

# Fe-C 状態相

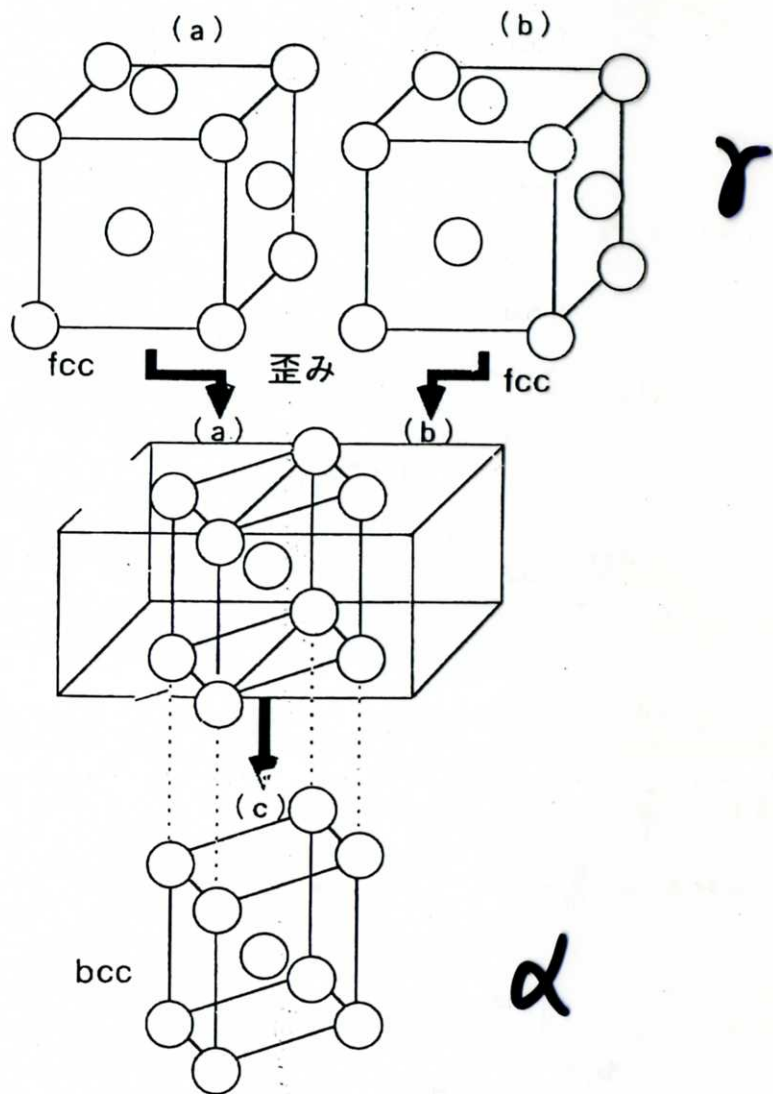


図 3.7 マルテンサイト変態 (三島良績編『100万人の金属学 (材料編)』アグネ, 1965より)

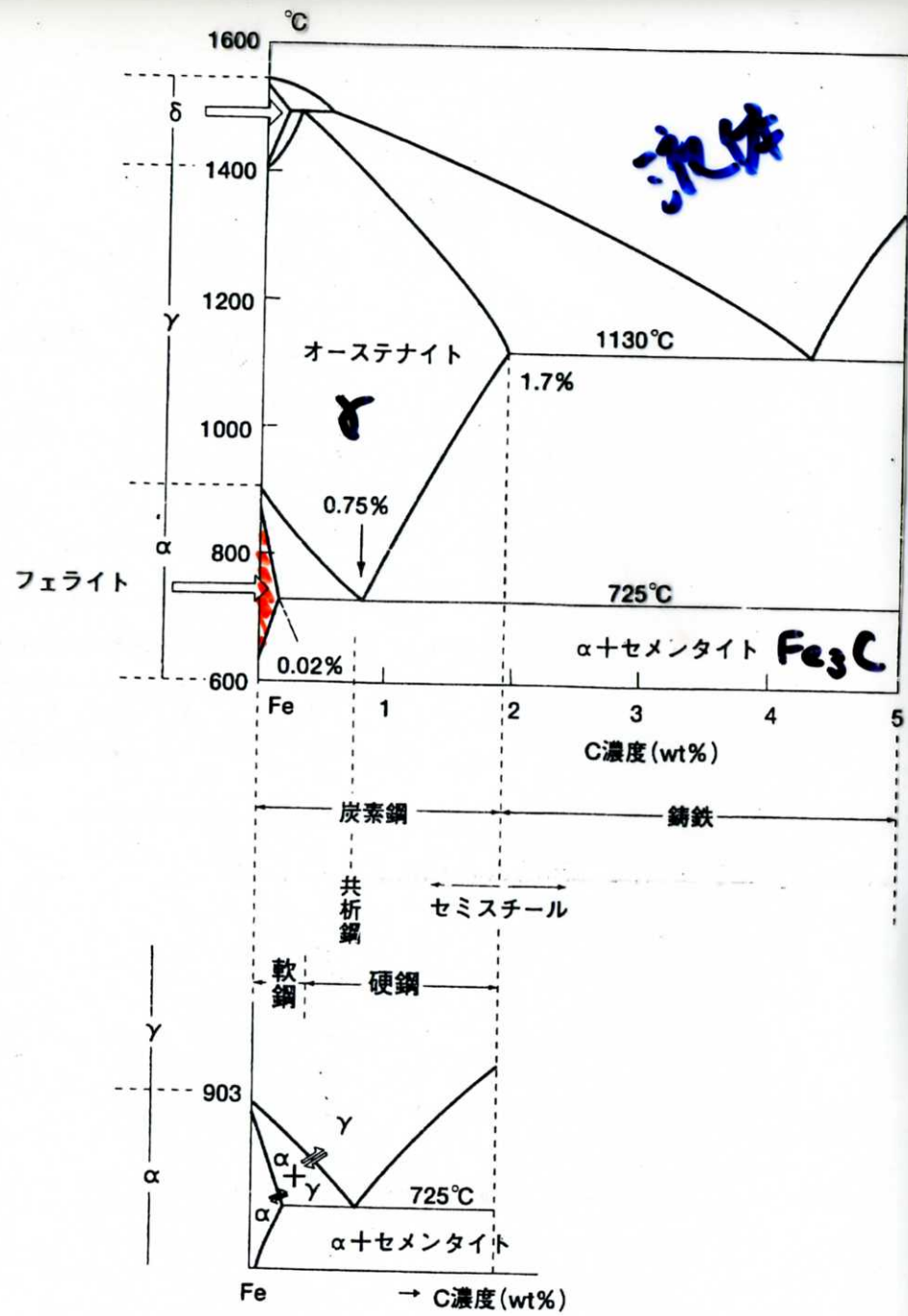
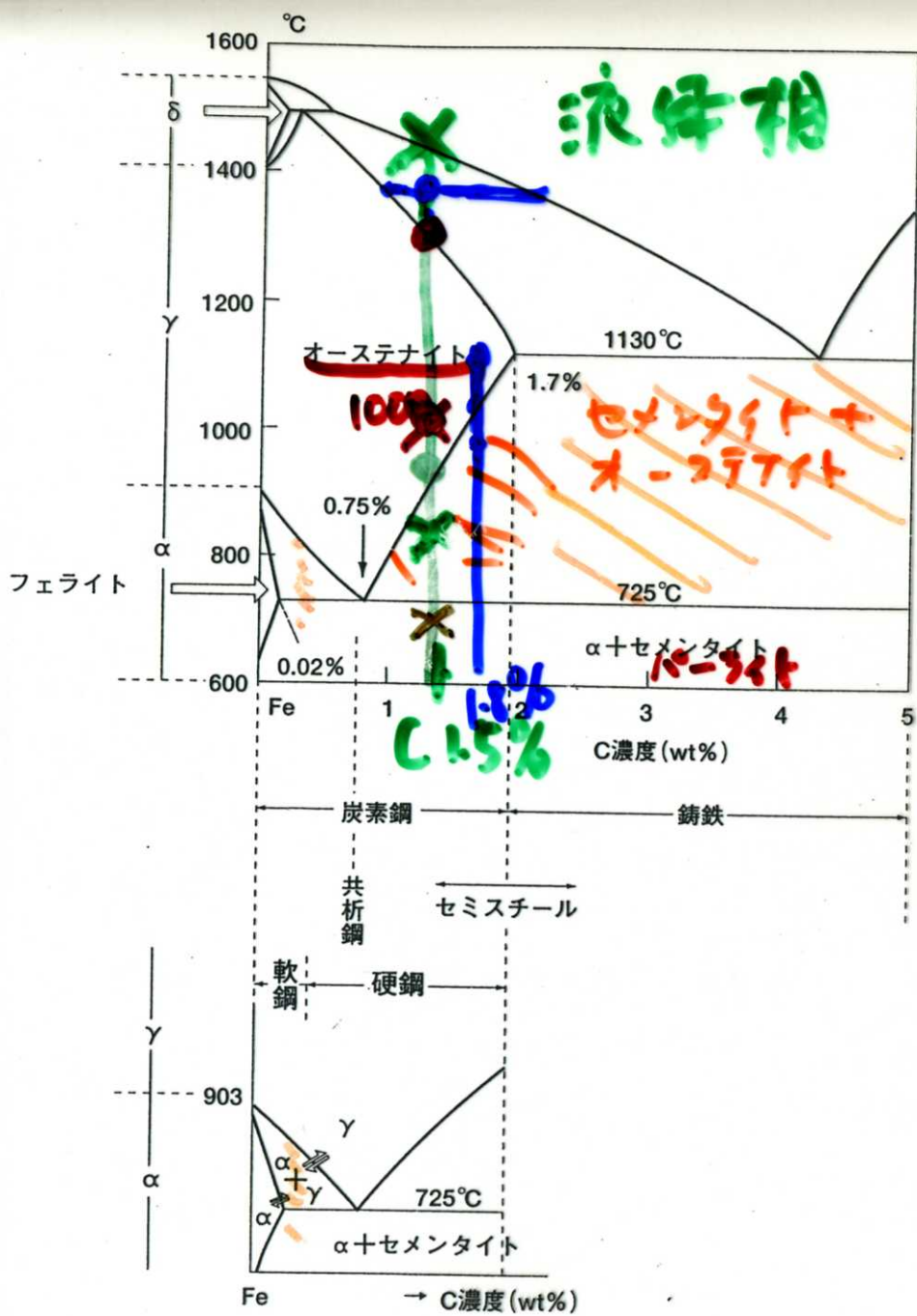
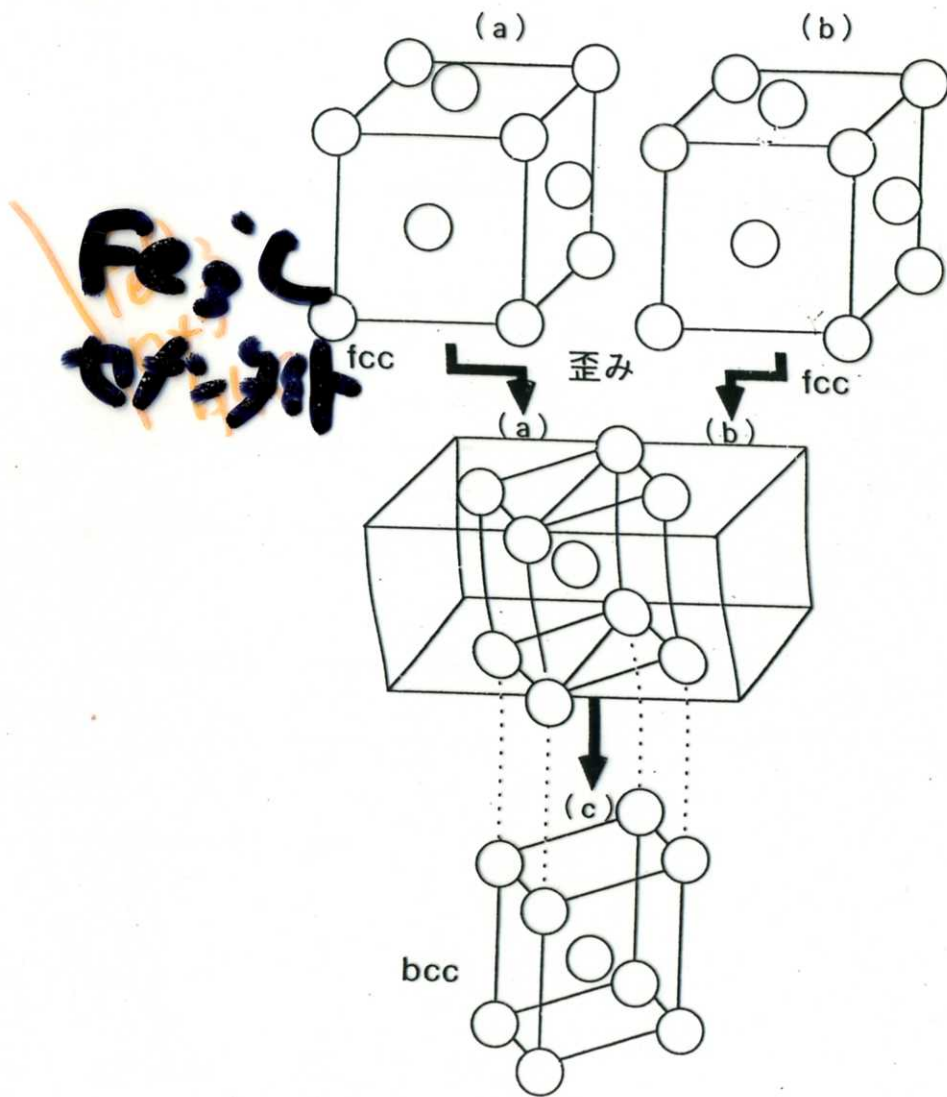


図 3.6 Fe-C 二元系状態図



Fe-C 二元系状態図



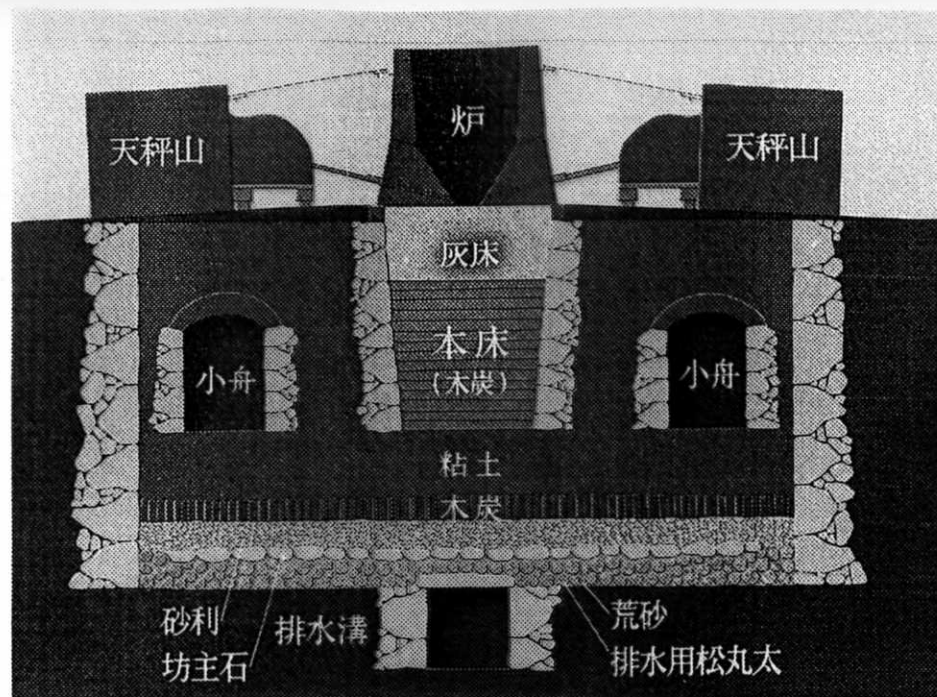
マルテンサイト変態 (三島良績編『100万人の金属学 (材料編)』アグネ, 1965 より)

# 日本刀の科学

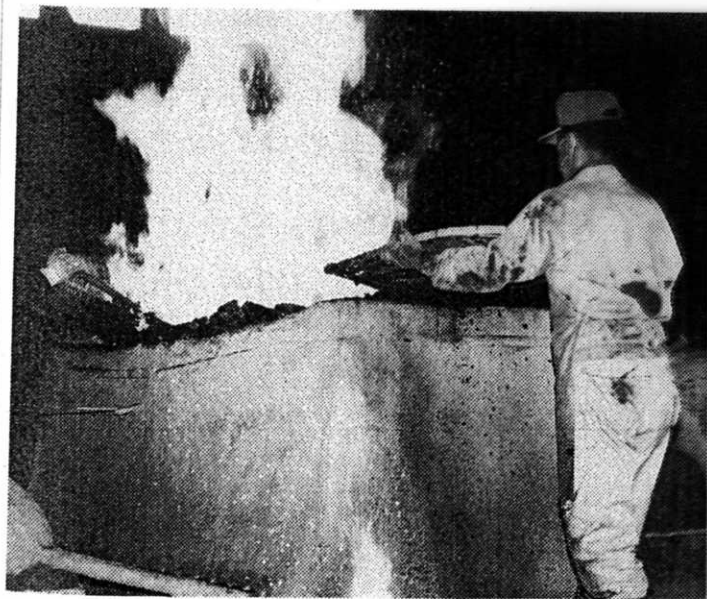
## 原料

- |         |                               |
|---------|-------------------------------|
| 鉄 (てつ)  | 炭素量 0~0.03%含むもの<br>加熱しなくても延びる |
| 鋼 (はがね) | 炭素量 0.03~1.7%含むもの<br>加熱して延びる  |
| 銑 (ずく)  | 炭素量 1.7%以上含むもの<br>加熱しても延びない   |
| 嫌な不純物   | リンとイオウ                        |

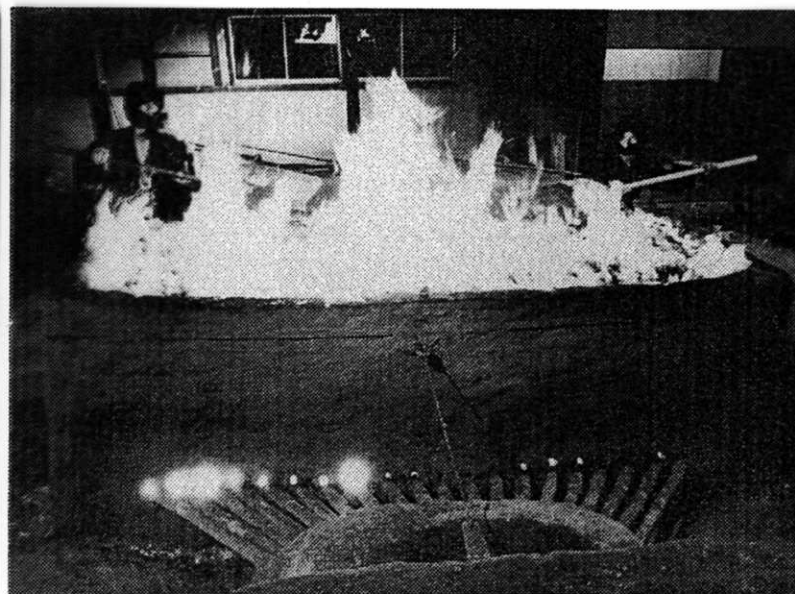
# 製鉄



日刀保たたら構造図.

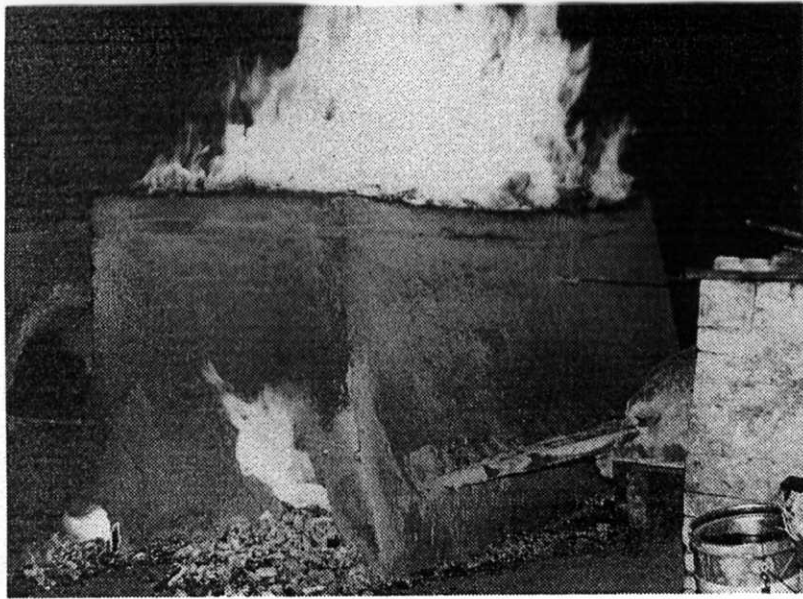


木炭を入れる.

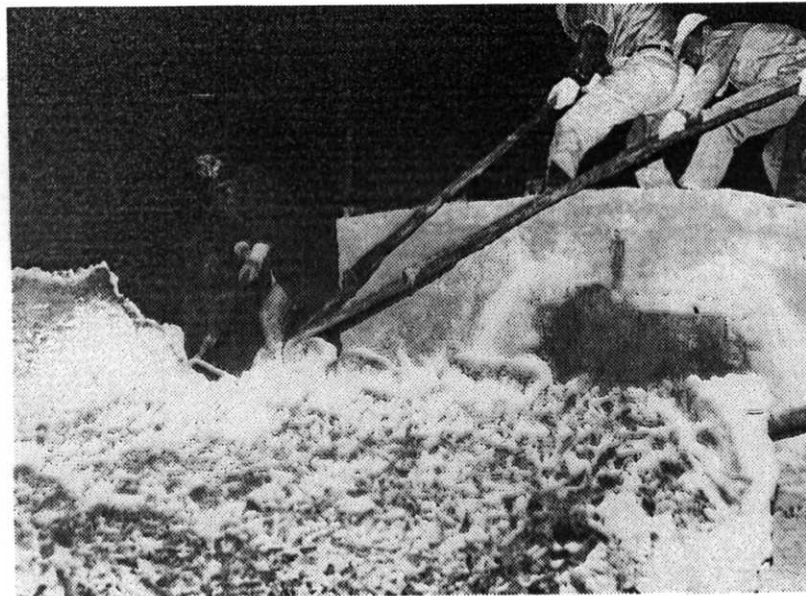


砂鉄を入れる.





操業3日目の炉の状態.



炉を崩して精鋼（鉾）をとりだす.

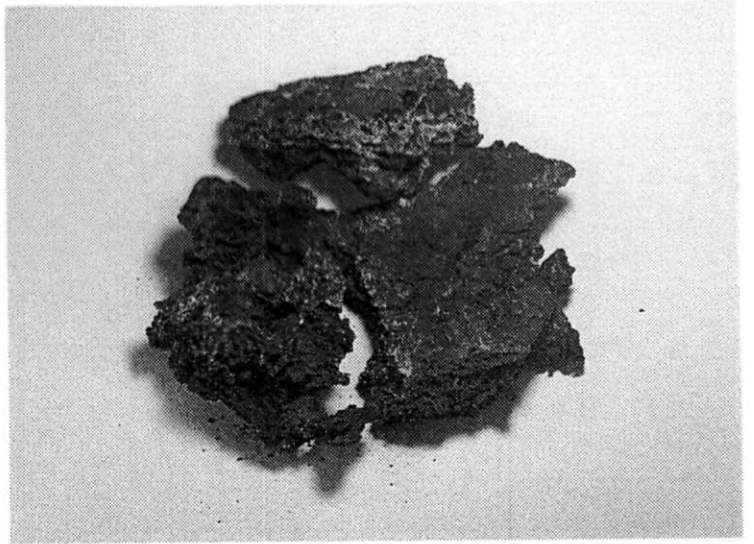
45



鉾出し作業.



(a) 玉鋼 1.0~1.5%



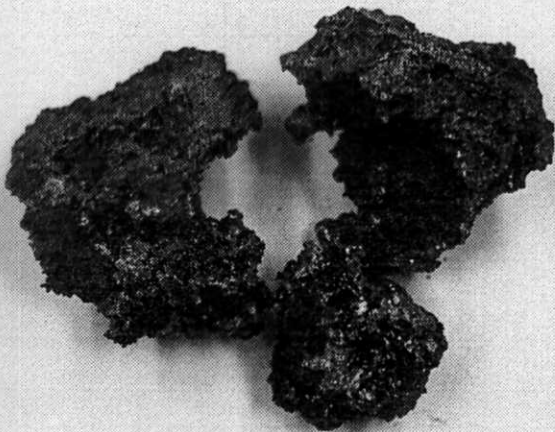
(b) 大割下 0.2~1.0%



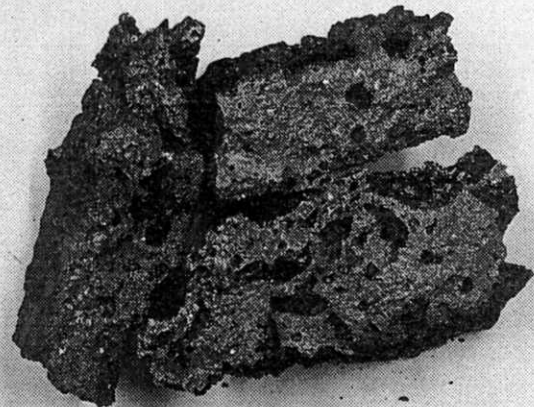
(c) 目白 1~1.5%以下  
2cm以下



(d) 銅下 0.5~1.2%



(e) 大鍛冶屋用

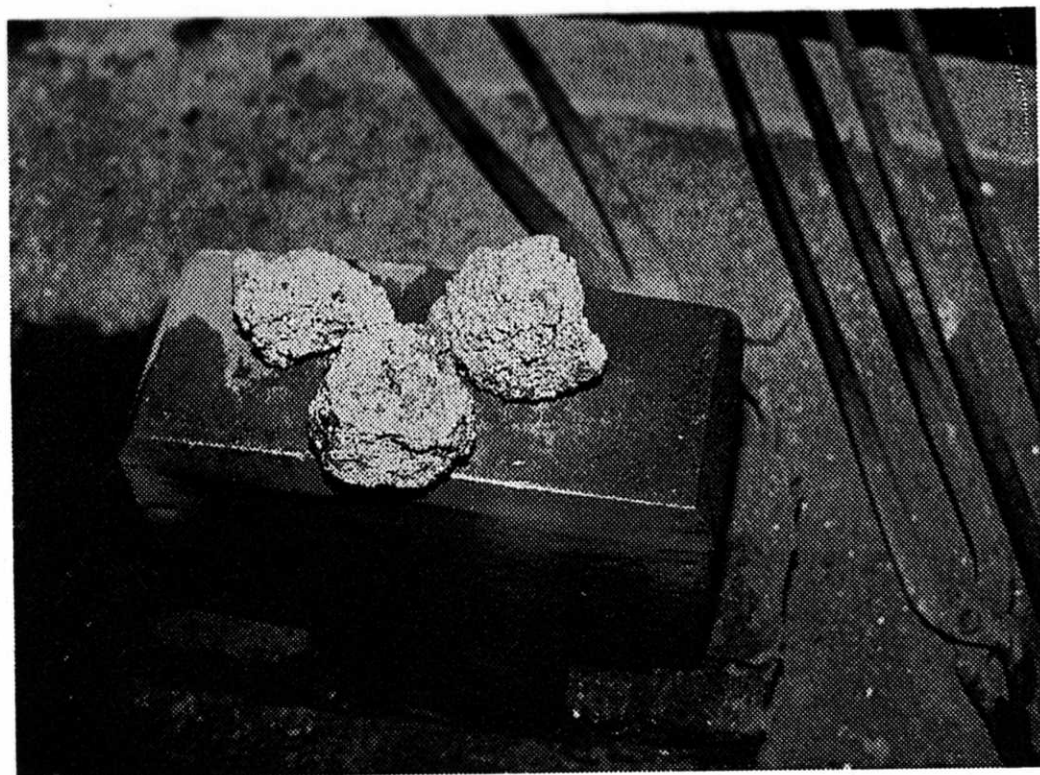


(f) 鉄 1.7%以上

玉鋼と卸し鉄用材料の種類.

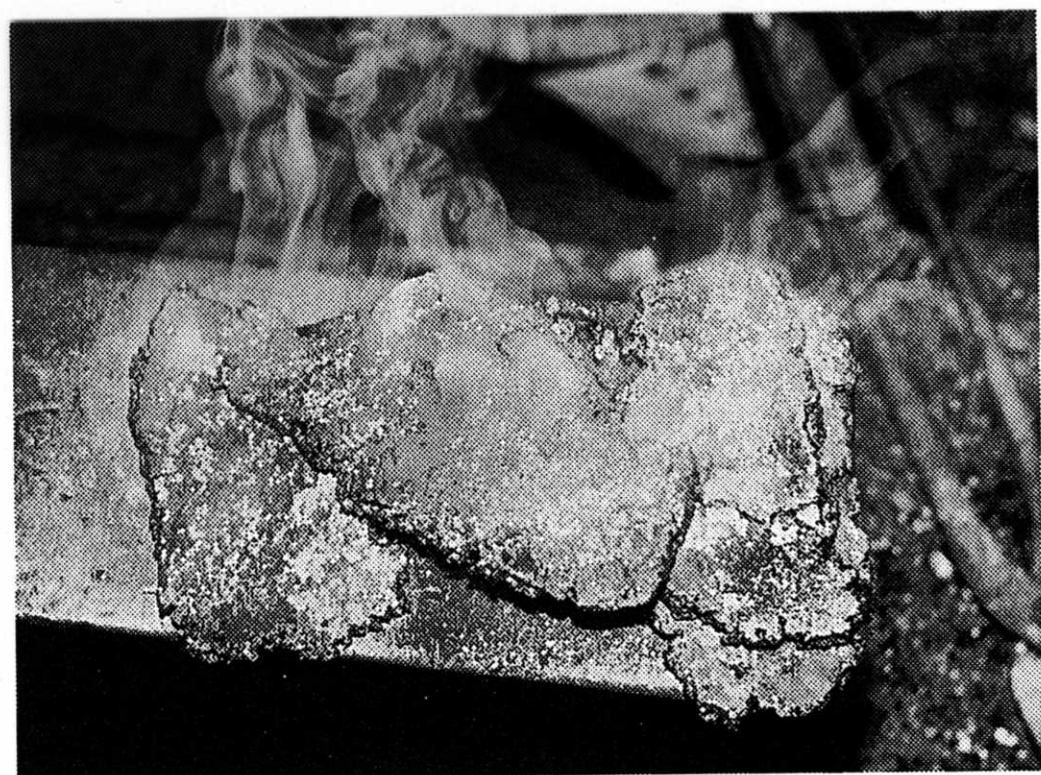


つきあっている  
このようにこ  
で、しかも強く  
に散ってしまう  
す。



日本刀の素材（玉鋼）。

くなればなるほ  
くに銑（ずく）  
は砂状に飛び散  
のようなことか  
低温で赤め、軽  
んでからだんだ  
力も強くしてい  
られます。

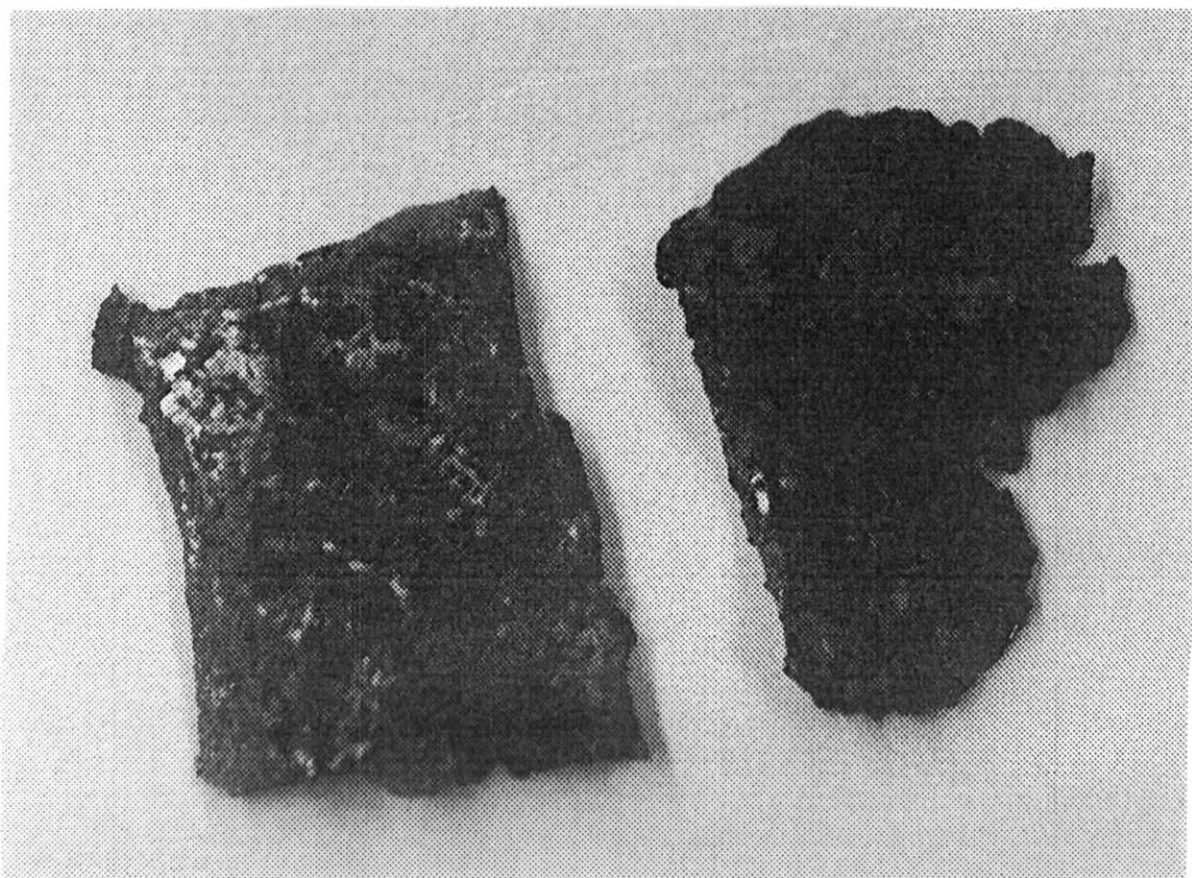


水減しされた玉鋼。

水減し（うすくわゆるか？）

らいが良いとき  
らがってからの肌  
と肌目が  
ともいわれてい  
きは3mmから6  
ないうちにすばや  
命します。このときに炭素量の高い部分はピシピシと音をたて

そうでない部分は水中からとり出し、次の小割りの作業で、



鋼（左）と鋳滓（右）。

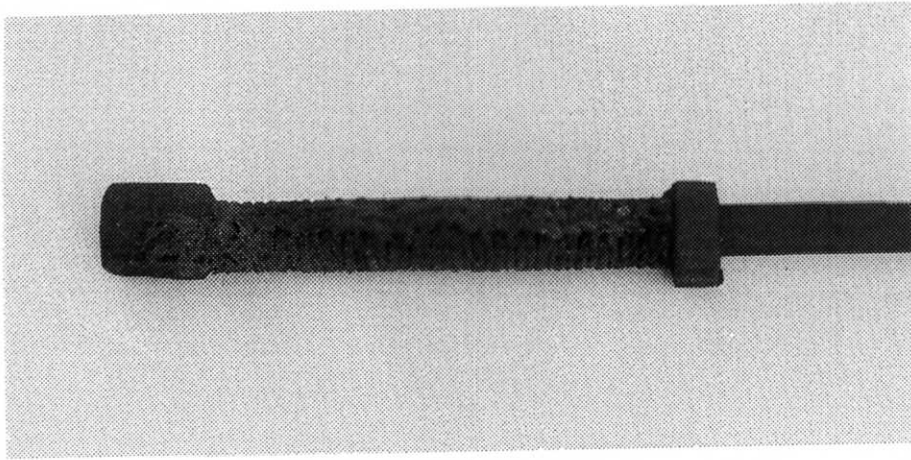
## 小割り



小割りの作業

とし  
部  
そ  
銑  
が  
同  
3 級  
ん  
滓  
鋼  
好  
で  
た  
も  
と  
と  
も  
い

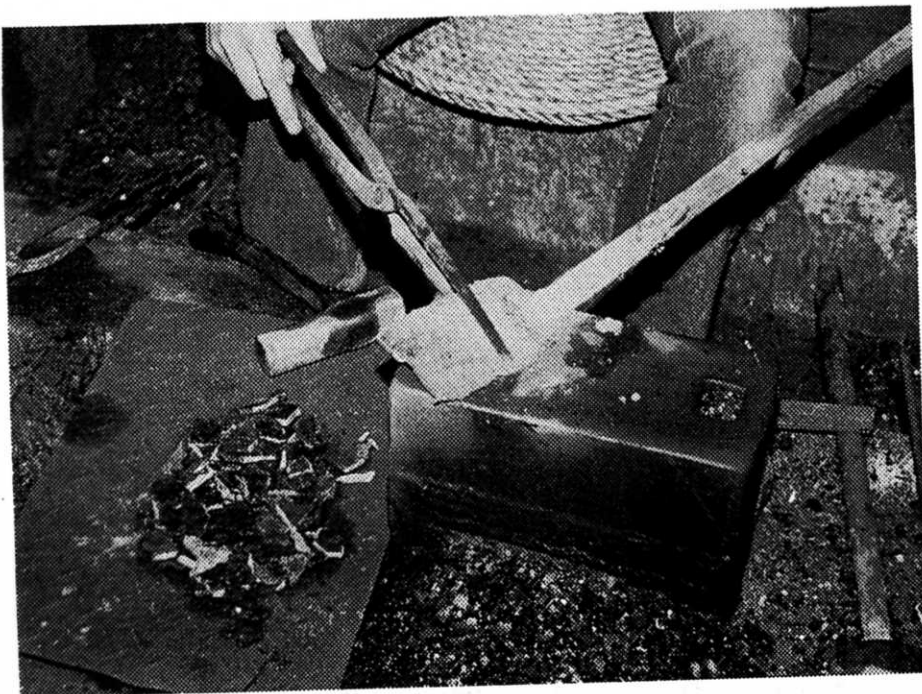




テコ棒の手元に細縄が巻かれる。



テコ棒の先端部を赤めて整える。



テコ台 (テコ皿) を付ける。

使用できればそれに越しりませんが、テコ棒は直ならないため、下級の玉事は足ります。したがって普通の錬鉄で、あるのテコ棒をつくり、そのつくった棒を沸し(わかくるなどの工夫がなされ)テコ棒のつくり方は鋼り返し鍛え、前述したように打ち延ばします。そして台が付けられやすいぎ状に打ち出されていて持つ部分は、テコ棒くなくても持つことのために、麻などで織られたます。そして縄はかたが、万一この縄に火がもすぐに解けることが殊な巻き方が考案され台はテコ棒と異なって部となります。そのた材料は、その上に積み鋼同様良質な玉鋼が使テコ棒と台の接着方法ドで赤め、テコ棒の先

### 3 テコ橋 と テコ台の作製

は、あるい  
才料に使用

玉鋼をへ  
と呼び、そ  
“へし屑”  
とがあり  
であったこ

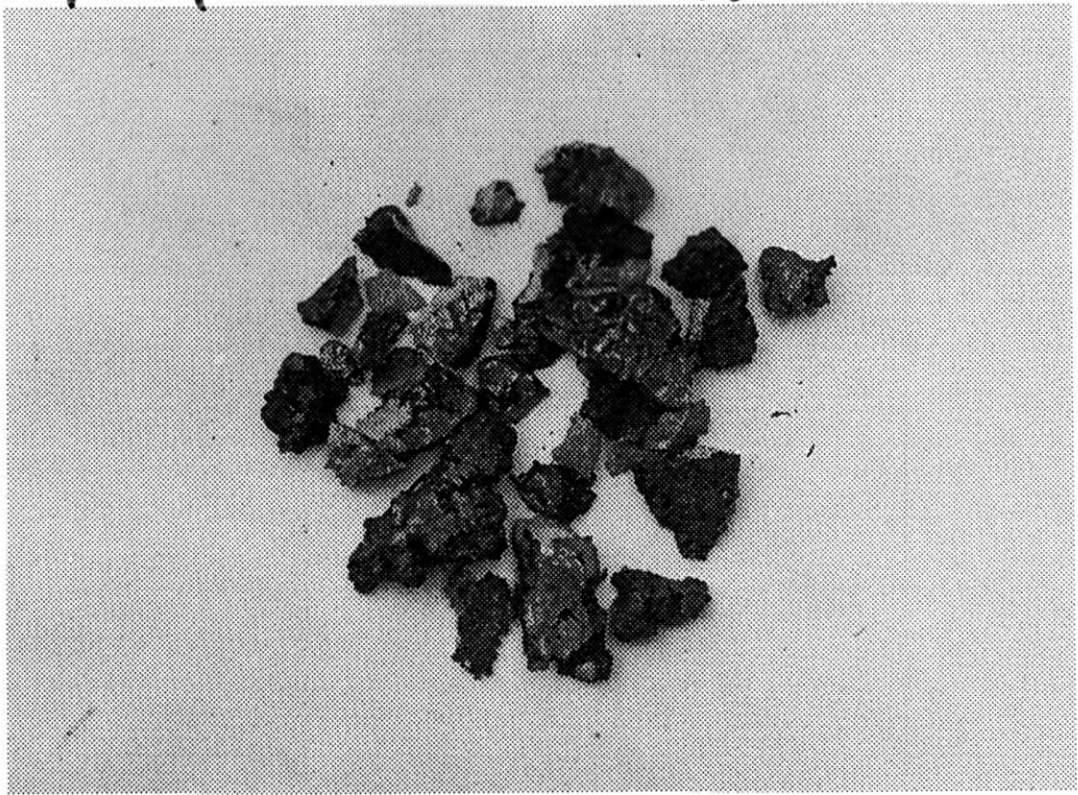
つくる

を沸すにあ  
すい位置に

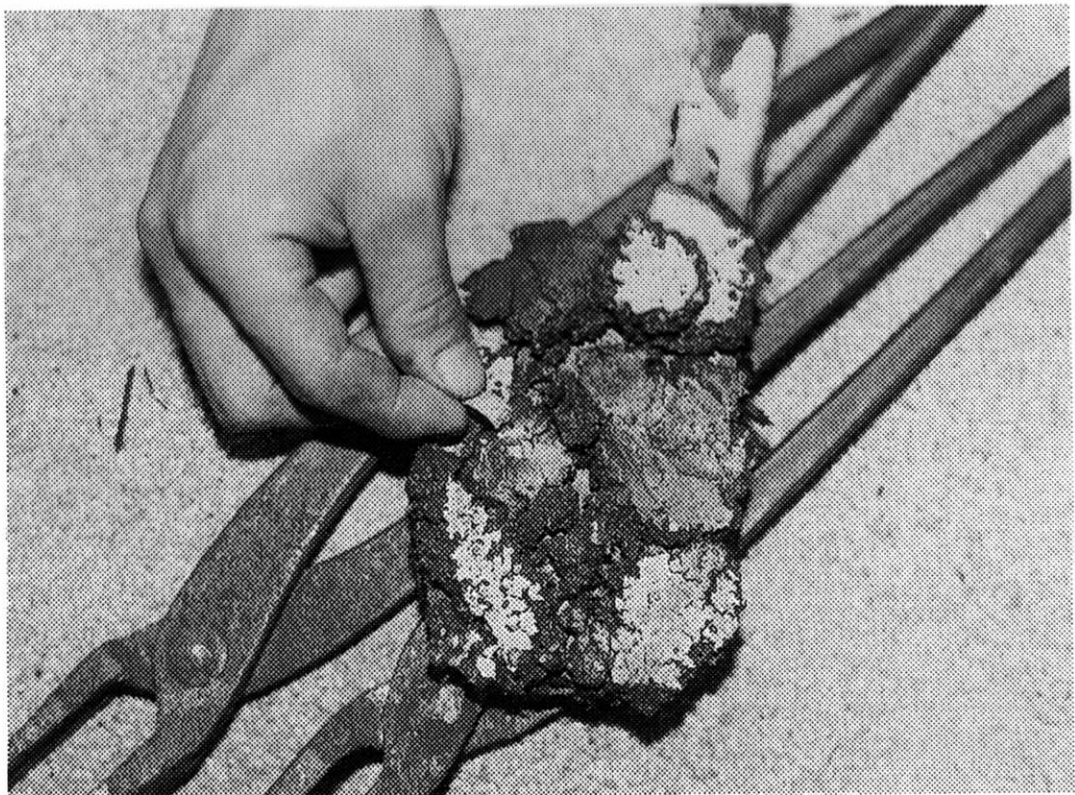
また鍛錬  
正しい位置  
をりしない  
道具です。

は、小割り  
の台（皿と  
ます。

質の部分が



へし屑



へし屑を積み重ねの透き間に詰める。





沸しをかける。

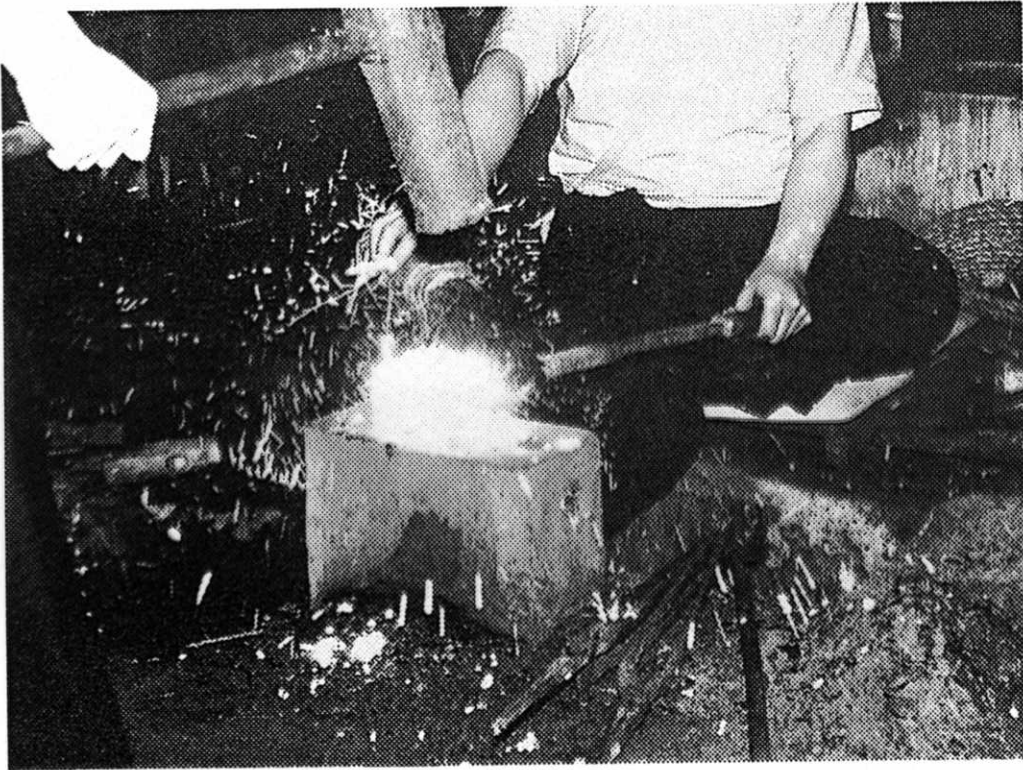
右する  
ありま  
さて、“  
には2  
錬”で、  
から、そ  
出して  
ば、た

⑧ 次に本沸し（はんわかし）へと移ります。本沸しでは取柄（とりえ）ふいて風を送り、沸きが盛んになるとテコ棒をうまく操作して、くるくると回して動かし、全体に火が通るようにして沸します。どき鋼をホドから出してみても、鋼の表面に付着したアクを払い、を付ける、この作業を繰り返すうちに鋼の鉾滓が抜けて底に溜まり精錬が立派におこなわれたこととなります。

⑨ 最後に仮鍛錬ともいうべきか、大槌でもって沸かされた鋼

き方で注意するくら鋼がなじんだ総体的に弱い叩き固め、鋼の充分注意を払っています。

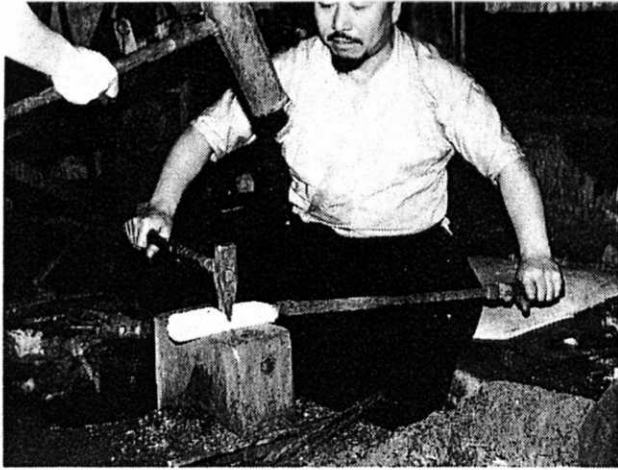
続いて大槌で叩になると鋼はかますので、そう砕けることはあ



沸かされた鋼を大槌で叩く。



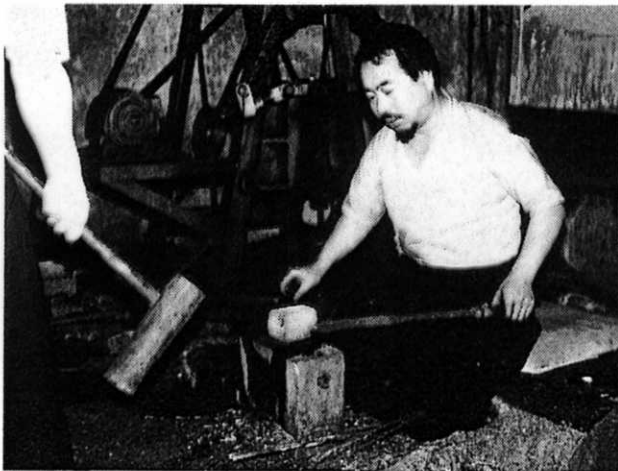
# 鍛錬



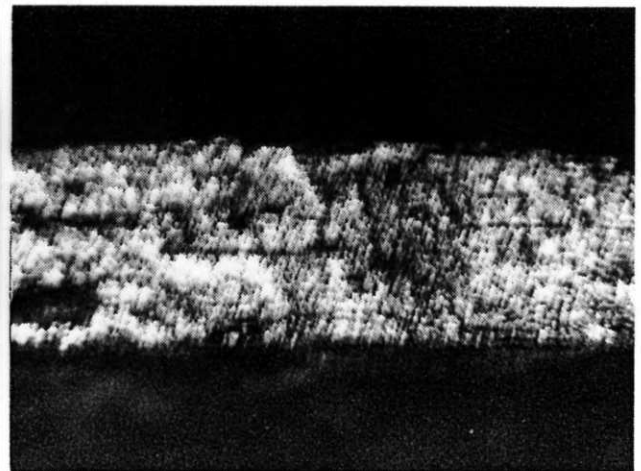
① 折り返しのため、タガネを入れる。



② 折り返される鋼。

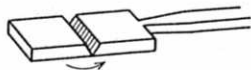


③ 折り返しされた鋼。



④ 折り返し鍛錬された鋼の断面。

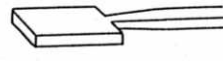
## 折り返し鍛錬



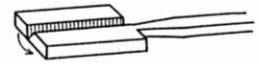
(a) 横にタガネを入れる。



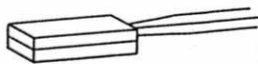
(b) 折り返す。



(c) 一枚に延ばす。



(d) 縦にタガネを入れる。



(e) 折り返す。



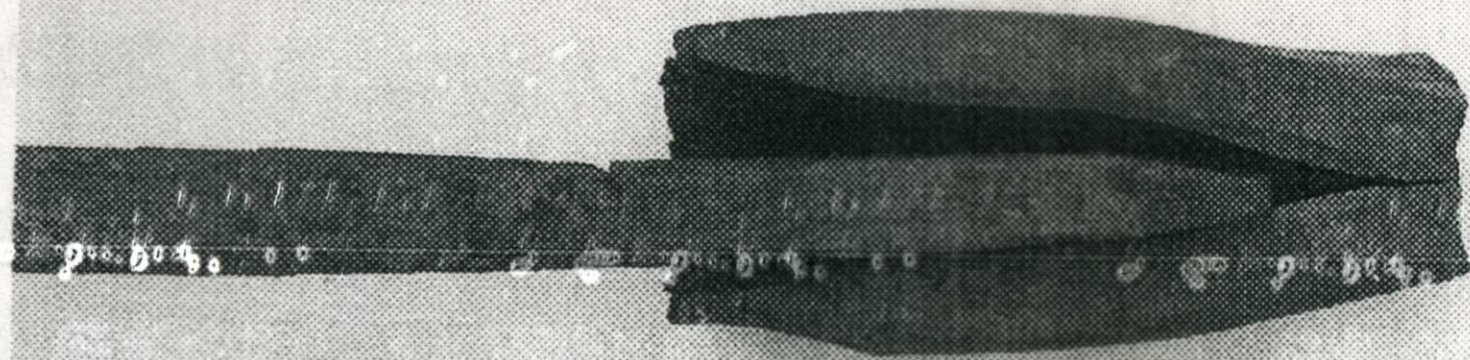
(f) 一枚に延ばす。



(g) 横にタガネを入れる。

## 十文字鍛え

が中  
に理  
錬用  
きる  
こと  
次に  
れま  
しお  
です  
折り  
どち  
スを  
粘土  
こと  
ほご  
す。  
れが  
した  
らい  
ら先  
れば



心鉄を皮鉄で包む。

心鉄を鍛える



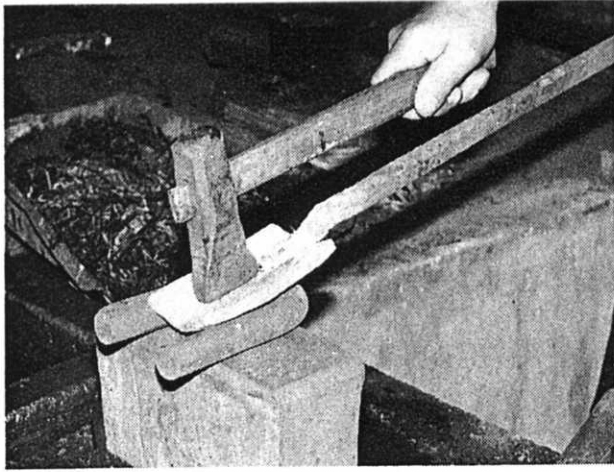
面仕上げ鉄  
3-29 (心刃鉄よりは  
軟らかい)

心地鉄  
(軟らかい)

心刃鉄  
(硬い)



# 造り込み



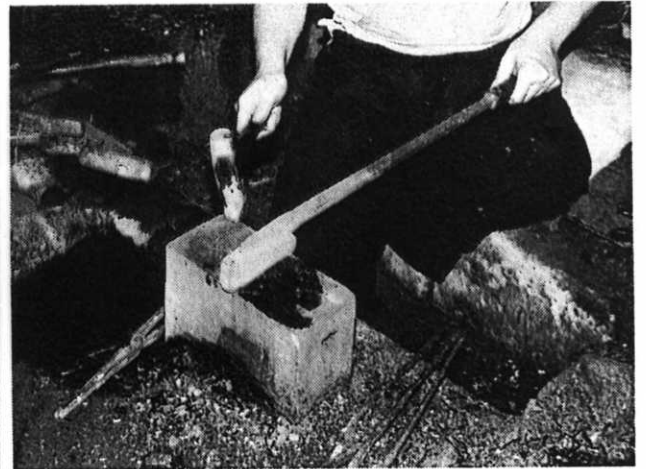
① あてびしとU字台を使って皮鉄を曲げる。



② 小槌を使ってさらに打ち曲げる。



③ 皮鉄(左)と心鉄(右)。



④ 皮鉄に心鉄を入れる。

造り込み(甲伏せ)の順序。

り上げようとするれば、長さ2尺3寸に、幅を1寸2分に仕上げようとするれば8分に、厚さは4分になるように打ち延ばします。延ばし方は、沸して一度にこの寸法にするのではなく、沸しては打ち延ばす、また沸しては打ち延ばすといったように回を重ねながら無理がかからないようにだんだんと少しずつ打ち延ばしま



素延べ

素延べ

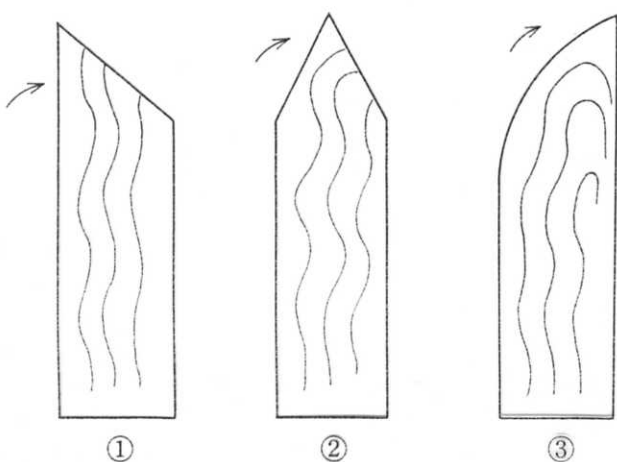
# 刃先の打ち出し



切先を造るため、先を切りとる。



切先を打ちだす。



① ② ③  
切先の打ちだしの順序。

す。あまり強く叩くと、疵の原因となるのに加え、心鉄が中で振れたり、ひどいときには心鉄が表面に露出してしまふことさえあります。

素延べには大槌と小槌が用いられ、金敷の上へ置かれ、横座の小槌で金敷の上を叩く音に指示されながら1名の先手によって延ばされます。またこの作業で泥汁は必要ありませんが、状況によってワラ灰を付けながらおこな

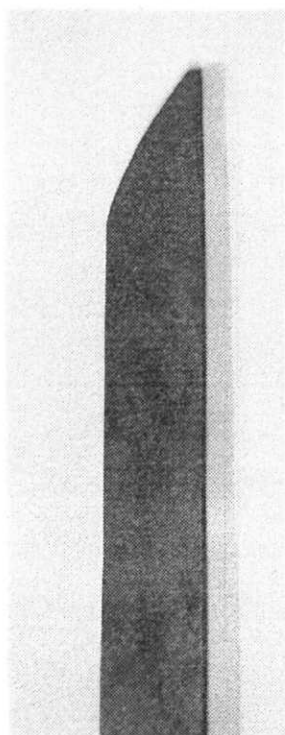
います。

## 切先の打ち出し

素延べが終わると切先（きっさき）の打ち出しに移りますが、打ち出すに先だって、素延べた先端、つまり切先となる部分を斜めに切り落とします。そしてここを加熱して小槌で叩いて切先を打ち出すわけですが、よく斜めに切った方を刃方にするという間違いをする人がいます。それは逆で切りとった方が棟になり、そのためには図に示したような工程で打ち出します。

それは切断面の方を刃方とすれば、鍛えた肌目が、切先の先端で途切れてしまうことになるからです。

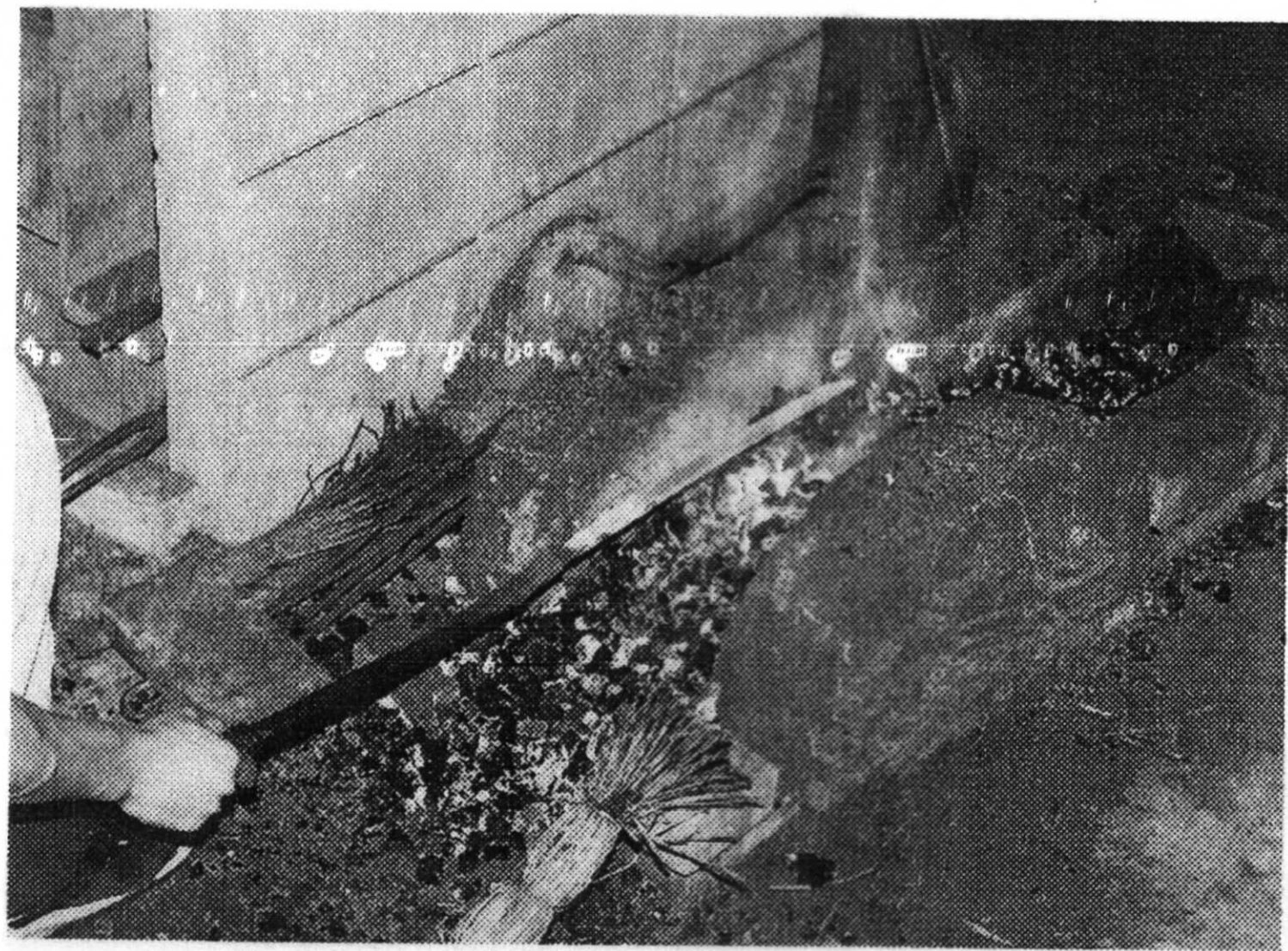
この切先の打ち出しは日本刀の姿をきめる基礎となり、たいへん



打ちだされた切先。

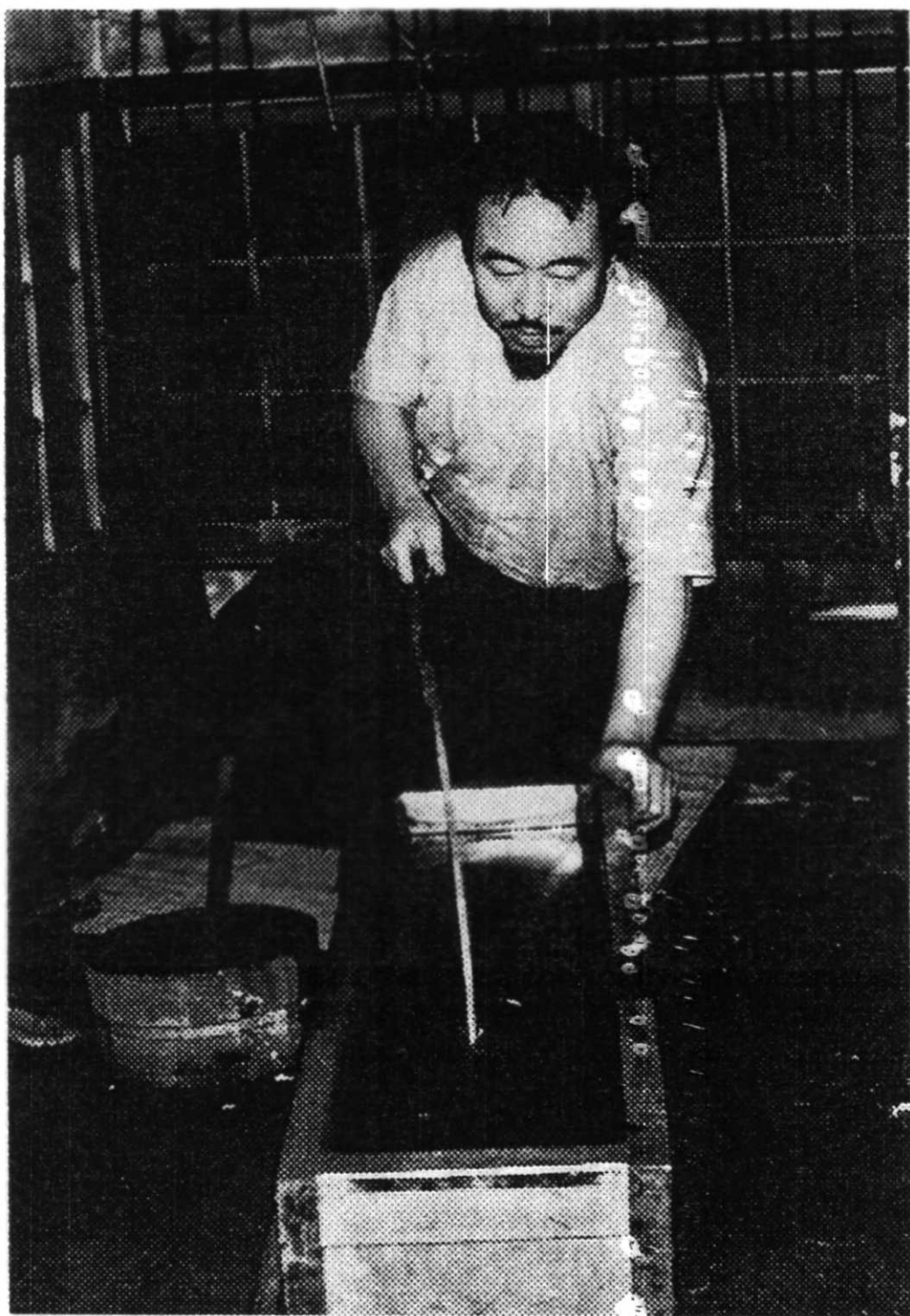


焼き入れの温度は、相州伝(そうしゅうでん)では火を強く、狐



合いをとる。

でん)では火が  
いわれていま  
なかなか難しい  
伝の沸出来の  
ん生じますか  
にえ)となるこ  
にみる、沸、小  
んだものとは  
古いものは低  
れたことも考



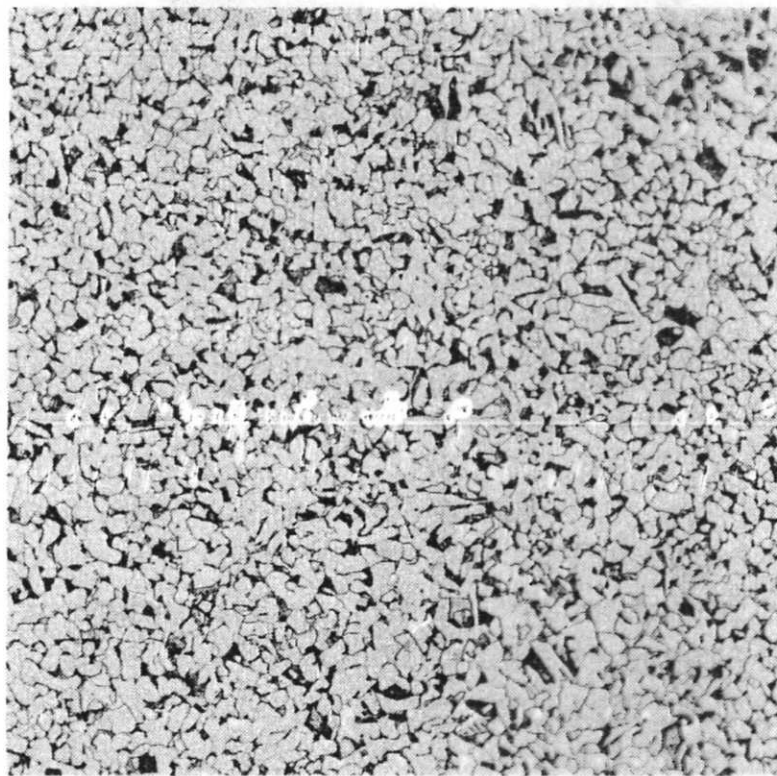
焼き入れ

焼き入  
が、そ  
あたっ  
調合の  
に至っ  
となっ  
場合に  
くは鞆  
赤めの  
身を引  
急冷し

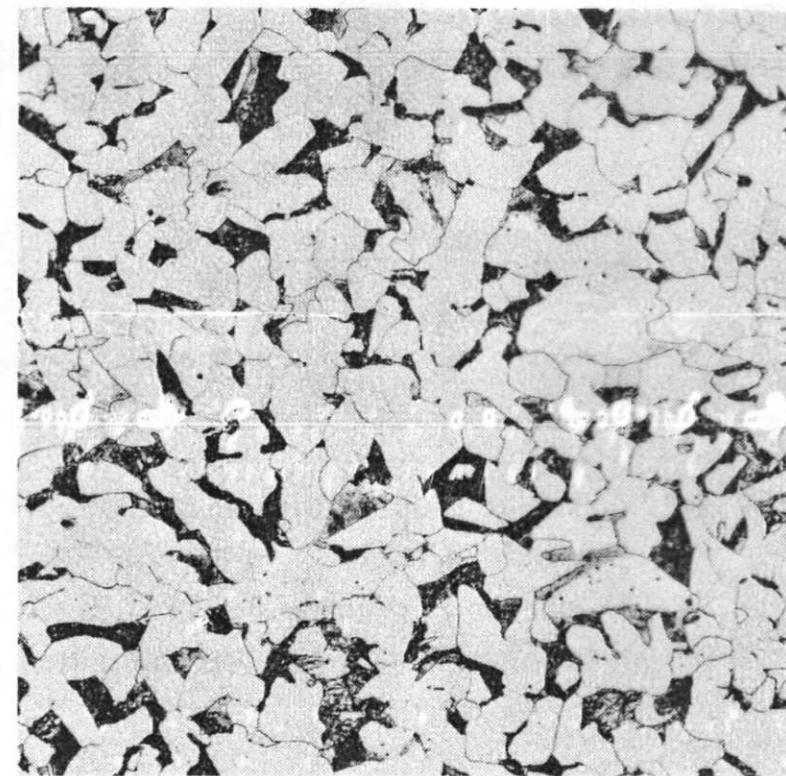
はた八七九〇一〇二〇三〇四〇五〇六〇七〇八〇九一〇一一一二一三

quenched from above the equilibrium transformation temperature to some temperature  $T_1$ , and another sample was quenched to a lower temperature  $T_2 < T_1$ , the sample transformed at a higher temperature  $T_1$  would have the coarser microstructure.

We also noted that a fast, continuous cooling rate allowed the transformation to occur at low temperatures and produced a finer microstructure than did a slow, continuous cool. This situation applies to the case of steels. Steels cooled slowly have a coarser microstructure than steels cooled rapidly (Fig. 9-13). Since the yield



(a) 急冷



慢冷 (b)

**FIG. 9-13** Microstructure of 0.2% carbon steel: (a) fast cooling rate, (b) slow cooling rate ( $150\times$ ). From *Physical Metallurgy for Engineers* by Donald S. Clark and Wilbur R. Varnev. ©1952 by Litton Educational Publishing, Inc. Reprinted by permission



parent phase) parallel to the component phases (i.e., parallel to rods and plates) simply because repeated nucleation of the two phases is not required in that condition.

Probably the most important example of a lamellar two-phase mixture is which is encountered in carbon steels. The iron-carbon phase diagram illustrated in Fig. 4-15 exhibits a very important eutectoid reaction at 723°C and at a carbon content of 0.8 weight percent carbon. When the FCC solid solution (called *austenite*) is slowly cooled below the eutectoid temperature (723°C), a two-phase

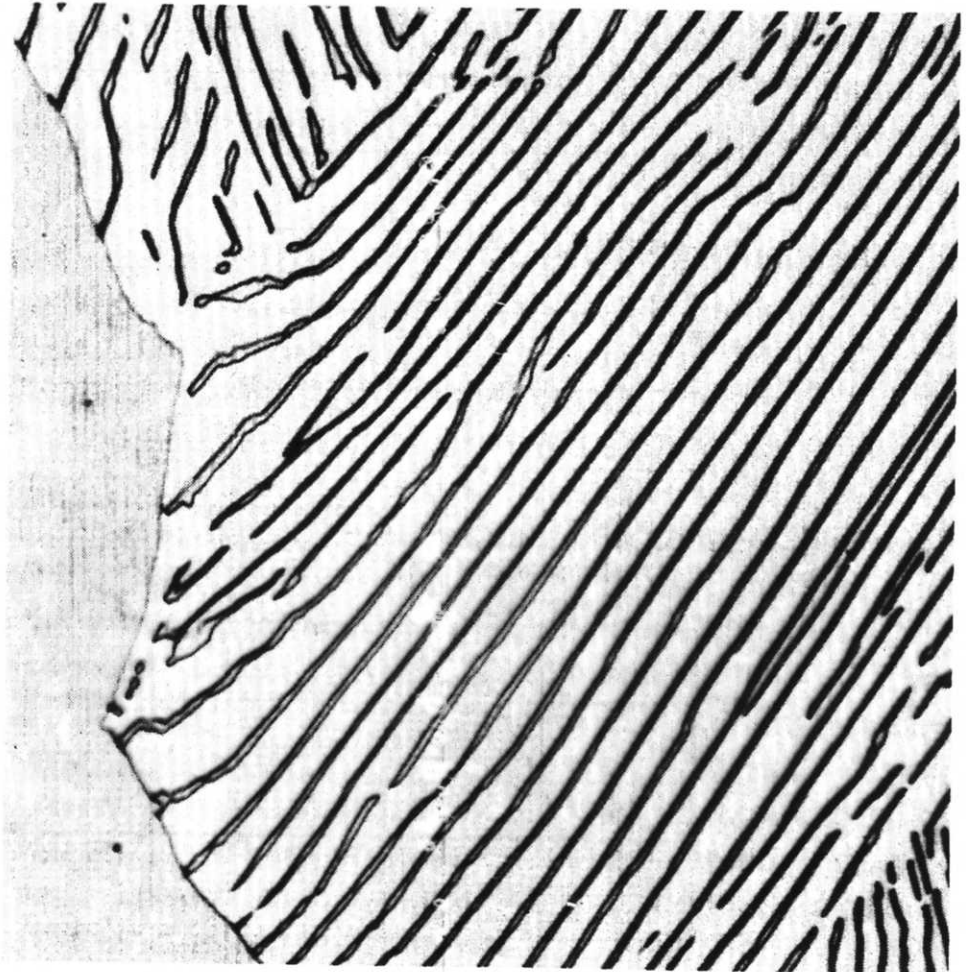
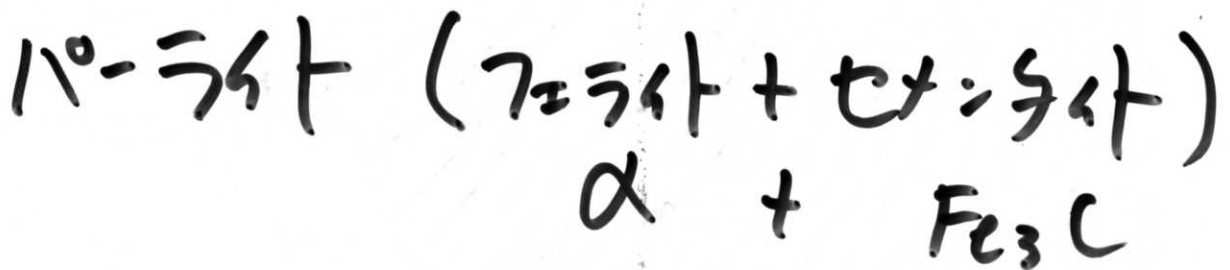


FIG. 4-16 Pearlite microstructure (1000 $\times$ ). Photo courtesy American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., from *Decomposition of Austenite by Diffusional Processes* by V. F. Zackay and H. I. Aaronson (eds.) ("Some Observations on the Growth of Pearlite" by L. S. Darken and R. M. Fisher) (1962). Used with permission





bon, hypoeutectic  
n small amounts  
naking operation  
tructural applica-  
th at low cost is  
tomobile fenders  
ng introduced by

rs are important:  
e phase diagram,  
rom the austenite

% carbon steel,  
 $T_{Eu}$ ?  
1 primary ferrite,  
perature (723°C)  
 $T_{Eu}$  is 23%. Just  
total %Fe<sub>3</sub>C =

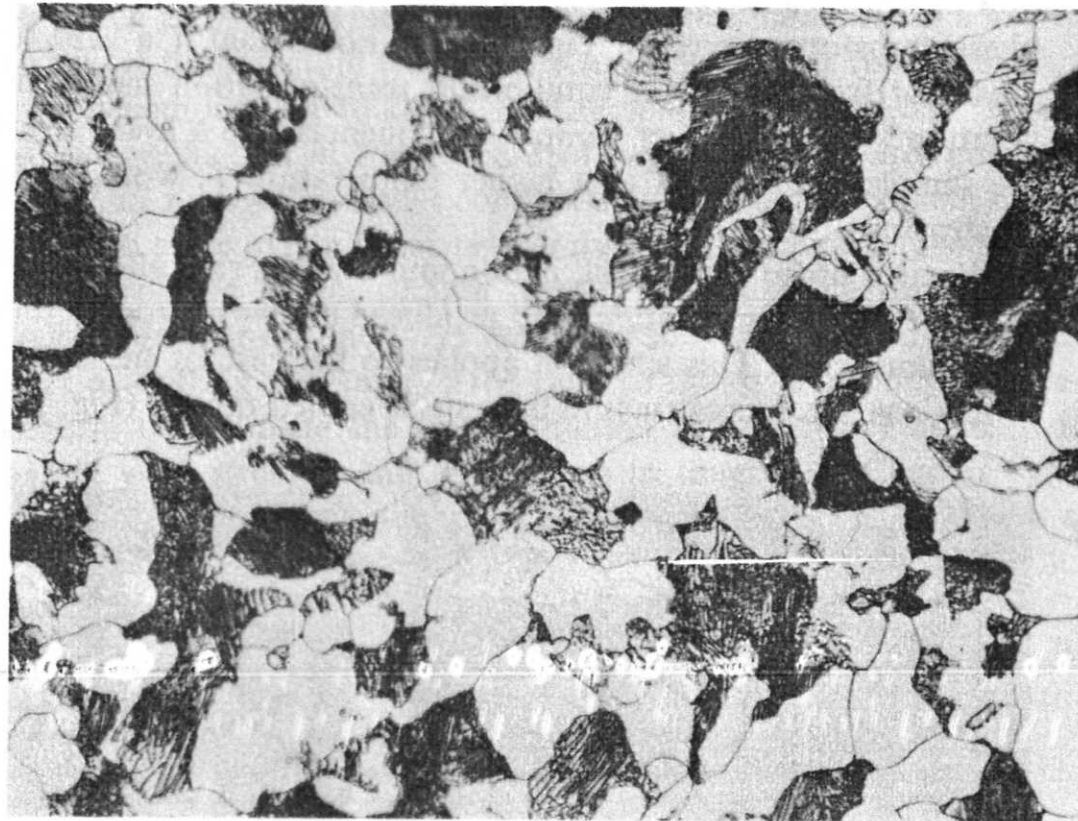
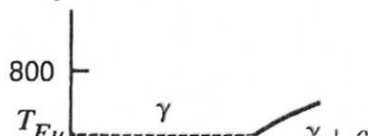
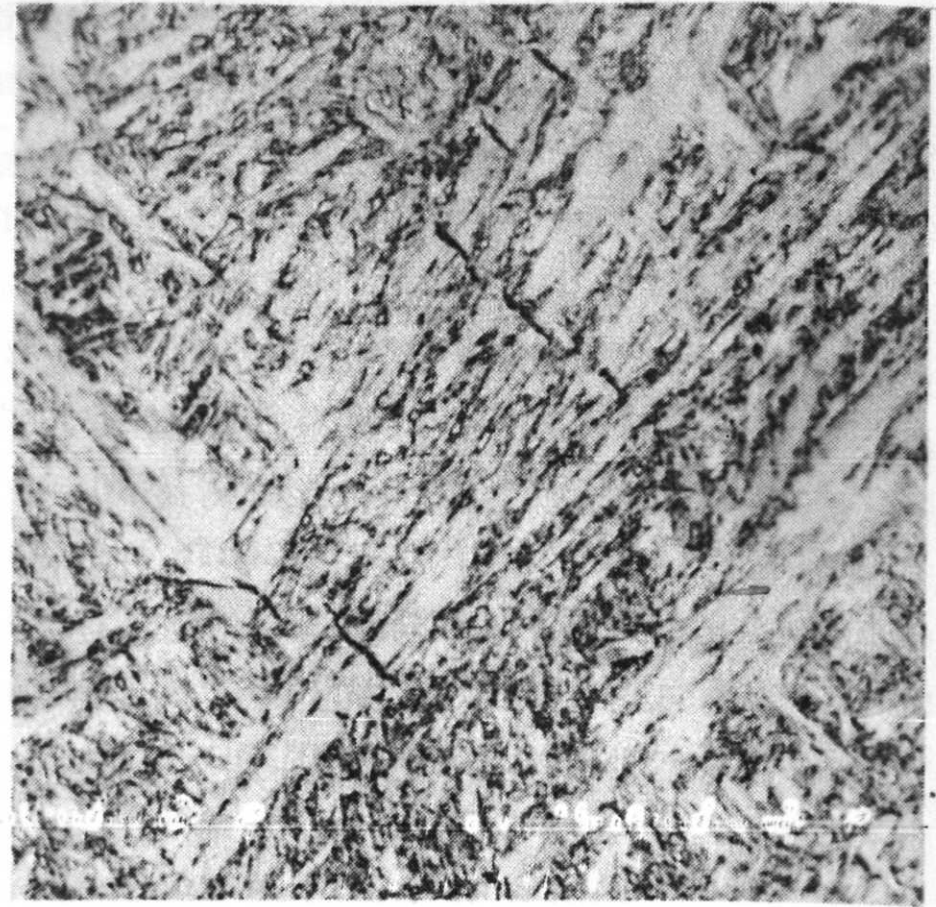
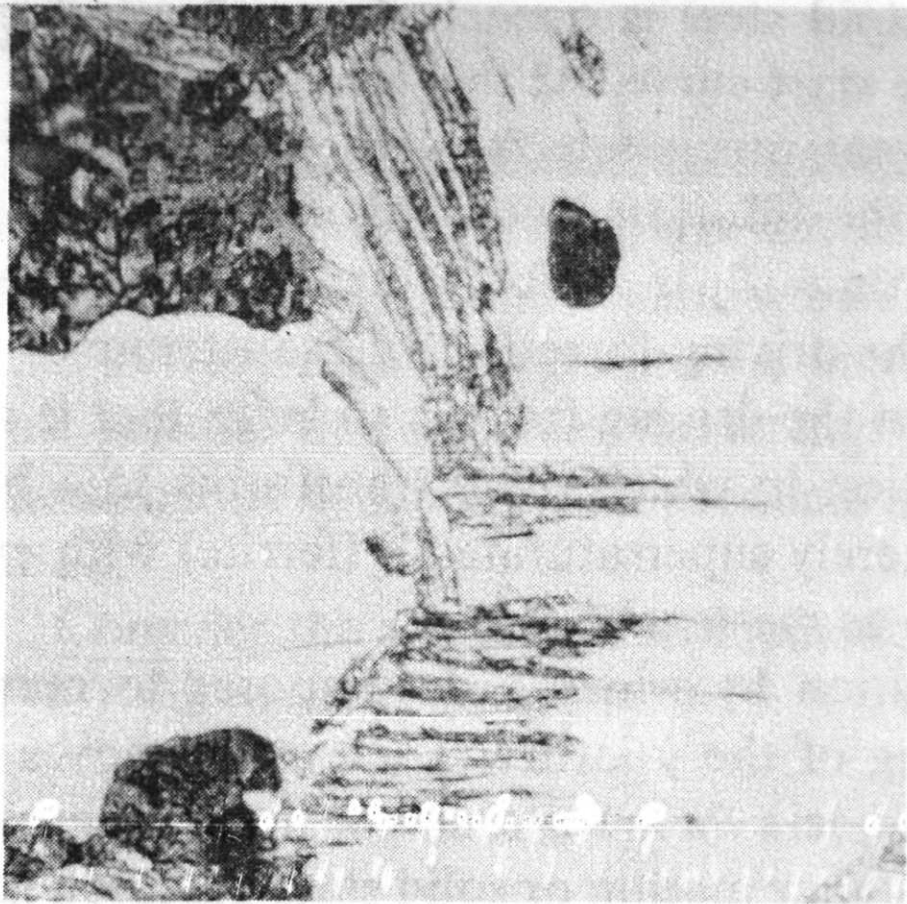


FIG. 9-11 The microstructure of a hypoeutectoid steel showing primary ferrite (white) and pearlite (600×). From *Physical Metallurgy for Engineers* by Donald S. Clark and Wilbur R. Varney © 1952 by Litton Educational Publishing, Inc. Reprinted by permission of Van Nostrand Reinhold Company.

723K と 10-5K 付近に於ける構造





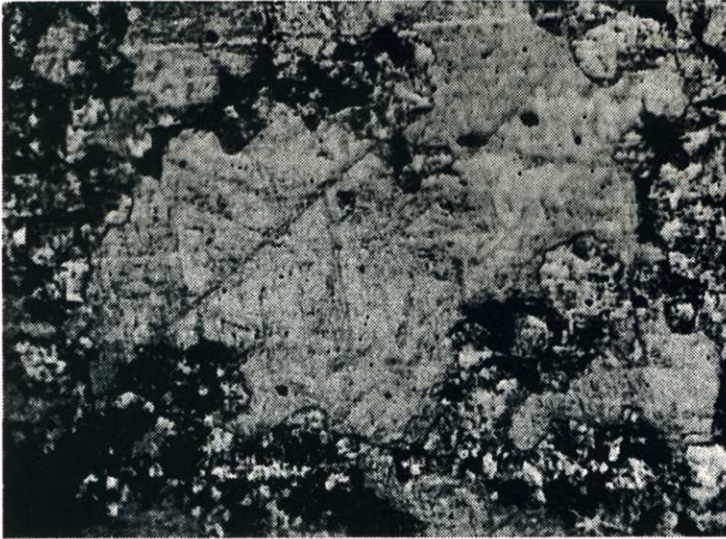
Bainite (75% + 25%  
(a) Fe<sub>3</sub>C + 55% α-Fe)

マ 117 (b) H S |

- 16 Micrographs of (a) bainite (1250×) and (b) martensite showing very fine microstructures produced by high cooling rates. From *Physical Metallurgy for Engineers* by Donald S. Clark and Wilbur R. Varney, ©1952 by Litton Educational Publishing, Inc. Reprinted by permission of Van Nostrand Reinhold Company.

fore be tempered before they can be reliably used. Tempering is a process designed

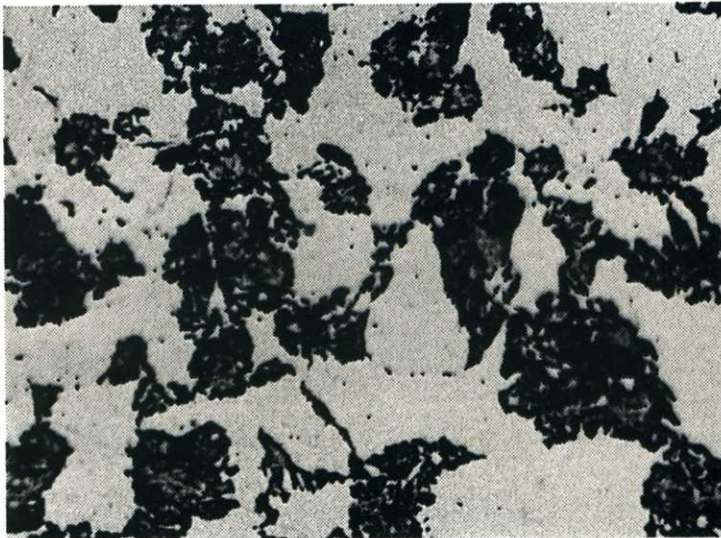




忠広の断面 (刃文部の組織).



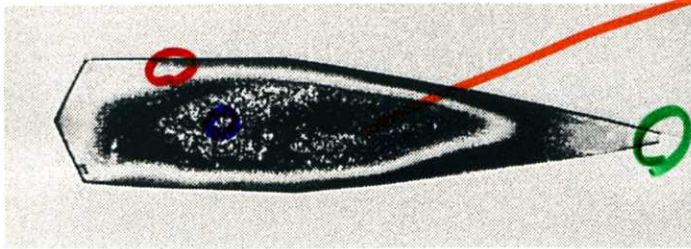
忠広の断面 (刃部の組織).



忠広の断面 (棟部の組織).



忠広の断面 (心部刃文部寄りの組織).



忠広の断面組織.

刃文部マイクロ組織：マルテンサイト+トルースタイト

刃部マイクロ組織：微細マルテンサイト

心部マイクロ組織：ソルバイト+フェライト (両方の組織が同量程度なの

で心鉄としては硬目の組織です.)

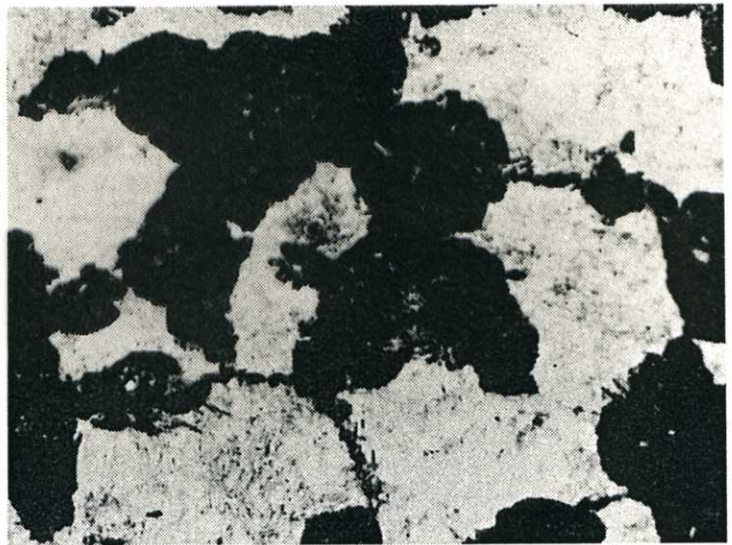
### 忠広のマイクロ組織

刀…銘；近江大掾藤原忠広 [おおみだいじょうふじわらただひろ，肥前国 (ひぜんのかくに) 江戸時代]

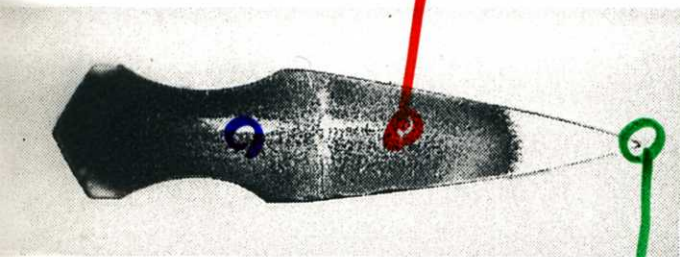




忠重の断面 (地部心部寄りの組織).



忠重の断面 (刃文部の組織).



忠重の断面組織.

頻りにかかり金筋かかる.

地部マイクロ組織：ソルバイト+フェライト

刃文部マイクロ組織：マルテンサイ



忠重の断面 (刃部の組織).