

たたら製鉄法復元について

On the Restoration of the Tatara Process—the Old Japanese Iron-making Process

中根 千富*・大蔵 明光*

Chifu NAKANE and Akimitsu OKURA

昨秋島根県飯石郡吉田村において日本鉄鋼協会は「たたら」製鉄法を復元した。現地において科学的調査を行なうため、第4部館研究室および中根研究室より延べ12名の者が参加したが、これはその見聞記である。

日本鉄鋼協会が「たたら」製鉄法を復元する計画の基礎を立てたのは、故雀部教授で、1967年春に委員会発足の予定であった。雀部教授が世を去ってのち1967年12月、工学部松下教授を委員長に復元計画委員会が発足した。

たたら製鉄法は粘土による炉体に木炭と砂鉄を装入し、吹子による送風で製鉄する方法である。日本古来の製鉄法であるが、明治になって洋式製鉄法が導入されてからは、その生産性ははるかに劣るために、最後まで操業を続けた中国地方でも明治30年代以降は中絶の状態になった。しかし第1次大戦を期に再び生産されるようになり、1918年には全国で約2万トンが生産されたとのことであるが、その後の不況によって再び廃絶された。

第2次大戦のときも島根県下で「靖国たたら」が復活したが、これも敗戦と共に停止された。

したがって、すでに20数年間これを実施したことがなく、今にして復元しなければ今後再び再現することは不可能と考えられていた。幸い高令ではあるが吉田村付近に村下(むらげ)〈技術者の長〉が数名存命しており、実際に作業が可能な健康状態であった。

日本鉄鋼協会、日本鉄鋼連盟および鋼材クラブの協力によって復元の大事業が計画されたが、予算は約3,000万円であった。その目的は正確な記録を取ることと併せて日本古来の製鉄法を解明することであった。記録にはカラーの映画を作製することと科学的な調査記録を得ることであった。

故雀部教授は復元委員会ができる以前に島根県下のたたら遺跡などを調査されており、1966年12月にははわれわれ2名に砂鉄の採取方法〈鉄穴流(かんなながし)〉と復元操業の候補地を出雲地方での調査を命じられた。

工学部松下教授が委員長になられたとき、大蔵は幹事の嘱にあり、大蔵が1968年カナダに留学した間、連絡掛りとして中根が幹事会に参加し、大蔵が帰国後は両名が参加するようになった。

われわれは全般的な総務の討議にも参加したが、研究小委員会において、松下小委員長の下で調査研究の計画を立案し、実施に当たっては両名が中心となって調査班

を編成した。

炉体を設置する場所は数度の変更があったが、現在重要文化財に指定されている菅谷高殿(すがやたかどの)〈吉田村にあって、現島根県知事の田部家が製鉄を行っていた建屋である〉からわずかに500m離れたところに定められた。建屋は約15m四方の鉄骨造りで、亜鉛引き鉄板で覆ってある。その外観は菅谷高殿に似せてある。

この中に炉体を構築するのであるが、約3m下の地下から排水が十分に行なわれるように、基礎から積み上げる。さらに炉体直下には木炭を縦におき、その両側に小舟と称するトンネルを構築し、一方に煙突をつけ、他方の口より木材を焚いて、周囲の土壌を乾燥する。この乾燥に長時間を要し、炉体下部の基礎作りに約100日を要したが、大部分はこの乾燥である。図1(p.9)に構造の1例を示す。

縦に並べた木炭の上に薪を置き、これに着火し、完全に灰化する前に長い生木(なまき)でこれをたたいて、つき固める。これを「灰すらし」というが、1回に薪を約1mの高さに積み、たたき終ったときの厚さは約5cmぐらいいで、総計で17回も行なったということである。こうして作業面の高さまで積上げるのであるが、古来の製鉄法ではすでにカーボン・スタンプの炉床を採用していたことになる。この基礎づくりには直接参加できなかったが、この火を得るには、木材に棒を錐のように揉んで得たということ、約2時間を要し、村下は疲労で体調を狂わせたということである。しかし製鉄の火は金屋子(かなやご)神から貰うものでなければならぬと固く信じていて、その時以来、試験終了まで火種を切らさないようにして、継続したのであった。

われわれ2名が最初に現地に赴いたのは、築炉に立会うことと送風機の検証のため、広島で行なわれた学会の帰途に寄った。

復元ということから、送風機は天秤吹子または水車による吹子でなければならないが、すでに吹子を製作できる者が現存しておらず、また材料の木材についても、吹子を操作する人達の人件費についても実施が困難で、電動モータに直結したファンを使用した。

* 東京大学生産技術研究所 第4部

吹子による送風は脈動送風であるが、ファンによれば一定の送風が行なわれる。この点について、脈動送風でなければ正常な作業ができないのではないかという意見もあったが、われわれは送風量を適宜加減して操業すれば可能であろうと考えてファンを採用した。

10月25日、火入れを行なった

前日の24日にすでに乾燥を終えた高さ約70cmの下炉(したろ)の部分に若干の補修を行ない、炭を入れて乾燥しておく。これに25日早朝、さらに約40cm炉壁を積上げ、準備は完了した。

神主の祝詞から始まって、村下などの玉串奉獻で火入れ式を終り、電動機のスイッチを入れた。

われわれ調査班は最初の1回目〈これを1代(ひとよ)という〉はできるだけ観察にとどめて、村下たちの動きに影響を与えないこと、2代(ふたよ)目からの調査項目を正しく把握すること、に重点を置いた。しかし一般の人々は、ことに報道関係は珍らしいこともあって、これを報道するため、村下の談話をとることなどによって、作業員たちの動きを妨害した。村下たちは都会の人達との接触が少なく、話をすると緊張し、一方仕事にも責任を強く感じており、われわれとしては高令であるし、血圧などの面で不測の事故が起こらねばよいかと心配であった。

送風系統では送風管と炉体の羽口の継ぎ目で漏風が多く、漏風を極度に嫌う現代の手法にくらべて奇妙な感じをうけた。村下は送風量を焰の高さで判定していた。また砂鉄は溶解しやすい赤目小鉄(あこめこがね)〈小鉄または粉鉄(こがね)と砂鉄を呼んでいる〉を初期に使用するが、これは磁鉄鉱より酸化が進んだ赤鉄鉱を比較的多く含んだものである。木炭は大きな塊りで装入されて、高炉生産で粒度がやかましいことになれているわれわれにはうなずけないものがあつた。

装入方法であるが、装入物の上面が炉壁付近まで降下したとき、まず装入物の上面を叩いて平らにする。これに使用する道具は幅約15cm、長さ約40cmの板に長い柄をつけたものである。このとき着火した木炭の平らな面は炉壁より若干下方になる。この上に先ず砂鉄を装入するがやはり木製のスコップを用いる。これは幅約30cm、長さ約40cm、厚さ約5mmの板に柄をつけたもので、表と裏の村下がそれぞれ炉の半分の範囲の砂鉄の装入を受持つ。1スコップの量は約3kgで熟練した村下たちはほとんどその量に変化がない。後にわれわれも装入を行なったが、1スコップの量がなかなか一定しなかった。

砂鉄は炉壁の長い面に沿って、幅約15cm、高さ約10cmで炉壁に平行して、約20cm壁より離れて装入される。このあと木炭を装入するのであるが、木炭も炉

内に一様に装入するのでなく、砂鉄の上に覆うように装入し、結果として、炉の長軸に沿って2本の山ができ、中心部には本炭が装入されない。この繰返しであるので、炉の長軸の中央部分は装入物がまばらになっている。吹子を使用した古来の手法では、風圧が十分に得られず、通風条件を良くするため、木炭を大塊で用い、炉の中央線上の装入を少くしたものと考えられる。

文献による予備知識では赤目小鉄(あこめこがね)を使用する籠(こも)りの期間は約1昼夜であったが、この操業では26日の夕刻まで、約32時間継続した。

炉体が十分に蓄熱し、スラグも排出されて、炉況が盛んになると、ほとんど磁鉄鉱である真砂小鉄(まさこがね)を装入する。このとき若干送風量を増加する。その後送風量を少しずつ増加し、装入間隔も約1時間から30分程度まで短縮された。

28日13時30分に吹止めた。直ちに炉を解体して、鉚(けら)を取出した。電動ファンでは鉚ができないのではないかといわれていたので実際に鉚が現れるまでは送風量の加減をしていたわれわれ一同は不安であった。

粘土の炉体は、上部は亀裂が入り、下部は浸蝕をうけて、これ以上操業することはほとんど不可能のようであった。

水鋼(みずはがね)にする予定であったので、約2トンの鉄塊を建屋外に引出し、戸外に作った水溜の中に落とし込んだが、鉚出しを見ている人々から、期せずして喚声が上がった。

次の操業のため築炉にかかるのであるが、炉の解体時に炉内に残留した木炭を取っておき、まずこれを灰すらしの要領で打込む。もちろん炉床にあたる部分の灰の中のスラグ、メタルなどを取除き、周囲を整理してから仕事にかかる。この木炭を打込んだ上に薪をのせて、灰すらしを2~3回行なって、作業面まで積み上げることは前回と同様である。

われわれは2代目(ふたよめ)から積極的に調査することにしてしたが、1代(ひとよ)の間に、たとえばスラグの秤量などをわれわれ自身で行なったこと、電動ファンでも鉚ができたこと、3交代を行なって常時作業員と接触したことなどによって作業員との関係が良くなっていたので、炉壁に温度計を埋めこむこと、温度測定、炉壁の厚さの測定、ガス分析などを実施することについて、村下たちの了解を得ることが容易であった。

羽口孔をのぞき、手ほど(L型の鉄棒で長さ約60cm、1端が約15cm位直角に曲っていて、羽口の詰りを突く道具である)を取扱うことなどは、以前は村下のみが行なうことで、他の者は手も触れることができなかったということであるが、この点も自由に取扱うことができ

た。また炉壁温度は長軸に沿った両側の壁にそれぞれ6点、計12点を測定することとし、自動記録計2台でこれを記録した。打点式の記録計は現地の人々にははなはだ珍しいもののものであったが、ガス分析はオルザットを用い、その他にポータブル温度計を持込んだので、村下たちとしては、一体何事が始まるのか、という奇異の念を持ったことであろう。

作業は2名の村下によって遂行されるが、炭の装入には作業員が付属している。表(おもて)村下の堀江さんは伝統を忠実に履行するタイプであり、裏(うら)村下の本間さんは伝統を若い人達に伝え、またファンによる送風を大いに利用しようとする進歩的なタイプであった。この表裏とは炉を2分して、鉤を引出す方を表としており、表村下は総指揮である。われわれは作業のじゃまにならないように、測定器具、採取したサンプルなどを置く場所を自然に裏の方に決めたので、裏村下と話す機会が多かった。

2代は30日に下炉を構築し、31日に火入れを行なった。熱電対を埋込む位置に針金を差込んで、31日に熱電対を装着した。このとき同時に1代で得られた鉤塊を分塊しようとしたが、人力でも、また間に合せで取寄せた酸アセチレン焰によっても不可能であった。

2代目は総じて送風量が多く、籠りの期間も前回より短かく、上(のぼり)く真砂小鉄を装入する時期)に早く入った。見学者は大部分が前回に集中し、むしろ静かで、作業は順調であり、村下たちもこのころからは楽に談笑するようになった。われわれの方も村下の話をいろいろ聞く機会が得られて、細かいところを知ることができたし、昔の製鉄に関する話なども聞くことができた。

作業に使用する道具であるが、木の部分が多く、手作りのものが多い。高温のスラグの片付けなどに木製の鋏状のものを用いるが、重量が軽いので作業性が良く、熱に強い鋼板製をすぐ考えるが、木製でも少々焦げる程度で、水に漬ければ繰返えし使用できる。昔は鉄が貴重品であったので生木(なまき)を多く用いたのであろうが、われわれには巧みに木製の道具を使用しているように思われた。

村下は特製の下駄を用いる。もちろん手作りで、厚さ約5cm程の板で、裏側がくりぬいてあって鼻緒がすげである。これは高温のスラグ、木炭などを踏む危険に備えたものであろう。

11月3日10時25分に吹止める。鉤塊の姿が良く、取出すのに手間がかからなかった。前回は炉床面の方に瘤が張り出し、コロを用いて引出すのに不便であったが、2代目は炉床の条件が良好であったので、すんなりした形をしており、今回は自然冷却を行なった。

直ちに炉床の修復にかかり、前にのべた灰すらしの準備に取りかかった。今回は休電日の関係でよゆうがなく、4日に下炉を積み、5日に火入れを行なった。村下たちも経験を十分思い出し、われわれも作業になれて、すべてが順調に行なわれた。

3代(みよ)目は一番風量が少なく、常に一定量の送風を行なったが、炉内に入る風量は、炉壁の損傷で羽口径が増大し、自然に多くなった。2代目はむしろ本間村下の説で風量をおおめにしたが、3代目は堀江村下の主張で風を押さえたのであった。

この期間に大蔵が出滓孔を取扱っていたとき、偶然に砂鉄が流下して来るのに遭遇した。付近にいたわれわれも流下する砂鉄を目撃し、円錐状になったのを確認した。このことは砂鉄を装入すると間もなくスラグが流出して来ることと一致しており、装入時の湿分が炉内の熱で乾燥すると砂鉄のある部分は炉床へ流下するものと思われる。また木炭の水平に近い部分に乗った砂鉄は、そのまま木炭と共に降下しながら焼結作用を受け、さらに還元され、吸炭するものと思われる。

こう考えてくると、鉤塊の上面に早く落下した砂鉄が十分熱せられたところに、還元され吸炭した砂鉄が溶解して落下し、鉤塊の上でベツセマライジング反応が起る可能性があり、脱炭された溶銑と還元した砂鉄が混合して、炭素含量の低い溶体を形成し、冷却するに従って鉤塊を発達させて行くようにも考えられる。しかし炉内はこの他にも種々の還元プロセス、反応などが起る可能性があり、主たる炉内反応がどのように進行するかは、今後のデータの解析にまたねばならない。

作業はこれまでの反復であって、順調に経過し、無事に8日8時30分に吹止めた。

前々からこの時刻に停電が行なわれることになっていたので、最終回であり炉の構築は必要なく、最後の装入を6時頃とし、あとは送風を続け、なるべく炉内の木炭を消費するようにした。この6時以降に炉内の一部分に定期的に砂鉄を装入し、どのような状態のサンプルが得られるかを試みた。前回までに還元の途中と思われるサンプルが得られているが、特に作意をもって得られたサンプルと比較しながら、分析、顕微鏡検査などを行なう予定である。

3週間の実験期間中を通して現地に居たものは、われわれ2名の他に九州大学工学部坂田助手、生研辻技官の2名であった。富士製鉄広畑製鉄所の有野、奈良の両氏、日立金属の佐藤氏をはじめとして、工学部や生研の諸君は長くて2週間、大体は1週間で交代した。

2名ずつの3交代を取り、それにわれわれ2名がフリーで加わって、丙番にあたる深夜を除けば、常時3~4名のものが現場にいたわけである。

一方村下たちは建屋内に仮設してある板敷の上で仮眠をとり、木炭の装入およびスラグの片付けなどを行なう作業員は3交代制であった。高令の村下たちの健康は1代目の緊張がやわらぐにつれてむしろ良好となり、全期間を元気に過ごしたのであった。

委員長の松下教授は2代目に來られて陣頭指揮を取られ、九州大学の八木教授も2代目の途中から最後まで居られて、いろいろ指導していただいた。

日本鉄鋼協会の植木部長をはじめとして協会の方々による生活環境の確保、資材調達などのことに多大の御苦労があったこと、また建設から現地でいろいろ苦労をされた吉田村の関係者の方々、これらの方々の協力なしにはこの調査も十分に行なわれなかったものと思われる。

この紙面を借りて厚く感謝する次第である。

(1969年12月24日受理)

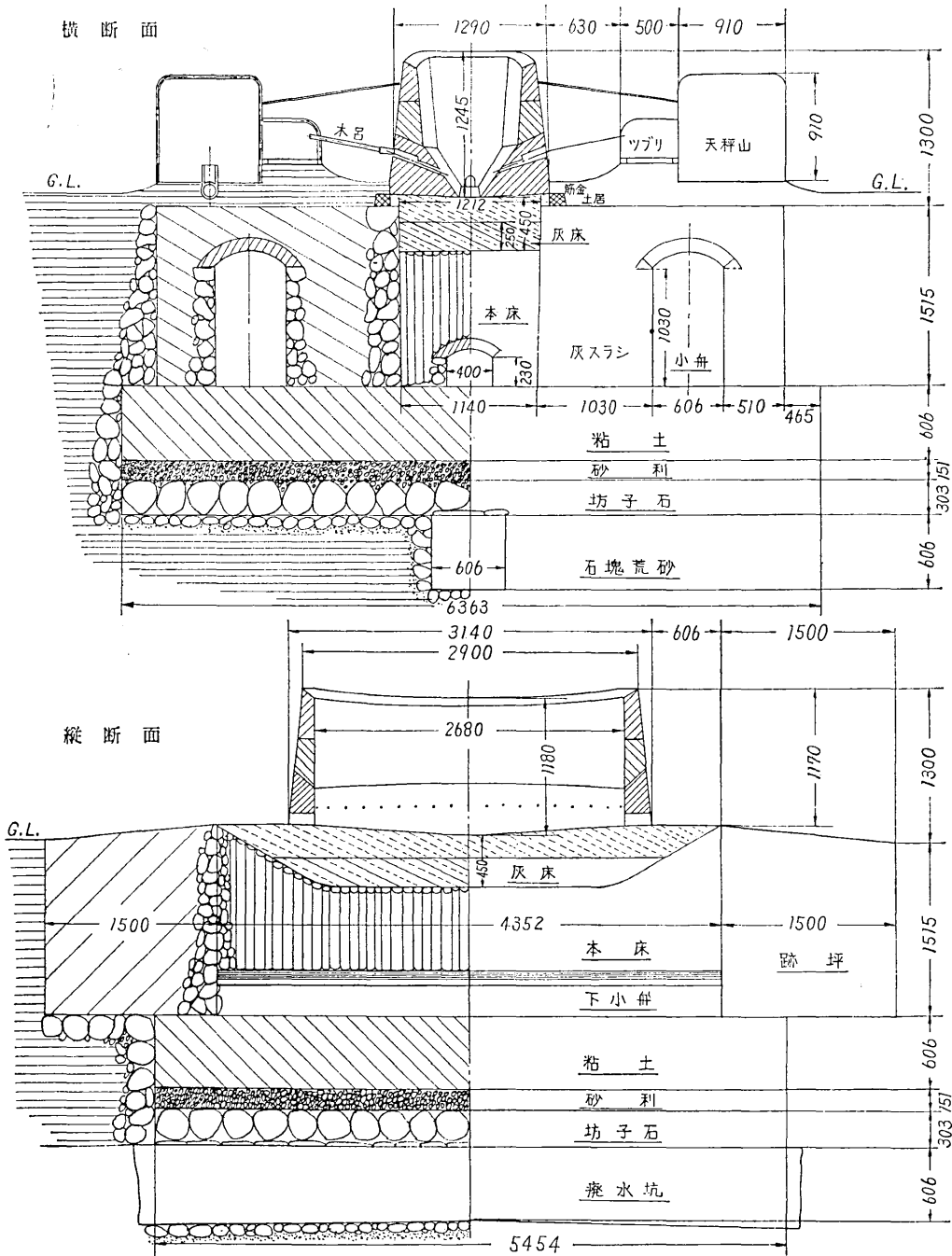
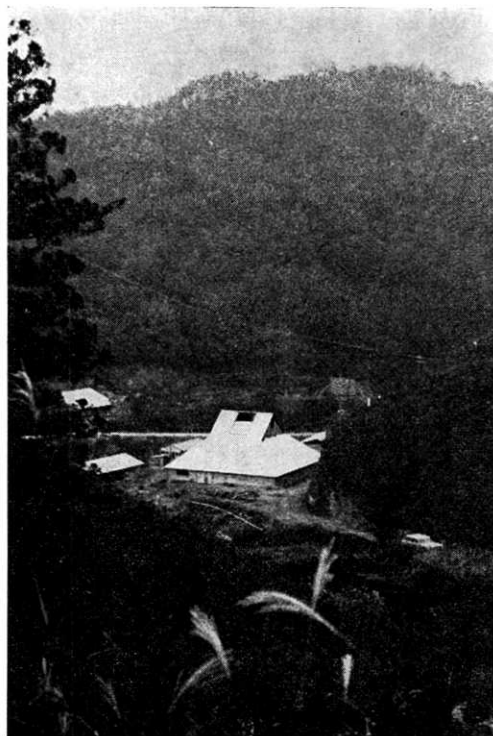


図1 たたら炉基礎

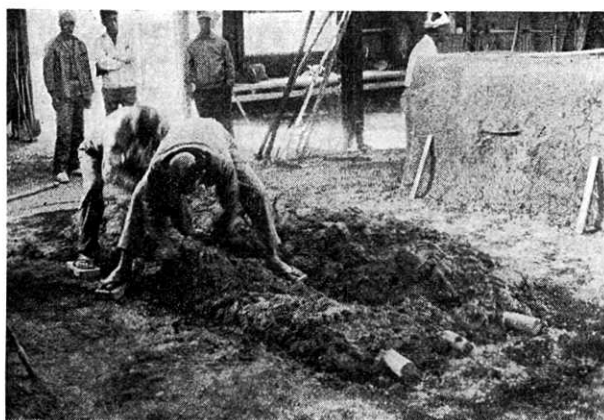


← 1. 裏山より見た「たたら」の建屋



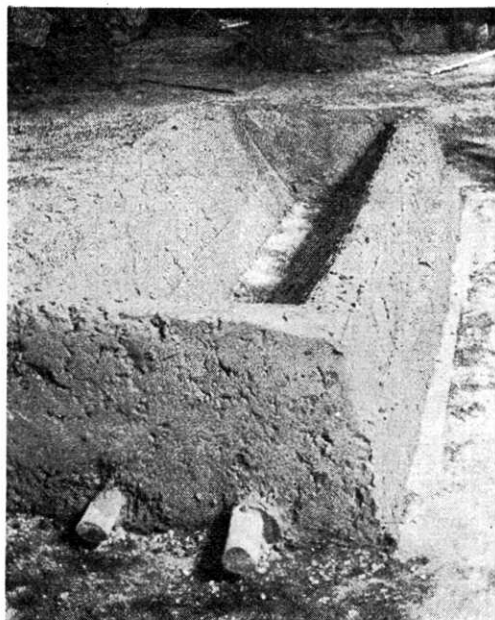
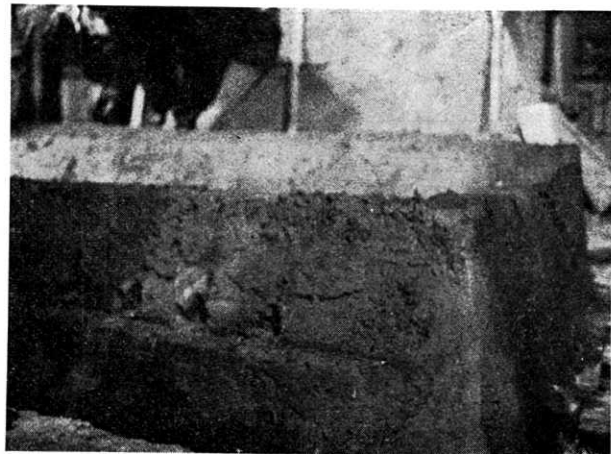
2. 火を得る方法 →

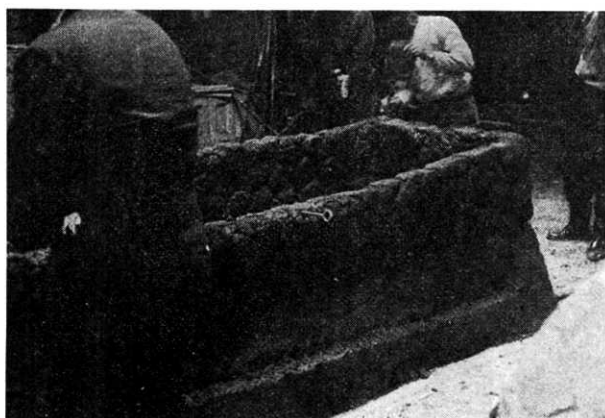
3. 炉床に粘土を積む. 本間村下 (手前) と 堀江村下 (後方) →



4. 炉底部の出来上り, 手前の丸太は出滓孔になる場所 →

↓ 5. 送風羽口の孔が炉壁に見える





↑ 6. 下炉(したろ)部分のでき上り



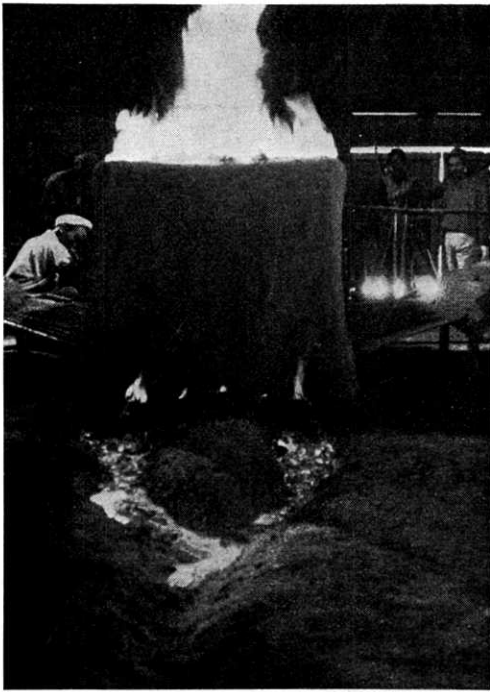
7 と 8. 下炉の乾燥 →



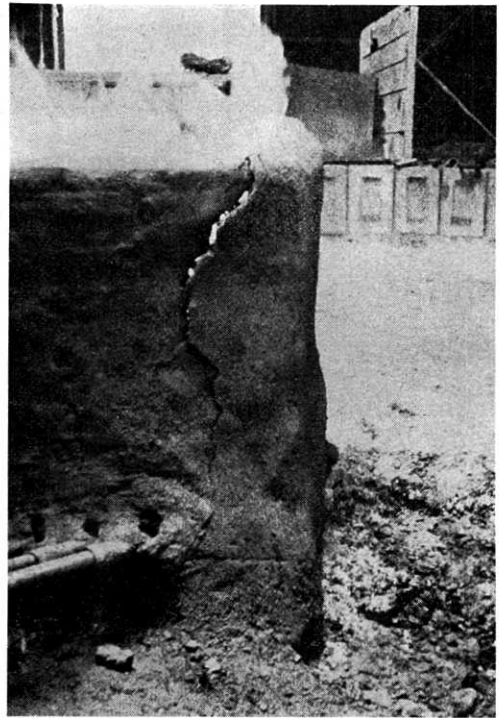
← 10. 籠(こも)りのころで出滓は中央の孔から行なっている

↓ 9. 火入れ直後の頃





↑ 11. 上(のぼり)りのところで中央の孔を止め
両側の孔より出滓する

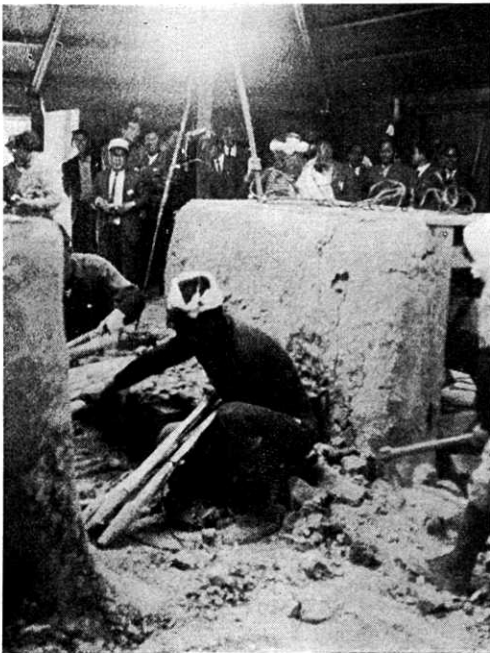


↑ 12. 吹止め直前

14. 中央部の木炭の下に鉤がある →



↓ 13. 炉の解体



↓ 15. 2代目の鉤塊, 左後方に1代目の鉤が見える

