全問題の扱い方	亀 戸 工 場	一 和 田 正 脩
11. 上旬	電 気 通 信 学 会	回路網の遅延特性について	戸 塚 工 場	一 寺 下 信
11. 上旬	電 気 通 信 学 会	バリウムフェライト磁石を用いた有極継電器	戸 塚 工 場	一 菅 田 昌 次 郎
11. 10~11	電 気 学 会	酸化物陰極分解温度と被覆層収縮との関係について	茂 原 工 場	一 二 見 二 郎
10. 11~12	日本勤労者教育協会	標準化の組織と教育	茂 原 工 場	一 千 秋 英 一
10. 11~12	電 気 学 会	低ガス圧ケーブルの誘電正接特性に対する考察	日立電線工場	一 宮 城 精 吉
10. 11~12	電 気 学 会	各種絶縁材料の耐コロナ性	日立電線工場	一 比 企 野 恭 二
9. 初	日 本 化 学 会	鉛車にかかる荷重と部品の強度	戸 畑 工 場	一 橋 本 博 治
11. 19~23	日本科学技術連盟	白鉄熔湯の成分管理に対する一検討	桑 名 工 場	一 橋 本 正 一
10. 25~26	研 友 会	最新の工具鋼と熱処理	安 来 工 場	一 坂 井 直 美
10. 19	日 本 規 格 協 会	工具鋼の鋼種別特性	安 来 工 場	一 小 柴 定 雄
11. 10~11	電 気 通 信 学 会	フォトフォーマについての検討	中央研究所	一 小 柴 定 雄
11. 10~11	電 気 通 信 学 会	蛍光放電管の電極近傍のプラズマの解析	中央研究所	一 三 浦 武 雄
11. 10~11	電 気 通 信 学 会	サーボ計算機の研究	中央研究所	一 山 根 幹 也
				一 沼 倉 俊 郎
				一 三 浦 武 雄
				一 鴨 井 善 右 門
				一 阿 部 善 右 門

(第95頁へ続く)