



Title	鑄鉄の寸法変化に対する直接変態と間接変態の相違について： 鑄鉄の成長に関する研究. 第1報
Author(s)	萩原, 巖; Hagiwara, Iwao; 高橋, 忠義 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 24, 71-76
Issue Date	1961-02-28
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/40676">https://hdl.handle.net/2115/40676</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_71-76.pdf



# 鑄鉄の寸法変化に対する直接変態と 間接変態の相違について

(鑄鉄の成長に関する研究 第1報)

萩原 巖\*  
高橋 忠義\*

## On the Differences between Direct and Indirect Transformation to the Change of Lengths of Cast Iron

(On the Growth of Cast Iron I)

Iwao HAGIWARA  
Tadayoshi TAKAHASHI

### Abstract

The elongation of gray cast iron after direct transformation (Austenite→Ferrite+Graphite) and indirect (Austenite→Ferrite+Pearlite→Ferrite+Graphite) was measured.

The results obtained were as follows:

- (1) The elongation of cast iron is smaller when it transformed directly from austenite to graphite and ferrite than that of indirect transformation.
- (2) From the results obtained in the present experiment, it was concluded that the growth of cast iron which occurred by transformation is ascribed to the difference of transformation process between heating and cooling of the specimen.

### 1. 緒 言

鑄鉄の変態過程を考えるにオーステナイト状態にある鑄鉄は、恒温変態または等速連続冷却変態において恒温度および等速連続冷却速度の選定によつては、直接全部がフェライトと黒鉛の安定系になる場合と別にそれにパーライト生成が加わり、後にこれがさらに分解して最終的に全部がフェライトと黒鉛になる変態過程とがある。前者を直接変態、後者を間接変態と呼んでいる<sup>1)</sup>。

直接変態には非常に長い時間があるので普通程度の冷却では若干は直接変態をするが、残りの大部分では間接変態が行なわれている。

しかしてパーライトより黒鉛への変化はパーライト変態にひきつづいて行なわれるので、

---

\* 冶金工学科

膨脹曲線の形や最後の組織からではその区別はつけ難い。

一方鑄鉄の成長は酸化及びオーステナイト域のそれは別として<sup>4),5)</sup>、一般に変態において不可逆膨脹が生じる現象である<sup>2),3)</sup>。しからば最終的には同じくフェライトと黒鉛よりなる組織であつても変態過程の相違によつて成長がどのような変化をうけるかを明らかにすることは鑄鉄の成長現象の解明に必要であらうと考え本実験を企てた。

普通成長という現象は多くの繰り返し加熱冷却による寸法の変化にあたえられた名称であるが、成長に対する変態過程の影響を見るには必ずしも繰り返し加熱の必要はないので本実験では1回の加熱冷却における寸法変化を比較したものである。

## 2. 実験方法

使用した試料の成分は Table 1 に示す如き普通鑄鉄である。

実験条件を一定にするため材料約 25 kg を一度に熔解し、砂型鑄造で直径 20 mm, 長さ 150 mm の鑄鉄棒 70 本を作り、これを真空炉で焼鈍 (950°C) して完全にフェライトと黒鉛の安定系に変えて後に試験片を作製した。実験の順

Table 1. Chemical composition of cast iron

C	Si	Mn	P	S
3.56	1.35	0.36	0.26	0.14

序として第一に上記鑄鉄の時間—温度—変態線図を作ることである。これに使用した試験片の大きさは直径 8 mm, 長さ 15 mm のものである。恒温および連続冷却はソルトバス中で行なつた。これによつて得られた変態線図を基準として本実験の目的である恒温変態および等速連続冷却変態の寸法変化の比較を行なつた。その際の長さ変化の測定に用いた試験片は直径 8 mm, 長さ 70 mm で 6 cm 間隔に標点を印し、長さの測定には比較測長機を使用した。試験片はいずれも前処理として真空炉で 950°C に 30 分間加熱後 10 分間で 850°C に下げて 30 分保持し、それより各所定の温度にあるソルトバス中に投入するようにした。ソルトバスより引上げて後変態図作製の試験片は水冷とし、長さ測定用の試験片は油冷とした。なお何れの試験片もその変態の開始、終了および進行の測定には顕微鏡組織によつて行なつた。

## 3. 実験結果

### (A) 温度—時間—変態線図

その結果を Fig. 1 に示す、前述した如く変態過程から見れば次の二つの温度範囲に分けられる。その一つは 760°C から 790°C までの直接変態範囲である。即ち  $r$  (オーステナイト) →  $a$  (フェライト) +  $G$  (黒鉛) の反応は 0.7 分から 60 分におよび、またその終了線は 770°C 近くでは 1800 分前後を要する。一方 760°C 以下 700°C までは極く少量の  $r \rightarrow a + G$  の反応が比較的短時間に開始し (700°C では 10 秒前後である)、その後  $r \rightarrow P$  (パーライト) の反応が急速に進行して割合短時間に終了する。つづいて  $P$  中のセメンタイトの分解がはじまり最終的に  $a$  と  $G$  の

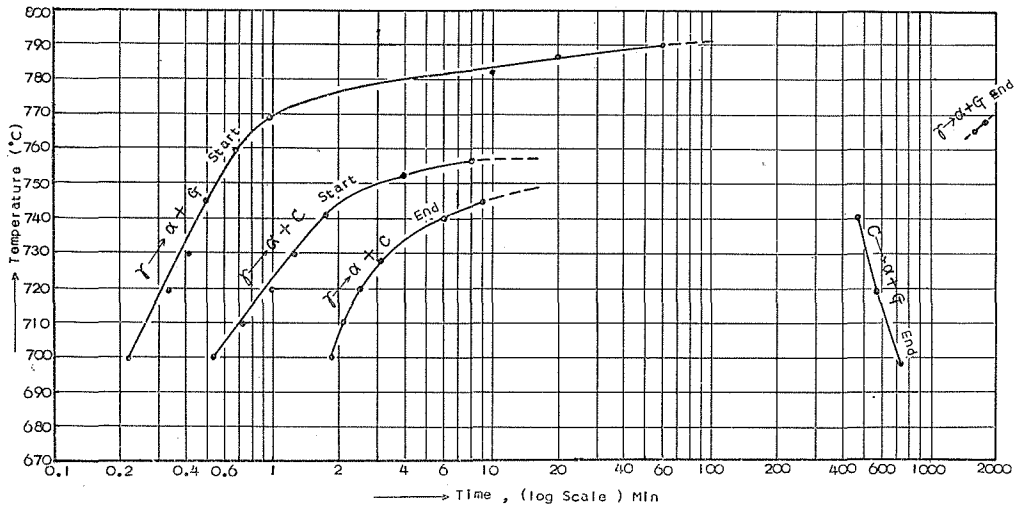


Fig. 1. Temperature-Time-Transformation diagram

のみの状態となる。この温度範囲が間接変態であつて全反応時間はほぼ 500 分から 800 分程度である。

### (B) 恒温変態温度と伸長率との関係

Fig. 1 の変態図をもとにして変態の仕方によつて試験片の長さによつてどのような影響をあたえるかを見るために 700°C~770°C の各温度に変態が終了するに十分な時間保持したものの伸長率と恒温変態温度との関係を Fig. 2 に示す。750°C 以下は一部直接変態を行ない、大部分は間接変態をとこなう領域であり、770°C では直接変態のみによるものでその間を破線で示した。これによれば高温域で変態を完了させたほど、即ち、オーステナイトから直接フェライトと黒鉛の安定系になる割合が多いほど伸長率が小さいことが知られる。

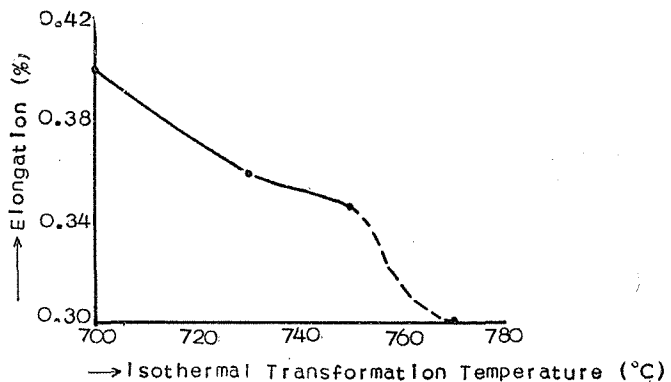


Fig. 2. Relation between isothermal transformation temperature and elongation (at the end of transformation)

### (C) 等速連続冷却における冷却速度と伸長率との関係

ソルトバス中の試験片の温度を 790°C から 700°C まで下げる時の冷却速度を 4 種類に変えそれによつて得られた試験片のマトリックス中のフェライト量 (直接変態のみで出来たもの、

または一部間接変態で生じたフェライトが加わっているもので、残りはパーライトである)を Table 2 に示す。

その際連続冷却中に起る試験片の変態による状態変化を判断するのは変態図作製の試験片を同時にソルトバス中に投入しておき、700°C になったときこれを取り出

して水冷し検鏡することによって行なつた。この実験で直接変態のみで安定系に変えるには 3°C/hr 以下の冷却速度が必要であり、5°C/hr 以上の早い冷却速度で生ずるフェライトの量は直

**Table 2.** Relation between cooling velocity and ferrite formation at 700°C

Cooling velocity °C/hr	Ferrite (%)	Transformation
3	100	Direct
5	80	Direct+Indirect
8	70	"
10	50	"

接変態によるフェライトと途中で生成したパーライトの一部分の分解によつて出来たフェライトとの和である。

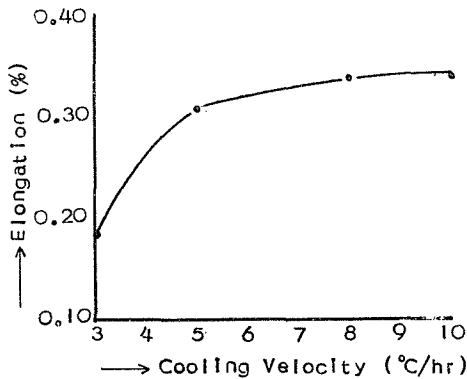
冷却速度と試験片伸長率との関係を Fig. 3 に示す。これより 3°C/hr なる連続冷却で直接変態を完了させるときは、伸長率は 0.18% 程度であつた。これ以上の早い冷却速度ではパーライトの生成を伴い、パーライトの生成は長さの減少を伴うべきであるにかかわらず却つて長さを増加するのは注目すべき現象である。若しそ

のパーライトがその後の冷却中にさらに

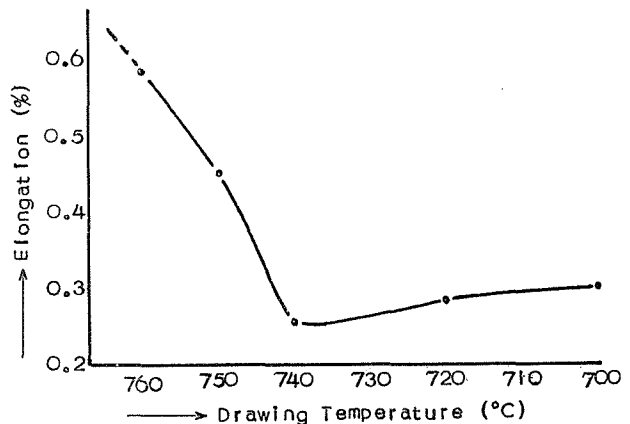
フェライトと黒鉛になるなら、その分解したパーライトの量に比例しただけ更に長さが増加する筈である。そのことは次の実験で示される。

**(D) 5°C/hr の等速連続冷却過程における試料の伸長率の変化について**

790°C のソルトバスに投入後 5°C/hr の等速連続冷却を行なわせる過程で 760°C, 740°C, 720°C, 700°C で試料を取り出し、その後油冷したときの長さの変化を示したものである。その結果を Fig. 4 に示す。それによれば 740°C 以上のとり出し温度では変態は未完了で、したがつて



**Fig. 3.** Relation between cooling velocity and elongation from (790°C)



**Fig. 4.** Relation between drawing temperature and elongation (at 5°C/hr cooling velocity)

常温でマルテンサイトを伴っている。とり出し温度の低下に伴い次第にマルテンサイトが減少し、ために伸長率は低下してくる。そして 740°C 附近ではオーステナイトが消失する。さらに低い温度まで緩冷却をつづけて行くとパーライトの分解が進行するために長さが増加する傾向が見られる。

#### 4. 考 察

以上の実験結果を考察するに恒温変態による間接変態、即ち、パーライト生成を経て後分解してフェライトと黒鉛の安定系になつた場合の伸長率は 0.4% であるが、直接変態によつて安定系になつたときの伸長率は 0.3% (前者の 25% 減) である。一方連続冷却変態による場合には間接変態によるときの伸長率は 0.31% 以上であることが推定されたが、それが直接変態では 0.18% (前者の 42% 減) の伸長率であつた。

ちよつと考えると間接変態は途中でパーライトの分解による膨脹がおこるから直接変態よりも成長が大きいのは当然のように思われるが、最終の組織が最初と同様フェライトと黒鉛なのであるから、組織から考えれば当然もとの容積にもどらなければならない、即ち間接変態におけるセメンタイトの分解は成長にあづかる理由はない。したがつて、このような伸長率の相違は加熱と冷却の両変態過程の可逆的と不可逆的との相違に関係をもつものと認められる。間接変態の場合、加熱では  $a+G \rightarrow \gamma$  でパーライト段階を経ないが、冷却には  $\gamma \rightarrow a+P \rightarrow a+G$  となり、加熱と冷却における変態過程が異なる。一方直接変態では、加熱と冷却における変態過程が可逆的である。而して普通鑄鉄ではその成長試験が行なわれる場合の冷却速度では、直接変態は起らず、間接変態が起きているのであるから従来観測された変態に伴う成長はその加熱と冷却における変態過程の相違に起因する現象と見なければならぬのである。また、パーライト鑄鉄の成長が少ないのは加熱、冷却ともにパーライトの段階を経て可逆過程をとるためであると説明される。

なお、この実験において直接変態で冷却したものでも、ある程度の伸長を示しているのは所謂オーステナイト域の成長<sup>9)</sup>のためであろう。

#### 5. 結 言

鑄鉄がオーステナイトから黒鉛とフェライトの安定系になるときに経る、直接および間接なる両変態履歴の相違が、試験片の伸びにおよぼす影響を見るために恒温変態と連続冷却変態とにおいてその実験を行なつた。

その結果鑄鉄はオーステナイトから直接フェライトと黒鉛の安定系に変態した方が途中でパーライト変態を伴い、しかる後にフェライトと黒鉛に間接変態した試験片よりも伸びは少ないことを見出した。

普通鑄鉄は加熱においては直接変態、冷却においては間接変態が起り易いのであるから、鑄鉄の変態による成長はこの加熱と冷却の変態過程の相違に起因する現象であると見なければ

ならない。

本研究は当学部附属の金属化学研究室で行なったものである。

#### 文 献

- 1) 稲垣伍三郎・近藤賢治：日本鑄物協会講演, 29-3, 571 (1957).
- 2) Kikuta, T.: Science Reports Tohoku Imp Univ., 11, 1 (1922).
- 3) Benedicks, C. and Löfqvist, H.: J. Iron Steel Inst., 115-1, 603 (1927).
- 4) 長岡金吾：日本鑄物協会講演, 31-9, 856 (1959).
- 5) Grant, J. W.: Foundry Trade J., 95-1931, 281 (1953). (これまでの研究が集録されている)