

カルシウムによる球状黒鉛鑄鉄と 各種鑄鉄との成長量の比較に就いて*

草 川 隆 次*

THE COMPARISON BETWEEN THE GROWTH OF THE SPHEROIDAL CAST IRON MADE BY CALCIUM ADDITION AND THAT OF SOME OTHER CAST IRONS

Takaji Kusakawa

Synopsis:

The growth of spheroidal graphite cast iron made by calcium addition was examined during repeated heatings from 600° to 900°C and compared with the growth of some other cast irons i. e. the spheroidal cast iron made by magnesium or comparatively high nickel and the flaky graphite cast iron of normal type. If the spheroidal iron made by calcium silicide gave a nearly perfect structure of spheroidal graphite, the growth hardly occurred, while the mixed structure with flaky and quasi flaky graphite gave an appreciable growth. Because of the silicon content over 3 per cents in the spheroidal graphite iron, a ferrite-type structure was apt to be detected. For these cast irons, the transformation point existed in a few repetitions of heating, and disappeared after a several periods of repeated heating.

I. 緒 言

カルシウムに依る球状黒鉛鑄鉄、マグネシウムに依る球状黒鉛鑄鉄、片状黒鉛鑄鉄、高ニッケル球状黒鉛鑄鉄の 600~900°C の間の繰返し加熱に依る成長量の比較検討を行った。

II. 実験方法

成長の実験方法としては Fig. 1 に示すような縦型炉を用い、石英管 (8mm 内径) を装入し、その中に図に示すような位置に試料を入れる。

上部にダイヤルゲージを備え、試料とダイヤルゲージの間を細い石英管にて導き成長量を測定する。勿論大気中に於ける成長である。温度測定は石英管の外側に熱電対を装入測定する。試料は直径 20mm 長さ 200mm 生砂型に鑄込んだものを Fig. 1 に示す試料寸法に仕上げ使用した。

試料の化学組成、製法、顕微鏡組織に就いて Table 1 に示す。又 Photo. 1~3 は使用試料の顕微鏡写真である。

実験方法としては、試料装入後漸次加熱し、600~900°C の間を 8~10 回加熱冷却を繰返し、一度常温に迄冷却する。再び同様のことを合計 20 回繰返した。概ね

* 昭和 29 年 4 月本会講演大会にて発表

** 早稲田大学鑄物研究所, 助教授

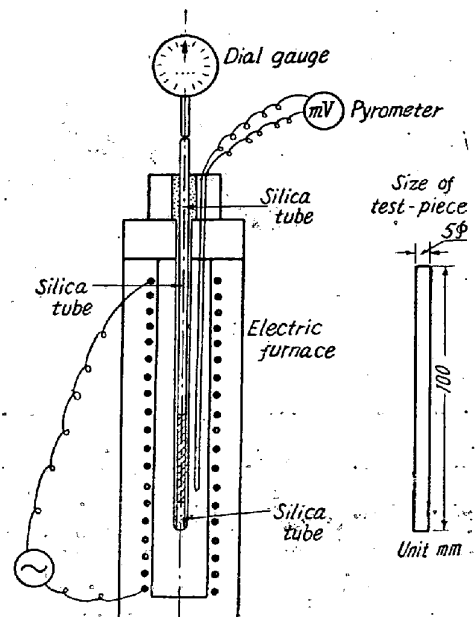


Fig. 1 Measuring instrument of growth

一サイクルの所要時間は約 40 分になるように調節を行った。

III. 実験結果及びその考察

(1) カルシウム・シリサイド添加による球状黒鉛鑄鉄の場合

カルシウム・シリサイド添加による球状黒鉛試料 (CF-1, CF-2, CF-5) に就いては、前会に於いて発表した

Table 1 Chemical composition, manufacturing methods and micro-structure of materials.

Experimental number	Chemical composition			Manufacturing methods	Micro-structure
	C	Si	Ni		
CF-1	3.67	3.92		Swedish charcoal pig iron is melted by Girod furnace. Fluorspar (4%) and calcium-silicide (5%) is added.	SG, QFG, FG※ Bull' eye structure
CF-2	3.56	3.42		Melting method is the same to CF-1. Fluorspar (6%) and calcium-silicide (4%) are added.	SG, QFG, Bull' eye structure
CF-5	3.38	3.87		The same to CF-1.	SG, QFG Bull' eye structure
CF-01	3.78	1.21		Swedish charcoal pig iron is melted by kriptol furnace.	FG
NYK-8	about 3.5	about 3.5	22.00	High carbon ferro-nickel (Ni 22%) is melted with a Girod furnace. Magnesium (0.6%) is added in the form of Fe-Si-Mg (30:50:20) alloy.	SG Austenite matrix.
CF-7	3.46	1.16		Swedish charcoal pig iron and steel scrap are melted with a Girod furnace. Magnesium (0.3%) is added in the form of Fe-Si-Mg alloy and annealed one hour at 900°C	SG Pearlite matrix.
CF-13	2.76	1.76		Melting method is the same to CF-7. Magnesium (0.4%) is added in the form of Fe-Si-Mg alloy and annealed 3 hours at 900°C	SG Ferrite matrix.

※ SG: Spheroidal graphite, QFG: Quasi flaky graphite, FG: Flaky graphite,

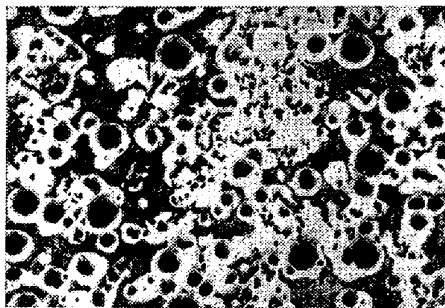


Photo. 1 CF-1 ×100(3/5)

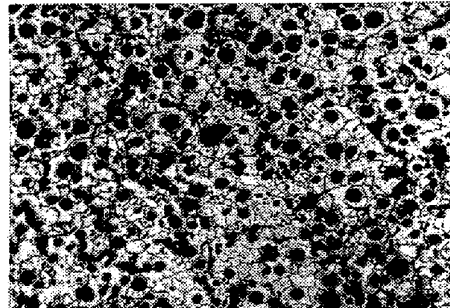


Photo. 2 CF-2 ×100(3/5)

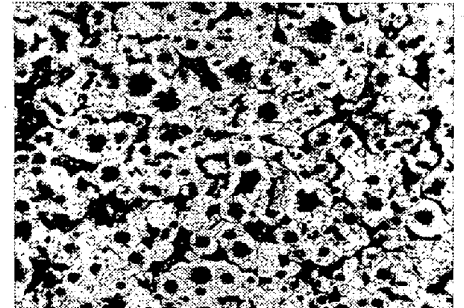


Photo. 3 CF-5 ×100(3/5)

方法¹⁾を用いて製作した。その化学組成、組織は Table 1 及び Photo. 1~3 に示す通りである。又このカルシウム・シリサイド添加による球状黒鉛鑄鉄として考えなければならないことは次の事項である。

a) カルシウム・シリサイド添加量が多くなければ、完全な球状黒鉛が得られないため、Si 量が著しく増加する。

b) 組織特に黒鉛組織が均一性を欠くことが多い。これは球状黒鉛鑄鉄の一般的の性質であるが、特にカルシウムの場合には注意しなければ起り易い現象である。

この関係からマトリックスは当然フェライト型になり易いことは明らかになる。Photo. 1~3 及び Table 1 にも示すように、CF-1 は相当準球状と片状黒鉛が混在した組織で、CF-2, CF-5 になるに従つて、片状黒鉛

及び異常黒鉛の量は少くなり、CF-5 では略完全に球状と準球状黒鉛のみの組織になっている。

Fig. 2 は 600~900°C の間の繰返し加熱による 900°C に於ける成長量と繰返し加熱回数²⁾の関係を示している。この図より明らかなように、CF-5 は成長量は非常に少ないが、CF-1 になれば片状黒鉛の場合と左程異らない程度に迄成長している。

Fig. 3 (1)~(3) は加熱温度と成長量の関係を示している。何れの試料も 1 サイクルの画くこの関係は相似的で、最初の数回のサイクルには明らかに変態点は認められるが、その後は、変態点が認められない。マグネシウムによる球状黒鉛鑄鉄の場合²⁾と全く同様である。これは加熱速度及び冷却速度に深い関係があり、試料が完全に黒鉛化して、その後加熱、冷却速度が速くて、黒鉛よ

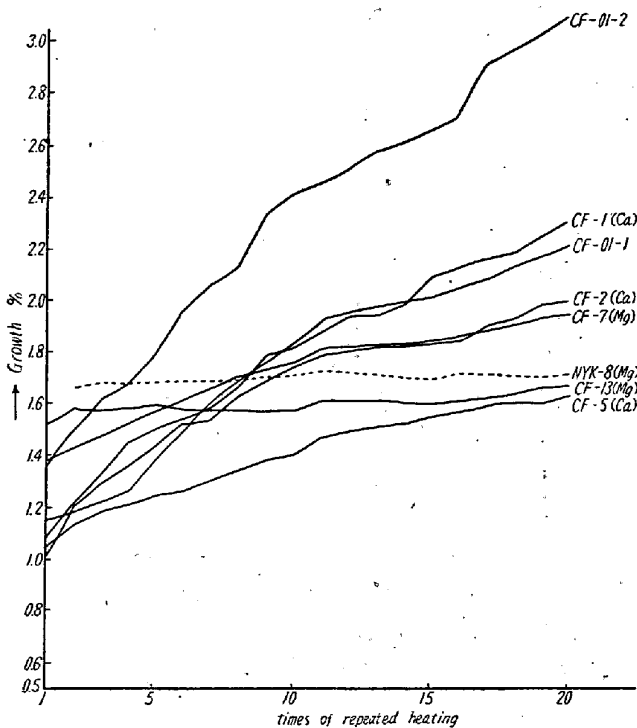


Fig. 2 Relation between the times of repeated heating and the growth in the various cast irons. (at 900°C)

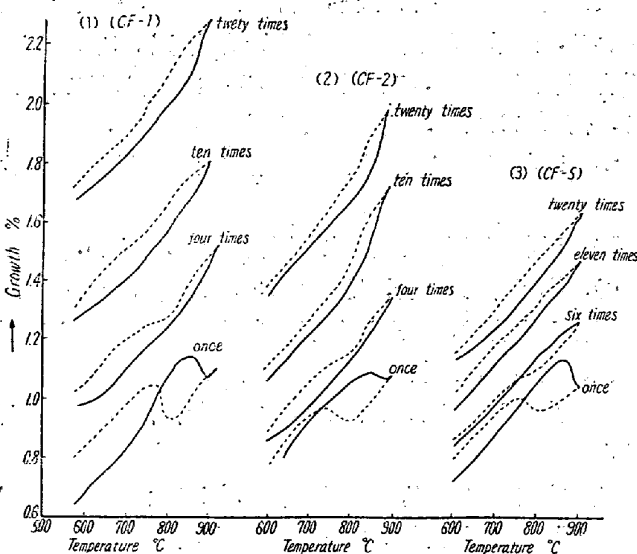


Fig. 3 Relation between the temperature and the growth. (CF-1), (CF-2), (CF-5)

り地へのCの拡散が行われない時には、当然変態が見られなくなるのである。最初の数回の変態は、試料が最初からパーライトが残存して、 r に変態するためと思われる。当然 Si 量が多くなれば、高温に於ける炭素の拡散速度が遅くなるために、 r からパーライトになる、及びその逆の変態点(即ち A_{r1} , A_{c1})は画がなくなってしまう。実験終了後は何れも完全に地がフェライトになっている。且つ球状黒鉛の周囲は殆んど酸化されていない。

い。しかし CF-2, CF-1 の何れも成長の大なる方は、マトリックスのフェライト地に黒い点が多く発生している。

(2) 片状黒鉛鑄鉄の場合

CF-01-1, CF-01-2 は片状黒鉛鑄鉄で同一試料ではあるが、何かの影響で CF-01-2 は黒鉛に沿った内部酸化が著しくよく進行し、20 回の繰返し加熱で 3% も成長している。カルシウム・シリサイドで造られた球状黒鉛鑄鉄 CF-5 の約 2 倍程度成長していることになる。CF-01-1 の方は酸化は左程進行していないために著しくは成長していない。片状黒鉛の場合は従来からいわれていると全く同様に黒鉛に沿って酸化が進行し酸化成長した結果が明らかである。

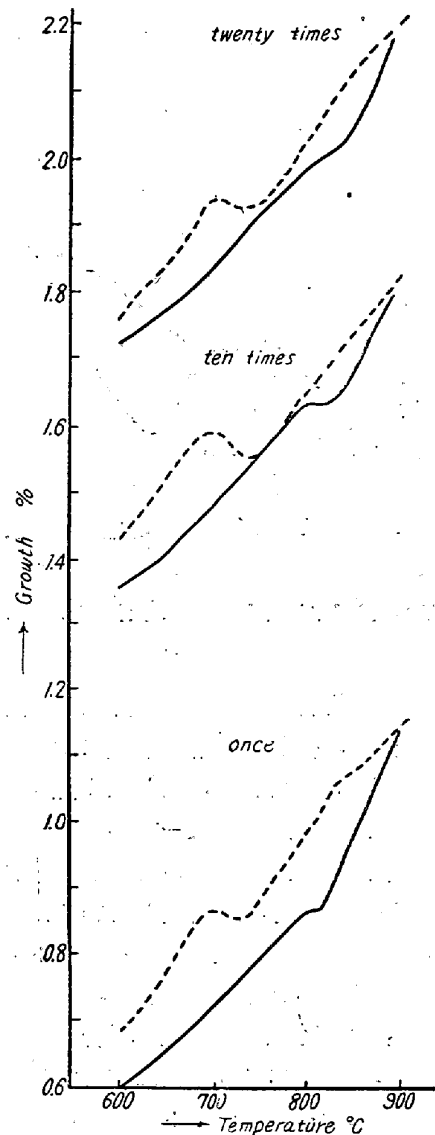


Fig. 4-(1) Relation between the temperature and the growth (CF-01-1)

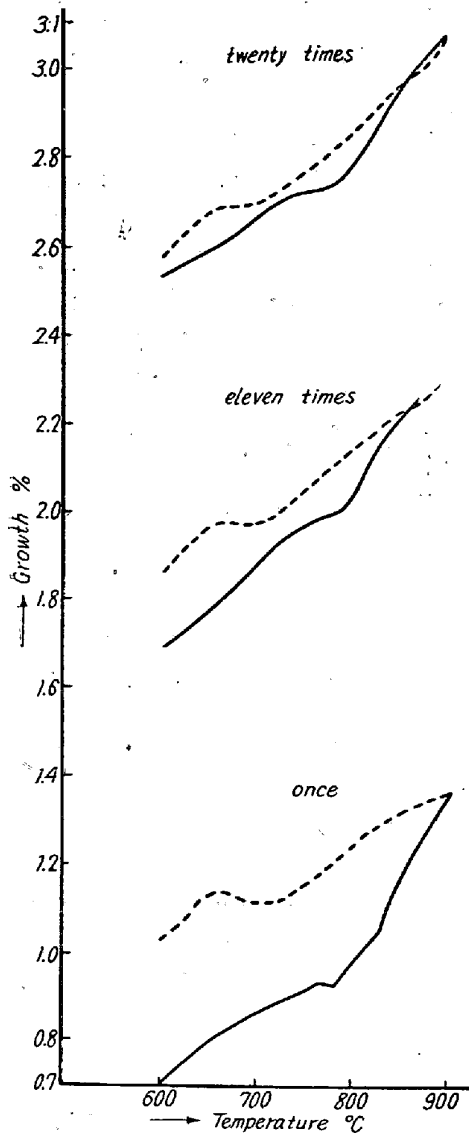


Fig. 4-(2) Relation between the temperature and the growth (CF-01-2)

片状黒鉛鑄鉄の場合の成長量と加熱温度の関係は Fig. 4-(1), (2) に示す。何れも加熱冷却共に 20 回の繰返し加熱迄変態点が現われている。これは当然 Si が少ない関係から、黒鉛化速度も遅いし又一方から考えて、高温に於ける C の拡散速度が速いため、変態が画かれるものと考えられる。又黒鉛が片状に析出しているため黒鉛とマトリックスとの接触面積が大となり C のマトリックスへの拡散が大となるためとも考えられる。

(3) 高ニッケル球状黒鉛鑄鉄の場合

NYK-8 は Ni を約 22% 程度含有する球状黒鉛鑄鉄で、地は完全にオーステナイトである。これは組織は完全に近い球状黒鉛組織であつて、熱膨脹は比較的大であるけれども、成長量は極めて少い。Fig. 2 及び Fig 5 より明らかに解る。当然地がオーステナイトであるた

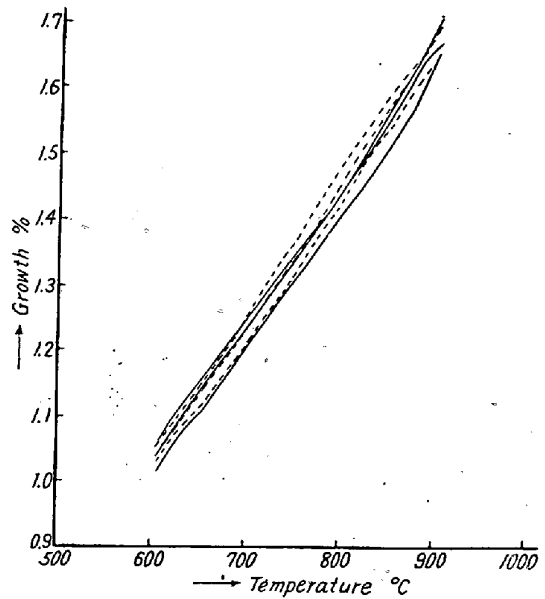


Fig. 5 Relation between the temperature and the growth (NYK-8).

めに加熱冷却に際して変態点は現われない。

(4) マグネシウムによる球状黒鉛鑄鉄の場合

マグネシウム合金添加によつて造られた球状黒鉛鑄鉄の成長に関しては多くの実験が行われ、種々発表³⁾⁴⁾されている。通常球状黒鉛鑄鉄は Si 量が高く、2% 以上の場合が普通である。又これ迄のデータも殆んどこれである。何れにしても、次の事柄は明らかである。

- a) 球状黒鉛鑄鉄の繰返し加熱による成長は極めて少い。
- b) 球状黒鉛鑄鉄は酸化の影響は極めて少い。
- c) Si が高い場合、即ちブルアイ組織、パーライト型組織の場合、繰返し加熱の成長量と加熱温度の関係曲線に於いて、最初の数回は変態点が認められるが、漸次変態点が認められなくなり、且つ若干乍ら成長して行く。

この場合は CF-7, CF-13 何れも球状黒鉛鑄鉄としては Si 量が低く特に CF-7 は非常に低いため、900°C 3 時間の焼鈍でも、十分に遊離セメントライトが分解していない。且つ Fig. 6 (1), (2) の成長量と加熱温度の関係曲線は、20 回迄の繰返し加熱に於いて、明確に変態が現われている。勿論変態の膨脹量、収縮量は漸次減少の傾向にはある。CF-7 の方は、成長は少しずつ生じているが、片状黒鉛に替れば成長は少い。CF-13 は少し炭素の少ない材料であるが、一回目は変態後甚しく膨脹して、後繰返加熱によつて殆んど成長していない。これは Fig. 2, Fig. 6 -(2) より明らかである。成長量が殆んど NYK-8 と変らない。現象はこれだけでは明確に

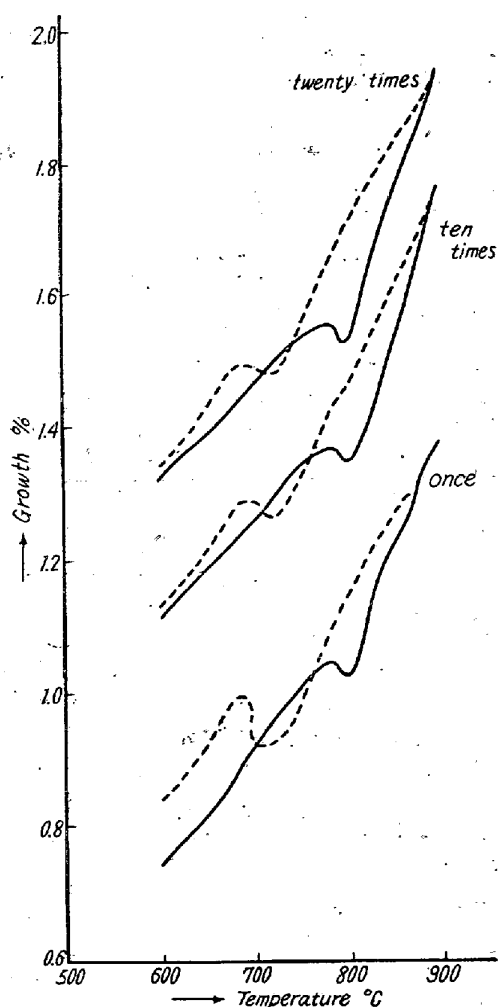


Fig. 6-(1) Relation between the temperature and the growth (CF-7)

解らない CF-13 の方でも実験開始前の組織が焼鈍によつて、フェライト型であつたものが、パーライト型になつている。且つ殆んど成長していないし、勿論、内部組織は酸化されていない。変態点通過による膨脹収縮によつてのみ、微細亀裂が生じ成長するという事は考えられない。

IV. 結 論

以上の実験結果より次のことが結論出来る。

- 1) カルシウム・シリサイドによつて製造された球状黒鉛鑄鉄も、比較的完全に近い球状黒鉛組織であれば、片状黒鉛鑄鉄より著しく耐成長性がある。
- 2) カルシウム・シリサイド添加で造られた球状黒鉛鑄鉄は片状黒鉛又は準球状黒鉛が存在している場合は著しく耐成長性が妨げられ、片状黒鉛鑄鉄と変わらない。
- 3) カルシウム・シリサイド添加の球状黒鉛鑄鉄は、Si が 3% 以上になることが多いため、フェライト型の

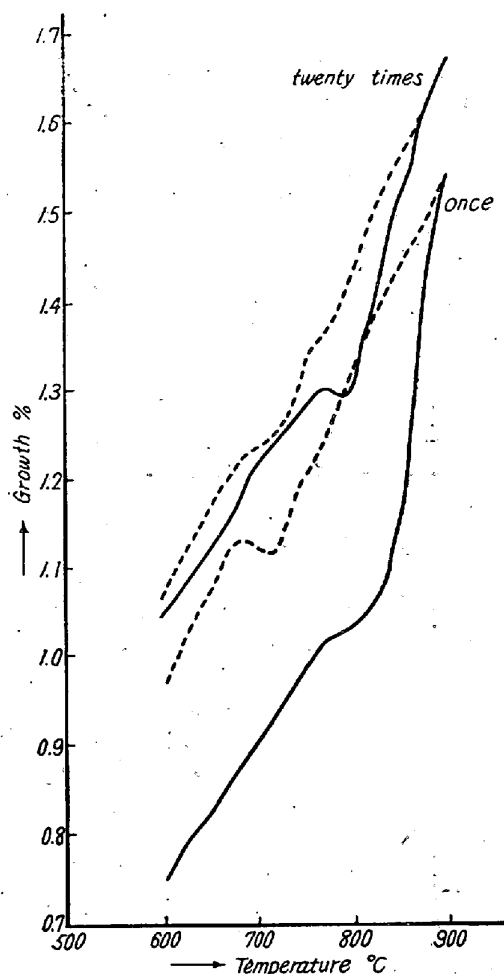


Fig. 6-(2) Relation between the temperature and the growth (CF-13)

組織になり易い。そのため、繰返し加熱による成長量と温度の関係曲線に於いて、最初の数回は変態点を画くが後は変態点を画かなくなる傾向を有している。

4) NYK-8 のようにニッケル約 22% も含有するオーステナイト型の球状黒鉛鑄鉄も熱膨脹は大きいけれども繰返し加熱による膨脹は少い。これは明らかに酸化膨脹が少いことが原因である。

5) CF-13 のような低炭素、低珪素球状黒鉛鑄鉄を、一度焼鈍した後に繰返し加熱の成長を調べた結果は、殆んど NYK-8 と同様の形態の成長状態を示し、耐成長性がある。その原因は明らかでない。

(昭和 29 年 9 月寄稿)

文 献

- 1) 草川隆次: 鉄と鋼 (38) 6 昭和 27 年 6 月 16 頁
鉄と鋼 (39) 3 昭和 29 年 3 月 358 頁
- 2) 長岡金吾: 鉄と鋼 (39) 11 昭和 28 年 11 月 1250 頁
- 3) 飯高一郎: 球状黒鉛鑄鉄の研究 9 頁
- 4) 長岡金吾: 鉄と鋼 (39) 11 昭和 28 年 11 月 1250 頁