



ふいごと古代製鉄の話

大 西 巖*

銅が先か鉄が先か

鉄より先に銅が造られ、やがて青銅時代を経て鉄器の時代が出現したと考えられているが、その根拠は単に器具の出土であり、鉄には銅、青銅に匹敵する時代の出土品がないためである。鉄は腐り易くて形が消えると言ってみても、それなら鉄器の形が酸化鉄として残っていてもよい筈だとやりこめられるのがおちである。しかしその製造技術を人類が利用し得た火の温度からみると、鉄の方が容易に造り得られた筈である。

鉄は700°Cを超えると鉱石から海綿状として分離するから、これらを叩き合せるとよい。銅を酸化銅系から求めるには少くとも、1,100°Cの高温が必要である。(鑄造金属となる必要な温度の関係から、鉄よりも銅の方が容易なのは当たり前で、これは問題外である。)このように、銅先行か鉄先行かは推定に過ぎず、それ以上の決定的根拠は薄い。

日本への金属の渡来は大陸、半島からであるが、日本年史表では弥生時代からの記録しかない。すなわちB.C 200年頃(中国の秦、前漢の時代)鉄製の農、工具などが入り、B.C 100年(中国は前漢、半島は高句麗)青銅器が伝来し、周知の如く近畿地方に銅鐸文化圏、九州中心に銅劍、銅鐸などの銅利器文化圏を形成している。しかし過般、島根県佐陀本郷の山林から約2,000年前の銅鐸、銅劍が同時に発掘されているし、神戸桜ヶ丘遺跡その他の例もあり、今後は異種祭器併用説の方が強力となる感がある。あれもこれもが霞の中に模糊としている。霧に包まれているのは邪馬台国だけではないようだ。ここでは、テレビのC.Mできいたような

言葉だが、「銅でも鉄でも古いのだ」と言っておこう。

高い温度をどうして得たか

火の起源は火山の溶岩、樹木の摩擦発火、岩石の衝撃による発火など種々の説がある。何れにしても人類が相当古くから火を利用していたことは明確な事実である。燃料は馬糞であり、草であり、木材であっただろう。石炭、ガス、油、原子力などは後の世のことであり、お話にならない。

いま製鉄の起源を仮りに次の如く考えよう。岩窟内の壁際で木材を燃やして暖をとり続けていたところ、壁岩から偶然鉄が出来たとする。この時の温度は800°C前後に過ぎない。これが鉄が銅に先行したと考える人達の根拠であろう。さて火の温度をあげるにはどうするか。炭火に酸素をもっと送ればよい。残念ながらラボアジェらはその頃まだ生れていなかったので、空気を多量に送るしかない。経験によってそれを教えられても、能率よく多量の空気を送るには道具が要る。火吹竹や団扇では弱い。エヤコンプレッサなどは夢にも出てこなかったであろう。

当時の劃期的な発明は^{ふいご}鞴であった。送風器の利用によって1,000°Cを超える温度が得られ、条件がよければ1,200~1,300°Cにも達したと思われる。この高温は冶金技術だけではなく、諸々の生活文化を向上させたのである。現在ではアークを冷ガスで絞る、プラズマの状態として数万度を得ており、超高温と称されるものでは百万度を超えて千万度の域に達している。低温側は僅か-273°Cぐらいいで底をついているのに高い方には限度がないように見える。上昇だけを許すのでは不公平だと神様に文句を言う気持ちはさらさない。上って困るのは物価の方だから。

* 大西 巖 (IWAO OONISHI), 鉄鋼短期大学溶接構造工学科, 教授, (大阪大学名誉教授), 工学博士, 溶接工学

ふいごとその機構のあらまし

鞴の古名はふきかわ、はぶきなどであり、今でも溶鉱炉の送風口を羽口と称している。日本書紀には鹿皮を丸剥ぎにして天羽鞴を造ったとの記事がある。鞴の起源は金属器特に鉄器の出現とは密接な関係がある。世界最古の鞴はエジプト王トトメス3世（在位B. C1, 490~1, 436）の墓標に記された皮袋形の鞴とされている。古代バビロンや中国では風を支配することは天神の重要な属性と考えられており、そのため鞴を用いて風を利用し、金属の製錬、加工などを行う人々は尊敬と恐怖の目で見られていたことであろう。

さて、鞴の送風機構をなどと今更しゃちこ張る必要もないが、その頃これを開発した人々の功績は大きい。この人達に敬意を表す意味でここに図示しておこう。図1は皮製踏鞴、図2、図3は箱鞴、図4は天秤鞴を示す。

天秤鞴は元禄4年（1, 691）に出現したもの

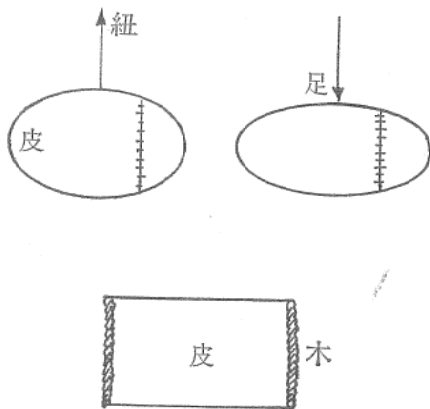


図1 皮鞴（下は手風琴形、弁にはそれぞれの工夫あり）

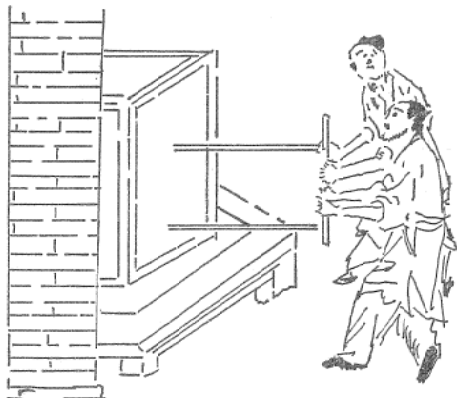


図3 箱鞴（はこふいご）平凡社、世界大百科事典

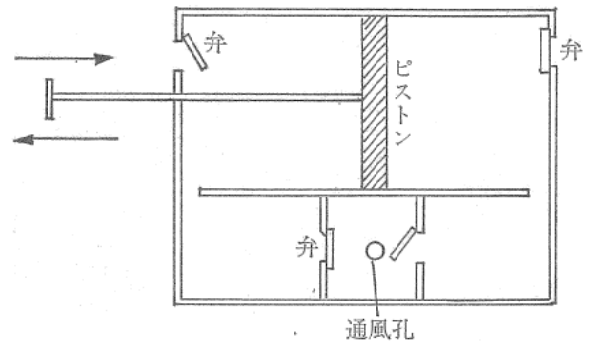


図2 箱鞴（弁はピストン右方へ移動中の状態）

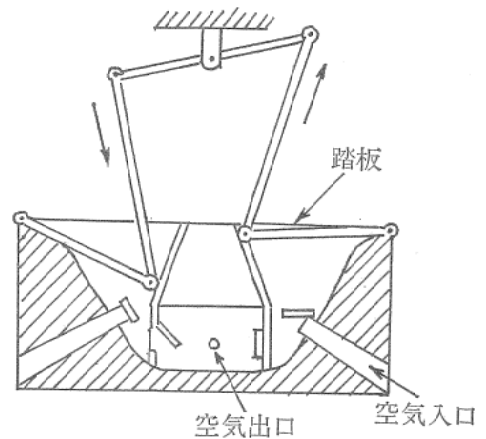


図4 天秤鞴（てんびんふいご）

であり、それまでは箱鞴（差しふいご）であった。箱鞴は4個の弁を具え、図2から明らかな如く複動式作用を行う。またピストン外周には狸の毛皮を貼りつけて気密を保ったとある。天秤鞴も国示する如く4弁の複動式である。天明4年（1, 784）の伯州の下原重仲著「鉄山秘書」には炉の両側へ箱鞴を1~2基設置した図が示されている。図5は鞴の取付方の1例を示す。図6は6名による袋鞴であり、右手に送風を司るポーズらしき者の姿が見える。

皮袋形鞴はインド、アフリカ、シベリア、中

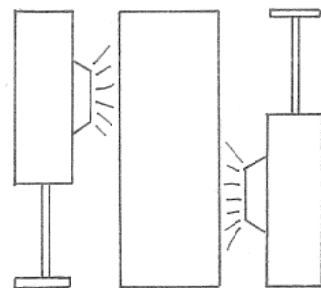


図5 鞴の取付方一例（鉄山秘書）

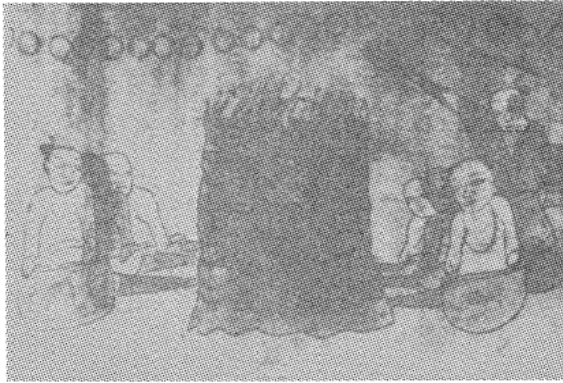


図6 多人数式鞴（平凡社，世界大百科事典）

中央アジアの遊牧民などに使用され、東南アジア、マダカスカル地方には竹筒ピストン式が、扇の原理を用いたものは古フィン族、トルキスタン諸族などに使用されていたようである。鞴の動力は人力（手または足）であったが、やがて家畜、水車などを利用するようになった。出雲のたたらで送風に水車動力が使われるようになったのは明治も20年代に入ってからのことである。

たたらについて

土俵上で力士が踏むのは四股踏みである。走って来た人が急にとまった時に、とんとんと2～3歩踏むのがたたらである。歌舞伎の舞台では醇濃美化されたたたら踏みが見られる。

冶金、鑄造などに必須な鞴を日本の古語でたたらと称していたと書かれている文献もあり、またその事実もあったらしいが、ここではたたらは足踏みの送風器（踏鞴）としておこう。しかし、これを使用して砂鉄から鉄を造る製鉄法も、さらに製鉄の設備、建物（高殿）全体を指すこともあった。またたら作業に従事する全員をたたら師と呼んでおり、たたら師の中では送風の調整を司る役がもっとも重視されたようである。

たたらの語源には種々の説があり、その何れにも根拠があるらしい。叩きありの訛り、踏みとどろかすの意、風を溜めて吹く、吹子の出す風音、新羅の方言などである。また製鉄文化の発祥地と言われる中央アジアのヒツタイト族が流浪し、製鉄技術をトルコ人、ダッタン人などへ伝えたようで、タタールはダッタンの別名であり、鉄冶金をタタール（タタラ）と呼ぶとの

説もある。

わが国で、鉄に関するもっとも古い記事のあるのは古事記、日本書紀であるが、その天安河の河原の製鉄ではたたらは現れない。たたらの現れるのは神武天皇の頃であり、天皇の妃、ひめたたらいすげよりひめ媛多多良伊須氣依媛は国津神（出雲系の生産を司る神）の出身である。西暦700年代に皇妃の称号にする程であるから、当時のインテリ間にはこの方法が新鋭製鉄法として知られていたのではなかろうかとの推察である。

多多良のあて字については柳田国男氏の「地名考説」を見よう。すなわち、山中のかな屋が残した地名には多多良、多々羅、金子屋敷などがあり、彼らは木材を追って、あるいはその他の事情で移動したため、たたらにゆかりのある地名が全国に広く分布して行くことになる。また、たたらという言葉と金屋技術が半島経由と考えられる資料として欽明天皇の時、任那から来朝して良公たたらのみみなる姓を賜った事実がある。

製鉄技術変遷のあらまし

たたら製鉄について述べる前に、製鉄の技術的変遷のあらましと中国古代の製鉄について述べておこう。

初期の炉では低い温度しか得られなかったため、鉍石は半固体のままで還元され、いわゆる海綿状鉄塊を生じたことは既に述べた。この場合、炉温の関係で木炭の炭素はほとんど鉄の中に入らない。それ故、この鉄を鍛錬すると錬鉄となる。鞴が改善されて、さらに高温度が得られると木炭中の炭素が鉄と反応するようになり、鉄塊の一部は鋼となる。従って鉄塊を割って鋼になっている部分だけを取り分けることも可能である。羽口（通風孔）の附近は特に高温度となるから炭素の吸収が著しく、銑鉄となって流れ出る。ただし銑鉄の量産を行うためには、人力通風では無理であり、水車動力の送風装置が造られ、やがて高炉の出現をみるようになった。

古代中国の鉄器文化の起源には華北と江南の2系統があり、それぞれ異なる技術内容を有していた。吉田光邦氏の論文「中国古代の金属技術」によれば、華北は坩堝製錬法であり、高温と長時間を必要とするから優れた鞴が必須である。

河南や湖北方向では水成岩系鉄鉱が主で、赤鉄鉱、褐鉄鉱、砂鉄など何れも磁鉄鉱よりも低温で還元、製錬され易く、原始的な床炉、堅炉によっても充分であった。

たたら製鉄の技術解説

わが国では旧石器文化の時代から縄文式文化を経て、弥生式の後期に鉄器が造られるようになったが、それ以来千数百年の長い間、たたらという唯一の製鉄方法が伝承されてきた。この足踏み鞆を使用する製錬所は、古くは日本国中に広く存在していたらしいが、近世になって中国地方の山間部だけに限られるようになり、1,945年を最後に全く消滅した。図7はたたら炉の地上部スケッチの一端である。地下部は地上部の数倍の大きさであり、図8に示すような構造になっている。

図9は材料装入前のたたら炉と、操業68時間ぐらいになった時の炉内の変化を示す。太い細いの2段になっている羽口は炉内が大きく融けるから1段羽口になってしまう。炉の中央部の

温度は比較的低いので海綿状鉄となっており、羽口に近い所は高温度となるので、前記の如く、木炭の炭素が入って鑄となる。鋸の内部には玉鋼と称される極めて純度の高い鋼をも含んでいる。炉の低部には炭素量の多い従って低融点の銑鉄が溜り、炉前に流れ出る。炉壁の粘土は操業中に媒溶剤の作用をしながら侵食されて

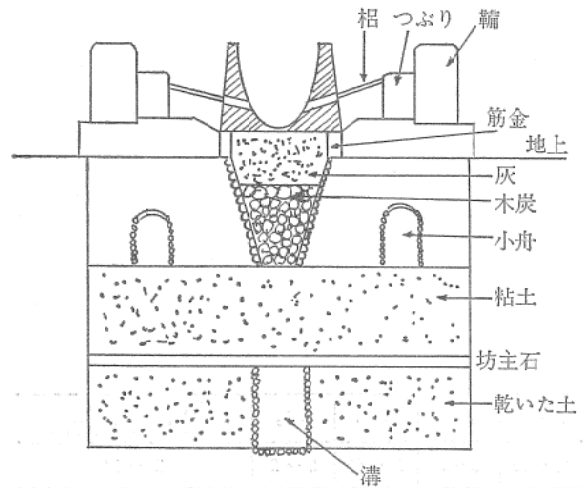


図8 たたら炉の構造 (金属, 970—1—15号)

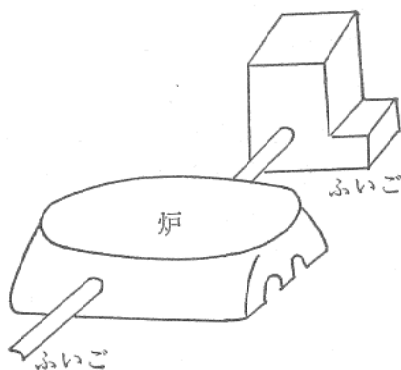


図7 たたらの地上部スケッチ

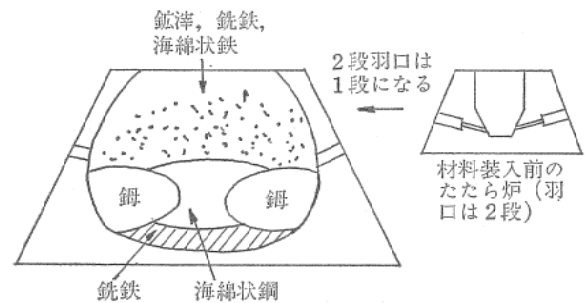
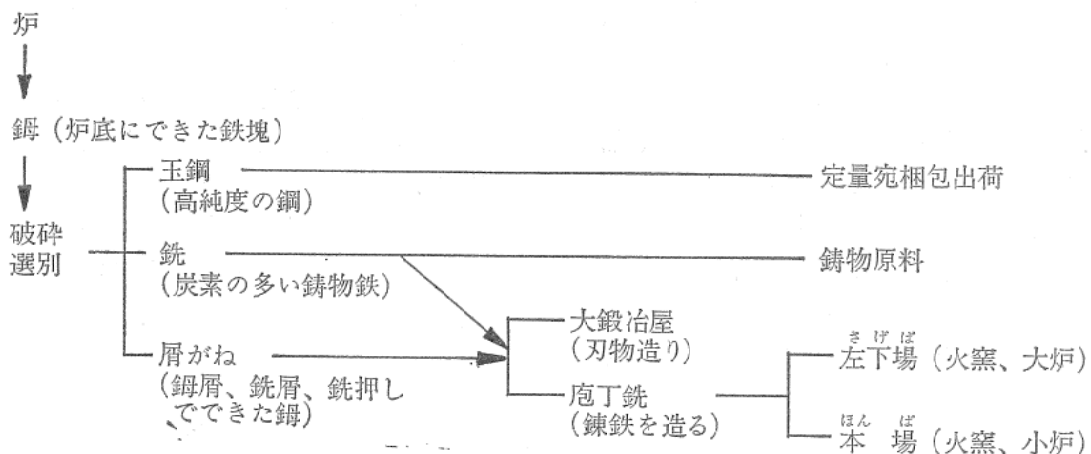


図9 操業 65hr ぐらいのたたら炉 (Transaction ISIJvol. 8 1968小塚)

表1 炉から製品まで



行くもので、粘土の選定は秘法の一つとなっていた。今たたら炉から製品へのフローシートの1例を示すと表1の如くなる。

銑押ずくおしは原料砂鉄も異なるが、炉の高さが鋸押けらおしよりも高く、内部の朝顔形の絞りが深くなっており、溶銑が流れ出易くなっている。また火窟ほくどはたたらと異なり、粘土へ木炭粉を敷き、その上へ木炭を装入するようにし、これに鞆たたらをつけただけのものである。火窟では鞆の筒の（燃料への）吹付角度を調整することにより、木炭焰を酸化性焰あるいは還元性焰と自由に使い分けることができる。

主な原料砂鉄は鳥根、岡山、広島、千葉、青森、北海道などと広く分布しており、その組成例を示せば表2の如き数値に跨っている。「た

表2 砂鉄の成分

Ti-Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ , CaO, MgO MnO ₂ , TiO ₂ , Cu, P, S
56 ~ 63	23 ~ 33	43 ~ 65	2 ~ 9	1 ~ 14

たら一つに馬200頭」「砂鉄7里に炭3里」なる言葉は、たたらに装入する材料の輸送の困難性と輸送限界をうたったものである。すなわち砂鉄3,500貫と同程度の木炭を要し、これにより550~700貫の鋸と250~600貫の銑が得られる。木炭5,000貫は15kgの炭俵にすると1,250俵となる。なお、たたらは一代（3昼夜に亘る操業）毎に壊し、炉を造り直すので、年間操業の炉は40代ぐらいとなる。

たたら唄エレジー

昔語りひとつたたらに山には山鬼、山爺、一踏鞆などの怪物が棲んでおり、彼らは片目か片足かまたはその両方であったと言われている。それは山に棲む金屋（たたらし、いもじ、かじ）から出ているのではないかとの説がある。

眇を「めかんち」というのは鍛冶からの転訛であるという。秋田県北部では跛者を「かじ」と呼ぶが、足の悪い者、目の悪い者が金屋の職につくことが多かったためであろう。

須佐之男命が出雲、簸の川の上流に降り、八岐大蛇を退治した伝説がある。八岐大蛇は（種

々の説や勝手な想像があるが）製鉄、刀劔の鍛冶業を職として世襲する部族の守護神と考えられている。命がこの守護神を退治し、名劔を手に入れたことは8つの鍛冶部落を征服して製鉄技術を占有し、出雲族の繁栄を確保したことではないかと言われている。中国、日本を問わず、一度征服を遂げた統治者、権力者にとって、鉄製武器を造り得る能力者が身体健全なことは好ましくなからう。そこには人為的な配慮がなかったとは言切れない。

中国では自己の戦闘能力が消滅していることを示すため、自ら足を傷つけ、跛となることによって生命を保ち、職を続け得たという事実もある。自発的あるいは強制的な跛であっても、山の民である鍛冶民族は平野に住む支配者に対し、自己の職業によって奉仕する義務を負わされていた。そのため、例えば新君の即位毎に都に上り、寿詞を奏上したことが職業的な歌と踊りに転化した。そしてもっとも重要な作業であるたたら踏みがたたら踏りとなり、これに調子を合せて歌うのがたたら唄であったと東大史学科の折口氏は述べておられる。

わが国の里謡「高い山から谷底見れば、瓜やなすびの花ざかり」もたたら唄から転じたものであると某古老から教えられた記憶がある。また他の先輩の話によれば、彼が少年時代に但馬地方で、数名の婦人が2組となって踏鞆を踏んでいるのを見たとのことである。天井から下っている綱を片手で握って体を支え、俗に言う「よいとまけ」の調子で、掛け声に合わせて各組交互に踏鞆を踏むのである。実地にたたら踏みを見た人は何れも老齢であり、作業に従事した人はさらに年長で、生存者は少なくなって行く。日本鉄鋼協会は、わが国1,000年以上の昔からの製鉄技術を残すため、昭和44年、たたら技術記録映画「和鋼風土記（岩波映画）」を製作している。

拙稿を終るに当たって改めて思う——製鉄にとって鞆たたらはいのちであり、鞆がなければ製鉄技術の進歩はなかったであろうと。