

# 金属利用の歴史 1

「サル」から「ヒト」への進化において「二足歩行」はきわめて重要な役割をはたしました。また、このことが「ヒト」の効果的な道具使用を可能にし、さらに金属の発見とその道具としての利用は「ヒト」文化を飛躍的に発展させました。私たちの直接の祖先である新人（クロマニヨン人）は、旧人（ネアンデルタール人）にかわって、およそ3万5千年前に現れたといわれています。新人は旧人に比べてより精巧な石器を作り出しました（後期旧石器時代）。中石器時代（紀元前1万年～8000年）、新石器時代（紀元前8000年～3500年）をへて、ヒトの使う道具は進化してきました。

道具にもとづく人類史区分	
	鉄器時代
	青銅器時代
石器時代	新石器時代
	中石器時代
	旧石器時代

紀元前1500年前後  
紀元前3500年前後  
約紀元前8000年  
約紀元前1万年  
約200万年前

（青銅器・鉄器時代はメソポタミア・エジプトの例）

## 金属利用の歴史 2

人類が使いはじめた金属器が青銅器か鉄器かについては議論がありますが、メソポタミアやエジプトでは紀元前3500年ごろから青銅器が使われ、紀元前1500年前後に現れたヒッタイトが鉄器を用い始めています。いずれの場合にも、原料としての銅と錫（青銅）や砂鉄・鉄鉱（鉄）の採取に加え、高度な火の利用と冶金術が必要でした。鉄（融点:約1500℃）にくらべると、青銅（融点:銅75%、すず25%で約800℃）の方がより低い温度で加工が可能であり、まず青銅器が使われはじめたと考えるのが自然のようです。これらの金属器は生活用具・武器・祭祀器などとして普及し、人類の文化的発展をささえてきました。現在の私たちの生活も鉄を中心とする金属なしではなりたちません

私たちは磁鉄鉱や赤鉄鉱などの鉄石から鉄の原料をえています。これらを精錬するのはかなりの技術が必要です。人類が最初に用いた原料はこの精錬過程が不要な隕石（隕鉄）であったと考えられています。実際、古い鉄器は化学分析結果から隕鉄を原料にしていたことがわかっています。しかし、隕鉄の量は限られていますから、鉄器が普及するのは砂鉄や鉄石からの精錬技術の向上があったことだったでしょう。ヒッタイト王国では、砂鉄などを木炭で還元し、この鉄を加熱鍛造することによって鉄製品をいていたようです。

## 金属利用の歴史 3

日本に鉄器が入ってきたのは弥生時代で、青銅器の伝来とほぼ同時です。最初は中国や朝鮮半島からの輸入に頼っており、砂鉄や鉄鉱石から自前で鉄を生産するようになったのは古墳時代(6世紀)と考えられています。日本の製鉄は「たたら」とよばれる製鉄技術を用い、この製法はまず中国地方を中心に九州から近畿地方で盛んとなり、ついで関東以北に広がっていったようです。たたら製鉄は幕末に西洋式の近代製鉄技術が入ってくるまで日本の製鉄の中心となっていました。銅や金・銀などの採鉱と精錬も活発に行われていました。

幕末、南部藩士の大島高任は釜石に西洋式溶鉱炉(橋野高炉)をわが国ではじめて建設しました。1858年(安政4年)12月1日のことで、このことを記念して12月1日は「鉄の記念日」になっています。この高炉では、釜石市西方の釜石鉱山産の鉄鉱石が原料として用いられました。当初は官営としてスタートしましたが、1894年田中長兵衛によって釜石鉱山田中製鉄所に引きつけられました。20世紀に入って、鉄を中心とする金属の需要はさらに広がり、また、製鋼技術などの進展で、ますますその用途を広げてきています。





## 大島 高任(おおしま たかとう:1826-1901)

南部藩の藩医の嫡子として生まれ、江戸で蘭学を、長崎で西洋の兵法・砲術・採鉱・精錬法を学びました。水戸藩で反射炉を築造した後、釜石の大橋にわが国ではじめて洋式高炉を建設し、釜石鉱山の磁鉄鉱石を用いて、1858年(安政4年)12月1日、鉄鉱石精錬による出鉄に成功しました。明治政府で鉱山行政にも功績を残しました。大島高任は日本近代製鉄業の父と言われており、日本の鉄鋼業界は12月1日を「鉄の記念日」としています。





## 橋野高炉跡

大島高任により、わが国ではじめて釜石市橋野につくられた西洋式溶鉱炉（橋野高炉）跡。  
1858年（安政4年）12月1日出銑に成功。



## 金属の歴史

紀元前8000年から7000年の新石器時代に人々は自然界にほぼ純粋な状態で存在する「天然金属」を使い始めました。その後、人々は陶器を作る窯から、鉱石を還元し金属を取り出す「精錬」方法を見つけたと考えられます。新石器時代の人々が最初に精錬した金属は銅でした。石器に比べ外見が美しく、様々な形に加工できる銅は広く使われるようになりました。その後、青銅器を経てローマ時代初期には鉄の時代となります。この金属の歴史から食べ物を得、戦いに勝つために、より強く、より使い易い道具や武器を作ろうと、人々が周辺の事物に必死で向き合ったのが見えてきます。

## 天然金属

新石器時代には人々は、ある種の石が、他の石より重く叩いても割れたり欠けたりせず、叩いて好きな形にできる石もあることに気付いていました。それらは、ほぼ純粋な金属の状態で産出する「天然金属」と呼ばれる鉱石です。人類が最初に使った金属は、天然金属の中で比較的よく見つけることができた金、銅、鉄でした。



# 天然金属の利用

天然金は人の目に留まりやすく、最初に利用された金属でした。天然鉄は他の天然金属と違い、地球の外からもたらされた隕石でした。隕鉄と呼ばれるこの隕石には地球上の鉄と違いニッケルが多量に含まれているため、6千年前に作られたものが錆びずに残っています。一方、天然銅及び銅化合物は鉱床が地表近くに多くあるため、天然金や隕鉄に比べ簡単に手に入りました。そのため人々は銅を最もよく利用しました。

## 銅の精錬

新石器時代の人々にとって、鉱石から不純物を取り除いて金属を取り出す（精錬）のは容易ではありませんでした。鉱石をただ加熱しても金属にはなりません。さらに、天然金属とは違い鉱石の外見から金属元素を含むかどうかは判断できません。ただ、新石器時代の人々は、銅鉱床から天然銅と銅鉱石の「くじゃく石(マラカイト)」が一緒に産出することから、両者に関係があることを知っていたと考えられます。酸素が欠乏した炭素に富んだ雰囲気の中で銅鉱石を1083℃近くの高温に熱すると鉱石中の銅元素から酸素がとれて（還元反応）、溶けた金属銅と不純物を含む軽いスラグと呼ばれる鉱石の残りの部分に分かれます。



## 銅精錬の発見

人々が鉱石から銅を取り出す方法（精錬）を見つけるきっかけとして、調理を行うための窯を銅鉱床の上や銅鉱石で作ったことにより、偶然知ったとよく言われます。ただ、このような調理用の窯で得られる温度はせいぜい600～700℃程度です。これでは、融点327℃の鉛を鉛鉱石（方鉛鉱）から精錬できても銅の精錬はできません。銅精錬には決定的な技術革新が必要でした。

現在考えられているのは、紀元前6千年頃にはすでに、保温に優れた厚い壁と、煙突を持つ自然吸気を備えた炉で焼かれていた焼き物の技術の転用です。このような炉では、1000℃以上の温度を還元雰囲気です長時間保つことができます。そして銅鉱石は、焼き物の顔料からヒントを得たのではないかと考えています。

紀元前4千年頃シナイ半島の紅海付近では、くじゃく石を原料、木炭を還元剤、鉄鉱石をフラックスとして、ボール形状の炉を用いて銅精錬がかなり大規模に行われていたことが知られています。当時、この地はアフリカ、アジアを結ぶ交通の要衝であったことから、銅精錬の技術はエジプト、メソポタミア、シリア、アナトリアへ、さらに紀元前3000年から2500年の間にはヨーロッパへと伝わっていたと考えられます。



# 青銅の時代

世界中の多くの人々にとって、銅鉱石は手に入れやすく、銅の精錬も一度やり方を学ぶと誰でも良質の銅を作ることができました。また、石器に比べ、見た目もよく、加工も容易なことから、調理道具、装飾品、小型の道具などに銅は広く使われました。しかし、大型の道具や武器などには、銅は柔らかすぎて使えませんでした。このような背景で、紀元前4千年頃に銅に錫を添加した銅合金、「青銅」が登場します。

紀元前4千年後半には、人々は銅にヒ素などの混ぜるものをする（合金）ことで硬さが増すことを知っていました。また、銅を合金にすることで、銅は低い温度で溶けかつ広い温度領域で安定に溶けた状態であることから、型に流し込んで様々な形状の道具を作る「鑄造」をすることができました。

銅に添加する元素として最も適していたのは錫でした。銅と錫の合金、青銅の本格的な利用が考古学的に確認されるのは、紀元前3千年頃のメソポタミアです。その後数百年の間に青銅は中近東全域、エジプト、イラン、シリア、アナトリア、キプロスに広がっていきます。銅を飛躍的に硬くし、様々な複雑形状の道具を精度よく大量に作ることができる青銅は、人々の生活に急速に広がっていきました。

# 中国の青銅時代

中国でも紀元前1400年から1100年頃に存在した殷王朝では青銅が使われ、極めて精密な文様の青銅器が作られていました。ただ、この殷での青銅技術が、中国を起源にするものか、中東付近から伝来したものかは分かっていません。ただ、現状では中東のように青銅時代以前の金属利用が明らかではないため、伝来した技術であるという見方が現状では有力です。



3千年前に中国で作られた神を祭る際の酒を入れる器



## 青銅から鉄へ

銅精錬のフラックスとして利用されていた鉄鉱石の一部は、還元されて鉄となり銅と一緒に得られましたが、銅を加工したり鋳込んだりする際に傷の原因となるため、不純物として注意深く削り取られていました。このように、人々は鉄鉱石から鉄が得られることや、銅に比べ鉄資源が豊富で手に入りやすいことも知っていましたが、青銅から鉄への移行には2千年近くの長い年月が必要でした。一般に鉄が使われるようになったのは、紀元前千年の初めになってからです。これは、鉄の溶ける温度（融点 $1537^{\circ}\text{C}$ ）が、紀元前2千年当時に利用されていた青銅、銅、金、銀、鉛、錫などの他の金属に比べ $500^{\circ}\text{C}$ 以上高い温度であったためです。



エトルリアの鉄滓 紀元前650年ころ中部イタリアにあったエトルリア王国の製鉄遺跡から出土

## 鉄の精錬

紀元前2千年以降にアナトリア（現在のトルコ北西部）で起こったヒッタイト人が、優れた鉄器文化を持っていたことが知られています。これは、彼らが征服した黒海沿岸にいたカリュベス族が、この地で産出するマグネタイトや橄欖石（オリビン）を多く含んだ鉄鉱石で鉄を作り、さらにたたいて硬くする（加工硬化）優れた「鍛冶」の技術を持っていたためです。マグネタイトや橄欖石は自溶作用を持っており、約900℃で金属鉄に還元することができました。そして、紀元前1200年ヨーロッパ族のアナトリアへの侵攻によるヒッタイトの衰退と共に、鉄の文化もヨーロッパなど広い地域へ広がっていきました。





## 鉄から鋼へ

紀元前1500年から1000年の間に、アナトリアからメソポタミア地域で、鉄の製造過程で偶然も手伝って鉄を鋼（はがね）に変える技術が確立しました。スポンジ状の還元鉄をたたいてスラグを除去する際に、鉄を柔らかくするために加熱します。鉄を800℃以上に一酸化炭素が発生している木炭炉の中で加熱すると、炭素が少量鉄中に入ります。すなわち鉄を鋼にすることができます。炭素が0.3%程入れれば、鋼は青銅より硬くなり、1.2%で加工硬化させた青銅より硬くなり、さらに室温でたたいて加工硬化させると青銅の倍の強さにすることができました。すなわち、鋼の発明により、人々は青銅を遥かにしのぐ強さの金属を手に入れました。



## さらに強い鉄を求めて

炭素の添加に続く重要な技術革新は、加熱した鋼を水に焼き入れてさらに硬くする技術（焼入れ）でした。ただ、焼入れによって硬くした鋼は脆く割れやすいという欠点がありました。ローマ時代初期のおおよそ紀元前400年頃には、この焼入れた鋼を約700℃に短時間加熱しゆっくり冷やすことで、硬さは若干失われるものの硬くて粘い鉄を作る技術（焼入れ焼戻し）が確立しました。鉄に関する（1）炭素添加、（2）焼入れ、（3）焼入れ焼戻しという3つの技術の開発により、紀元前千年から数百年の間に、鉄器は青銅器に完全に取って代わり、ヨーロッパ、アフリカ、アジアへと急速に広がっていきました。

鉄器の出現によって、多くの農地の開拓が可能になり、農作物の生産が向上し、より多くの人々の生活を支えることができるようになりました。さらに、武器の性能が向上し戦いを有利に進めることができました。このように鉄は人々の生活様式に大きな変化をもたらしました。

しかし、鉄を溶かすことができなかつたために、鍛冶屋による生産しかできず、鉄器を大量生産することはできませんでした。鉄を溶かす高温を得る技術開発には、さらに千年以上が必要でした。



# 近代製鉄の歴史

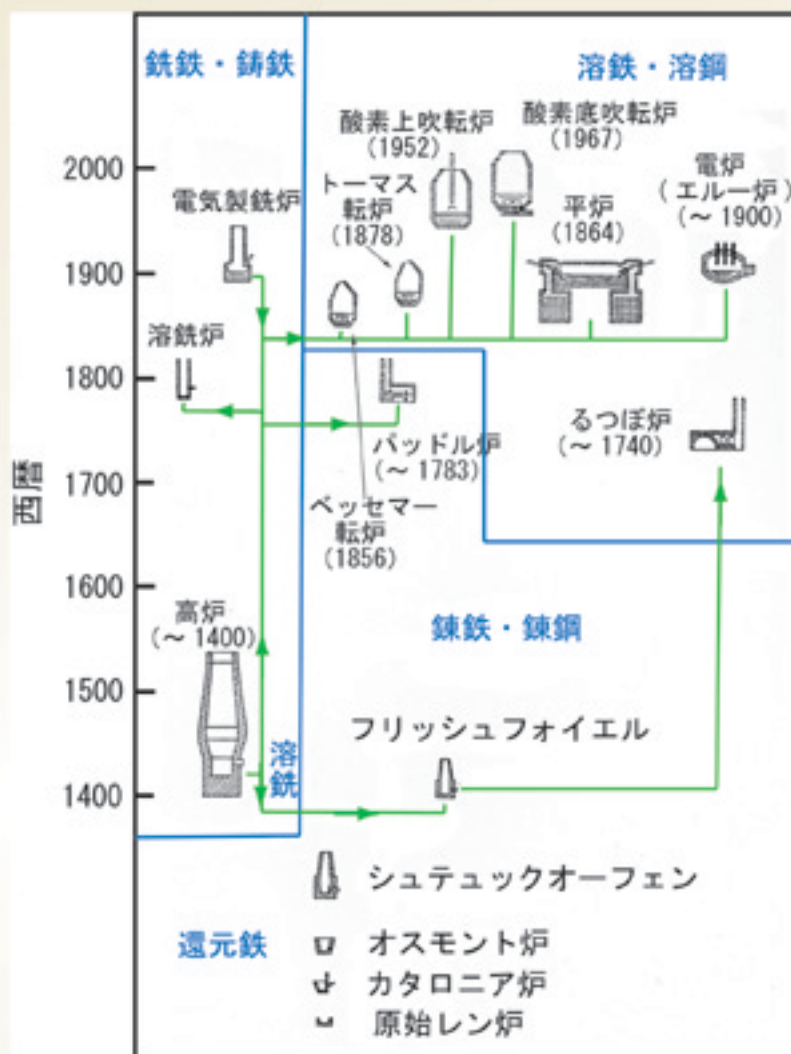
送風技術の改良や耐火物の開発により、人々はより高温を利用できるようになり、製鉄の技術も変化していくこととなります。1300℃以下の温度では、鉄鉱石は半熔融状態でありスポンジ状の還元鉄しか得られませんでした。そして、これらを敲いてスラグを除去し錬鉄を製造しました。

鉄の融点温度以上の1600℃～1800℃付近の温度が得られるようになると、鉄鉱石を炉で還元して熔融状態で4%程度の炭素を含む銑鉄を得て、それを鑄込んだり、錬鉄として利用したりしました。

時代が進むと、約1900℃の温度の実現により、今度は鉄鉱石から作った銑鉄を、さらに転炉と呼ばれる炉で酸化して、炭素を除去し炭素濃度が0.1～1%の熔融状態の鋼を作って利用する時代になりました。

現在は、この銑鉄を酸化して鋼を作る2段工程が一般的に利用されています。ただ最近ではスクラップの利用や、ある特定の用途に利用される特殊鋼と呼ばれる高級鋼を少量に製造するのに優れた電気炉も広く利用されるようになっていきます。

# さらに強い鉄を求めて



近代製鉄システムの変遷 (青山芳正: 金属, 48 (1978), 6, 104)。銑鉄 (鑄鉄) を製造する高炉は14世紀頃から使われていました。その後、燃焼や耐火物技術の発達により、鋼を溶かすような高温が得られるようになりました。明治初期に日本に導入されたのは鉄の鑄物をつくるための溶銑を製造する高炉でした。