



# 本多光太郎 博士

HONDA KOTARO

## 「金属之密林の大いなる開拓者」

本多光太郎博士は、1870年(明治3年)愛知県矢作町(現在の岡崎市)に生まれました。東京帝国大学に進み卒業後、ヨーロッパ留学をへて、1911年に東北帝国大学教授となりました。1916年、現在の金属材料研究所の前身である臨時理化学研究所の研究主任となりました。

本多先生は、鉄や鉄合金の磁性の研究に取り組みました。その結果、当時としては驚異的に強い磁石鋼、KS鋼、新KS鋼を次々に発見し、鉄鋼研究を大きく進歩させました。1931年その業績から第1回文化勲章を受賞しています。その後も鉄鋼研究で輝かしい業績をあげ「鉄の神様」とよばれました。

また、本多先生は、「産業は学問の道場」という言葉を残しており、産学共同を重視されました。博士の尽力

により多くの新しい企業が仙台に誕生しました。1949年には仙台市名誉市民の称号を授与されています。先生の精神は今も金属材料研究所

に脈々と流れ、世界最先端の研究が続けられています。1954年(昭和29年)東京で永眠。墓碑には「鉄鋼の世界的権威者」と刻まれています。



アインシュタイン博士らとの写真(本多博士は前列左から52人目)

### 本多記念室と金研資料展示室

東北大学片平キャンパス内金研本多記念館2階には本多記念室があり、本多先生在職時の部屋がそのまま保存されています。本多記念館は、本多光太郎博士在職25周年を記念し、昭和16年10月に総工費47万円をもって建設した鉄筋コンクリート造3階建て、延べ面積2,217㎡の研究棟でした。その後、平成6年に金研創立75周年記念事業として当時の面影をできるだけ損なわないように保存改修工事が施されました。金研の歴史を

感じさせる大理石の玄関を入り、縁のすり減った国産大理石の階段を上がると、所長室の右手に本多記念室

と書かれた鉄製の重々しい扉があり、ここに在職時の部屋が保存されています。



本多記念室写真



本多先生のノート



Tohoku University Museum



# 東北のマテリアル・リサーチ展

東北大学総合学術博物館のすべてⅢ

2005年2月1日(火)~2月19日(土)  
会場:東北電力グリーンプラザ

主催:東北大学総合学術博物館、東北電力グリーンプラザ、21世紀COEプログラム 物質創製・材料化国際研究教育拠点

同時開催

2005年2月1日(火)~2月27日(日)

●「鋼鉄の父・本多光太郎」展:おしゃべりウィンドウ ●「人類の金属利用の歴史」展:おしゃべりウィンドウ

## 開催にあたって

東北大学には、開学以来100年の研究教育の歴史の中で、240万点をこえる膨大な学術資料標本が蓄積されてきました。また、「研究第一主義」の精神、「実学の尊重」の気風のもと、多くの研究成果が生み出され、それらは地域社会でも活用されてきています。総合学術博物館では、東北大学創立100周年を迎え、博物館建物完成までの間、東北大学所蔵の学術財産や研究成果をできるかぎり公開するために、2003年度から企画展「東北大学総合学術博物館のすべて」シリーズを開催してきました。今回の「東北のマテリアル・リサーチ」はその第3弾にあたります。

2004年度は、東北大学の黎明期に世界の金属学をリードし、東北大学の材料科学研究の基礎を築いた、「鋼鉄の父」本多光太郎博士の没後50年の節目の年にあたります。東北大学は、創立以来のこの伝統をひきつぎ、金属学を中心とする材料科学(マテリアル・サイエンス)の分野で、世界最先端の研究を行っています。この企画展では、東北大学100年の材料科学の歴史を概観するとともに、新しい研究成果について紹介し、この分野における東北大学の貢献と今後の果たすべき役割を見つめ直します。また、金属をいっそう身近に感じていただくために、鉱石から金属を取り出す方法や人類の金属利用の歴史に関する東北大学所蔵の資料も展示しています。

この企画展開催にあたって、資料のご提供や貸与をご快諾いただきました釜石市立鉄の歴史館、本多記念会、東北大学金属材料研究所のみなさまに厚くお礼申し上げます。

2005年2月

東北大学総合学術博物館  
東北電力グリーンプラザ  
21世紀COEプログラム 物質創製・材料化国際研究教育拠点

# 1 金属利用の歴史

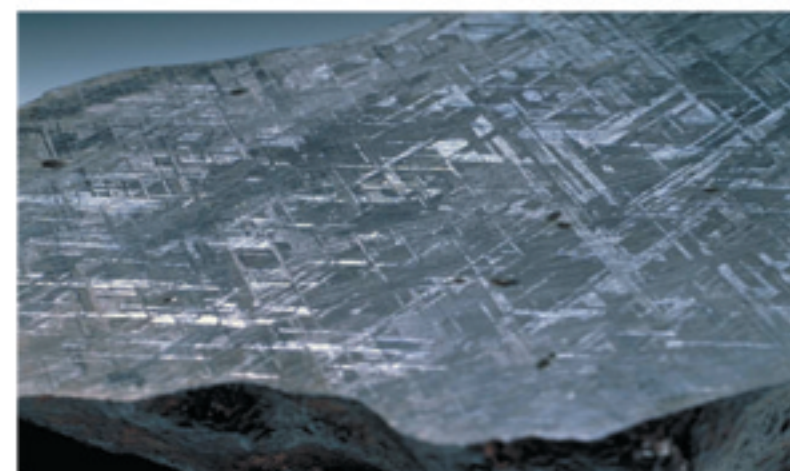
## 金属とは

地球上の物質を構成する元素の約3分の2は金属です。金属は、光沢をもち、電気や熱をよく伝え、固体状態では引張って伸ばしたり(延性)、たたいて薄く広げたりできる(展性)性質を持っています。そして、機械的にけずって様々な形に加工できます。たとえば、鉄、銅、アルミ、チタン、マグネシウム、すず、鉛、亜鉛、金、銀、白金、ニッケル、コバルト、水銀などはすべて金属です。また、2種類以上の金属、および金属と炭素などの非金属元素をふくむ物質にも金属的性質をしめすものがあります。

ただ18世紀以前には、金、銀、銅、鉄、鉛の5種類の金属(五金)に分類され、亜鉛は鉛に垂するもの(似てはいるが性質的におよばないもの)、水銀は銀の水、ニッケルは白銅として、五金にふくめて考えられていました。



青銅短剣:イランのアムラシュ出土 紀元前1,500~700年



ナミビア産鋼鉄の研磨写真:網目のような模様はウィッドマンシュテッテン構造とよばれる鉄質鋼鉄特有の構造

## 金属との出会い

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」を使いはじめました。その後、人々は陶器をつくる窯から、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、青銅器をへてローマ時代初期には鉄の時代となります。この金属利用

の歴史から、食べ物をえ、戦いに勝つために、より強く、より使いやすい道具や武器をつくらうと、人々が周辺の事物に必死でむきあつた姿が見えてきます。

## 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、たたいても割れたり欠けたりせず、たたいて好きな形にできるものもあることに気づいていました。それらは、ほぼ純粋な金属の状態で産出する「天然金属」とよばれる鉱石でした。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



青銅製留め針(めがね形フィブラ) イタリアのアトリア海岸の出土品。紀元前8〜7世紀

でした。隕鉄とよ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ふくまれているため、6千年前に作られたものが錆びずに残っています。一方、天然銅およ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。

## 銅鉱石から金属銅をえる

新石器時代の人々にとって、鉱石から不純物を取りのぞいて金属を取り出すのは容易でありませんでした。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

から金属元素をふく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)」と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ふくむスラグとよばれる鉱石の残りの部分に分かれます。

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え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6千年頃にすでにあった、保温に優れた厚い壁と、煙突をも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中で長時間保つことができました。そして銅鉱石は、焼き物の顔料からヒントを

えたのではないかと考えられています。

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ったと考えられます。

## 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ものをする(合金)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、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」ができるようになりました。

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した。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事ができる青

銅は、人々の生活の中で広く使われるようになりました。

## 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、きわ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、中国では中東のように青銅時代以前の金属利用が現状では明らかではないため、伝来した技術であるという見方が有力です。

ローマ時代の鉄釘:スコットランドの古代ローマ帝国の要塞遺跡(83〜87年)出土



法隆寺創建期の釘:1948年(昭和23年)の解体修理の際出土のもの

## 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えられました。しかし、銅を加工したり鑄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えられることや、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℃)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℃以上高い温度であったためです。

## 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、優れた鉄器文化をも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)を多くふく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)すぐれた

「鍛冶」の技術をもっていたためです。マグネタイトや橄欖石は自溶作用をもっており、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。



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、偶然も手伝って、鉄の製造過程で鉄を鋼(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。鉄を一酸化炭素が発生している木炭炉の中で800℃以上に加熱すると、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、人々は青銅をはる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

炭素の添加につづ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もろ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、硬くて粘り鉄を作る技術(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ったために、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。鉄を溶かす高温をえる技術開発には、さらに千年以上が必要でした。

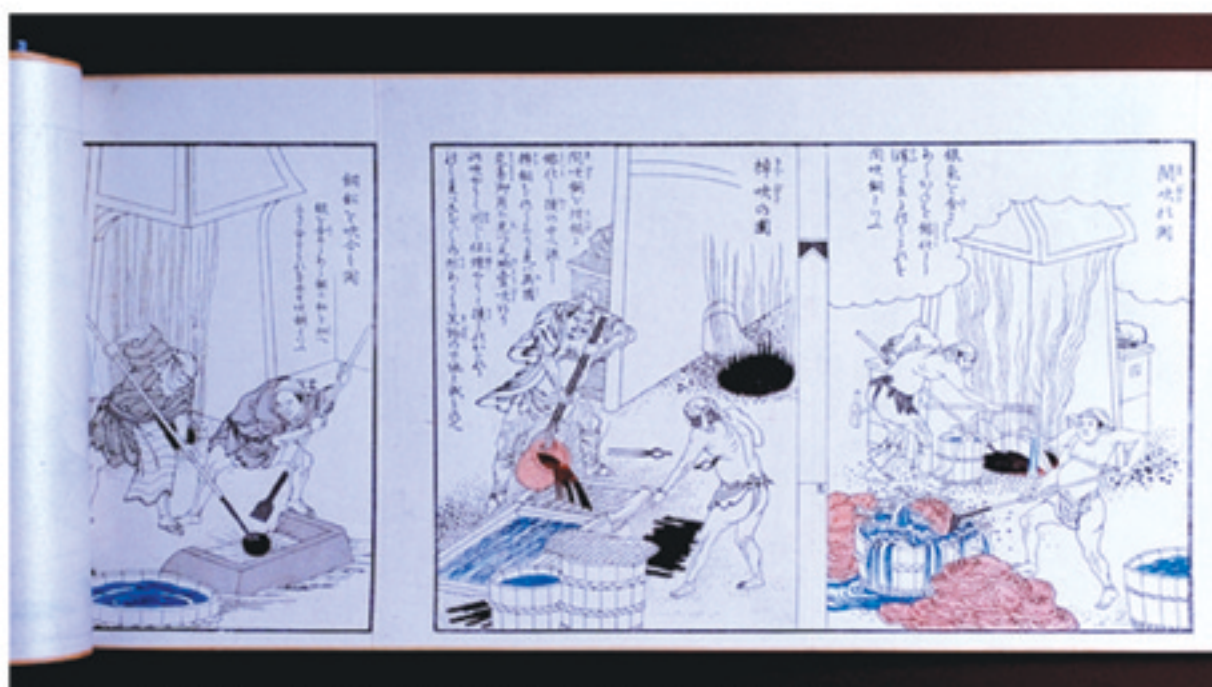
## 近代製鉄システムの変遷

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になります。1300℃以下の温度では、鉄鉱石は半溶融状態でありスポンジ状の還元鉄しかえられませんでした。そして、これらをたたいてスラグを除去し錬鉄を製造しました。

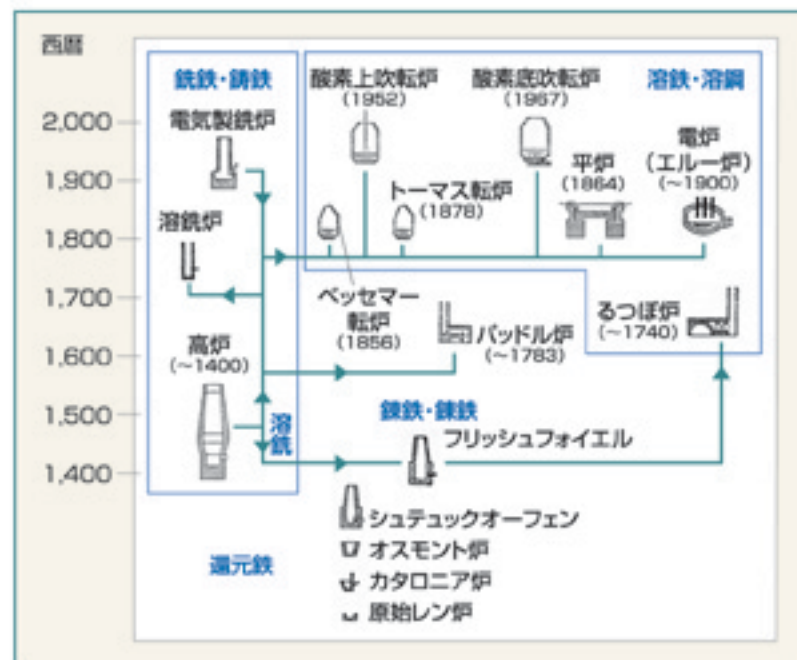
鉄の融点温度以上の1600℃~1800℃付近の温度がえられるようになると、鉄鉱石を炉で還元して溶融状態で4%程度の炭素をふくむ鉄鉄(鑄鉄)をえて、それを鑄込んだり、錬鉄として利用したりしました。鉄鉄を製造する高炉は14世紀頃から使われて

いました。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鉄鉄を、さらに転炉とよばれる炉で酸化して、炭素を除去し炭素濃度が0.1~1%の溶融状態の鋼を作って利用する時代になりました。現在は、この鉄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よ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した。

(金属材料研究所 教授 松原英一郎)



「鉄鋼図録」: 最盛期の日本での鋼製鉄の様子をしめす彩色木版画。製作は1801年(享和元年)



近代製鉄システムの変遷(青山, 1978): 鉄(鋼)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鋳物をつくるための溶鉄を製造する高炉でした。

## 日本の青銅器・鉄器時代

日本に鉄器が入ってきたのは弥生時代で、青銅器の伝来とはほぼ同時です。最初は原料を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。

## 日本の近代製鉄の夜明け

幕末、南部藩士の大島高任は釜石に西洋式溶鉄炉(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がれました。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。

(総合博物館 教授 永広昌之)



山内ピッケル: 大正末期に東北帝国大学金属材料研究所附属工場主任をしていた、山内栗一郎によって作られた、特殊鋼製国産ピッケル。1957年作第2,000号



橋野高炉跡: 大島高任によりわが国ではじめてつくられた西洋式溶鉄炉。1858年(安政4年)12月1日出鉄に成功



大島 高任 (1826-1901)

日本近代製鉄業の父: 南部藩の藩士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・探鉱・精錬法を学ぶ。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た。

## 地殻の構成と金属

### 鉱石とは

人類はその時代ごとに、岩石のなかに有用な元素を見つけて、資源として利用してきました。私たちの社会にとって有用な元素が濃集している岩石を鉱石といいます。地球上のどの岩石にも有用な金属はほんのわずつつつ存在します。しかし、わずかにしか金属をふくまない岩石は資源とはなりません。これらの鉱石が工業原料として採掘するのにただけの濃度と量が必要になります。経済的に採掘できる程度の十分な量の鉱石の集合体を鉱床とよびます。

私たちが使用している金属のほとんど全てが、このような天然に産する鉱石から取り出されたものです。



もち鉄: 釜石市橋野産。磁鉄鉱がれきとなって、河原などで発見されたもの

ム8元素しかありません。銅、鉛、亜鉛、クロム、ニッケルなど日常生活に関係の深い金属でも0.005~0.01%程度です。このような濃度の低い岩石から金属を抽出して利用するのは、きわめて困難です。このことから有用な金属が異常に濃集した鉱石は私たちの生活にとって非常に重要なものであることがわかります。

### 東北地方の鉱産資源

東北地方には、世界的に有名な黒鉄鉱床をはじめとする様々な鉱床が存在し、盛んに採掘されてきました。北上山地の中生代後期にできた鉱床や奥羽山地や出羽山地のおもに第三紀につくられた鉱床です。釜石鉱山の磁鉄鉱は近代製鉄の発展に貢献してきました。しかし、現在ではほとんど全ての鉱山がすでに採掘を終了・休止しています。

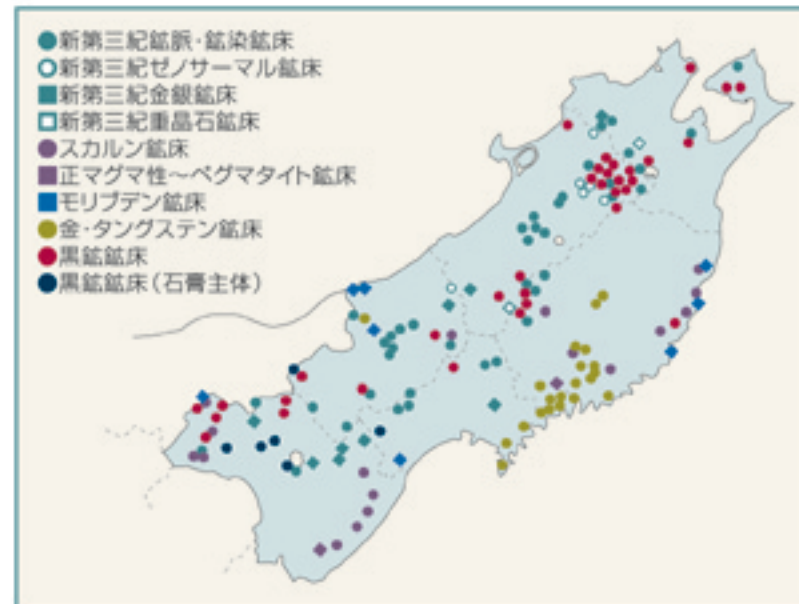
(総合博物館 助教授 長瀬敏郎)



磁鉄鉱と磁硫鉄鉱: 釜石鉱山産

### 地殻の構成と金属

地球は半径6400キロメートルの球状天体であり、その内部は地殻、マントル、外核、内核とよばれる多層殻の構造をなしています。地表につづく最外殻である地殻は6~30kmの厚さをもっています。この地殻の平均化学組成をみると、地殻を構成している元素のうちその濃度が1%をこえるのは、酸素、ケイ素、アルミ、鉄、マグネシウム、カルシウム、ナトリウム、カリウ



東北地方鉱山分布図

## 3 東北大学の金属研究

### 東北大学の金属研究のあゆみ

東北大学の金属研究は、1916年(大正5年)に本多光太郎博士によって東北帝国大学理学部物理学科内に創設された、臨時科学研究所第2部(金属材料研究所の前身)における鉄鋼の研究で始まりました。その後1924年(大正13年)に工学部金属工学科が、1941年(昭和16年)には選鉱製錬研究所(現在の多元物質科学研究所の一部)が設立され、現在の研究教育体制の枠組みが完成しました。初期の頃には、鉄-炭素合金の物理冶金学を究めて良質な鉄鋼を製造する技術を開発し、日本の鉄鋼業の発展に多大な貢献をしました。また、鉄の磁性の研

究から当時世界最強のKS磁石鋼を発明し、電気機器の性能を飛躍的に向上させました。その他、特殊鋼や精密機器用材料など多くの実用材料の開発にも成功しました。またその一方で、先端的应用を拓くための基礎研究にも力を入れ、強磁場や極低温の技術を日本でいち早く確立して物質の磁性、超伝導を研究するなど、学術的にも多くの貢献をしてきました。

最近では、アモルファス金属や金属間化合物、酸化物など、金属材料のみならず、無機物質などの新しい物質・材料分野も開拓し、高性能・多機能な新材料を開発しハイテク技術の向上に貢献し

ています。また、基礎物性の研究にも積極的に取り組んでいます。このように広い視野で物質を探りつつ、常に実学に帰する姿勢は、本多光太郎先生以来の東北大学の金属材料研究の精神になっています。

21世紀に入って科学は転機を迎えています。20世紀の科学技術によって、私たちは生活に数々の便利さと共にマイナスの問題も抱えました。現在私たちはこれらの問題を解決し、真に知的で豊かな文明を築くために、エネルギー、環境、リサイクル、バイオなどの分野でも物質・材料研究を展開しています。



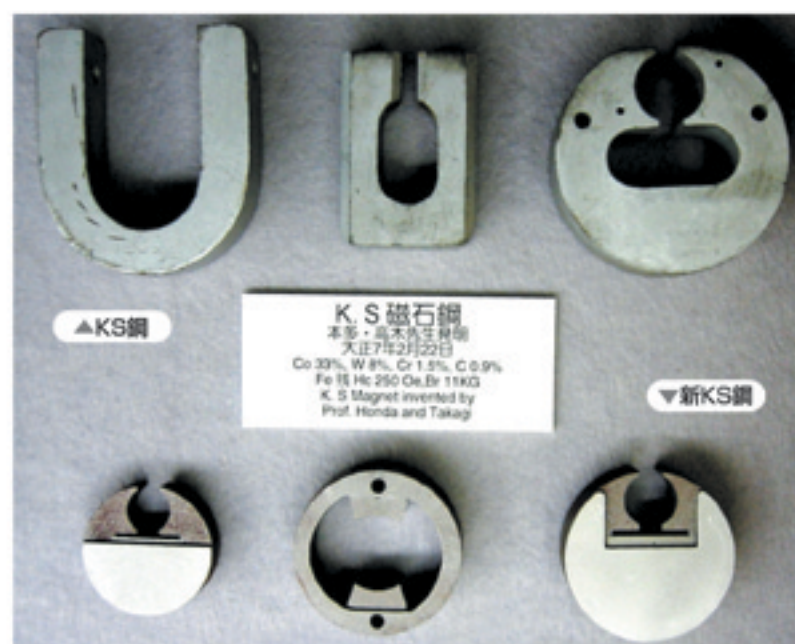
金属材料研究所(金研)

多元物質科学研究所金属材料工学科研究棟  
(旧 選鉱製錬研究所)

### KS鋼と新KS鋼の開発

#### ■KS鋼.....

第1次世界大戦(1914-1918)の勃発により、日本では、外国からの物資輸入が制限され、工業用諸機械、兵器用材料はほとんど途絶えてしまいました。このような社会状況で、旧帝国陸海軍の航空関係からの要請により、本多らが磁石鋼の開発にのり出し、試行錯誤の結果、当時最良の永久磁石、タングステン(W)とクロム(Cr)をふくむ鋼中の鉄の3分の1をコバルト(Co)に置換することで、磁石の強さが飛躍的に改善されることを見出しました。この磁石が有名なKS鋼です。開発にあたって住友吉左衛門より多額の寄付を受けたことから、彼の名前のイニシャルをとって、KS鋼の名が付けられました。

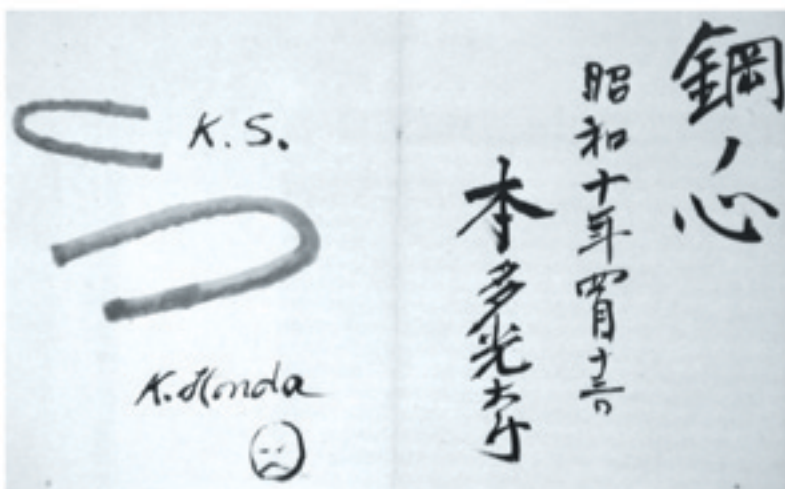


KS鋼と新KS鋼の写真

#### ■KS鋼開発のエピソード.....

当時、一般によく永久磁石の材料は硬いと考えられていました。そこで、Co-W鋼の組成探査に窮した高木博士が、工場の片隅にあった工具鋼に着目し、それがKS鋼

の大発見を生むことになりました。彼の学位論文「KS磁石鋼の研究ならびにわが国地表物質の磁性の測定」のなかで、「Co-W-Fe磁石鋼には特に注目すべき成績はなかった。当時教室の工場に成分不明の工具鋼があつてきわめて硬度が高く大切に居った材料があることを工具より聞いた。筆者は之を分譲してもらい之をFe-Co合金にWの場合と同様に配合した。その結果抗磁力180エルステッドの磁石が発明された。本多教授は非常に驚かれて早速分析を命じられた。その結果、抗磁力の増加はCr元素によるとの結論になった」とあります。



本多先生の書画:「鋼の心」 瀧口善徳教授(医学部)書画帖より

## ■新KS鋼の開発

1931年、三島徳七(東京帝国大学工学部)によるKS鋼の約2、3倍の保磁力と優れた安定性を示すMK磁石(三島と三島の実家がある喜住にちなんで命名、Fe-Ni-Al合金)の発明をきっかけに、東北大金研でもアルミと類似したチタンを用いて新しい磁石鋼の研究が始まり、1934年に、残留磁束密度6300ガウス、保磁力900エルステッドという残留磁気は弱い保磁力が大きいFe-Ni-Co-Ti磁石が見出されました。これは本多により新KS鋼と名付けられました。この磁石の発見の

みそは磁性を示さないチタンの添加にありました。

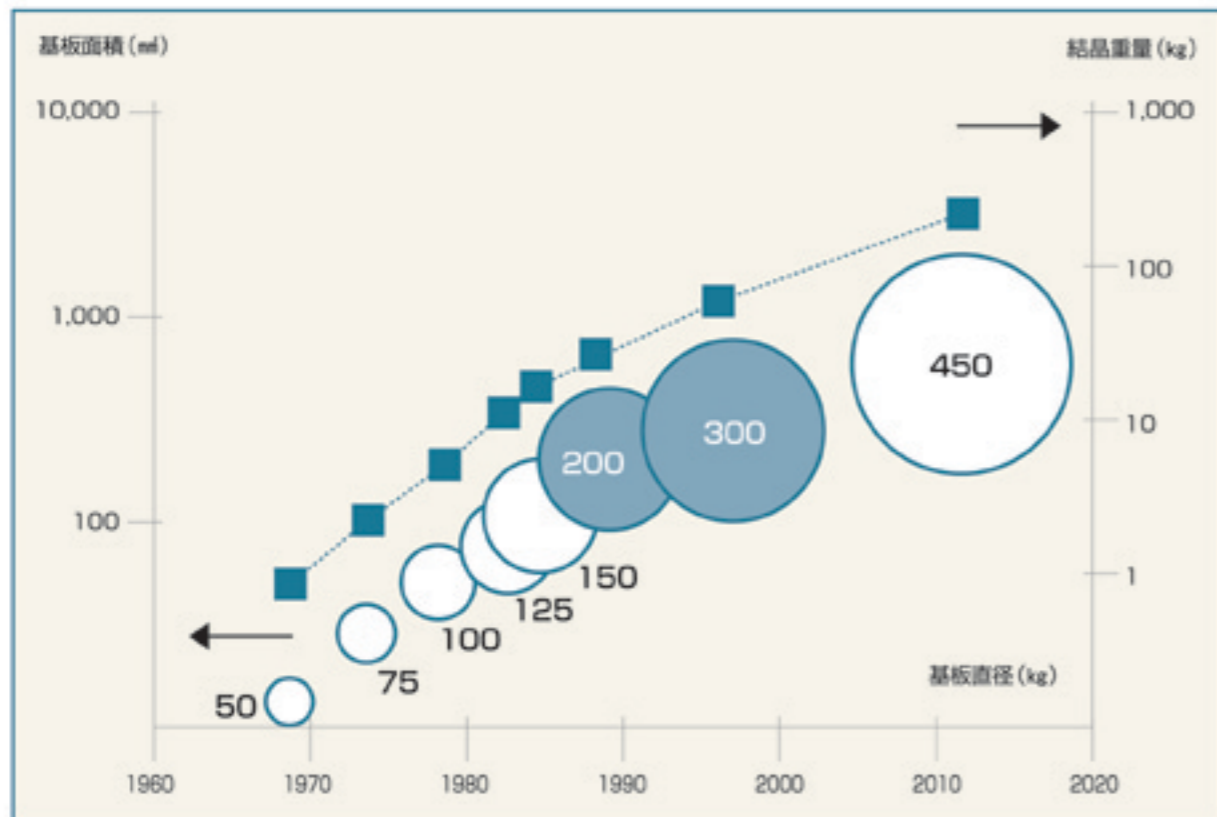
ただし、当時の精錬技術では、不純物としてチタン中に若干のアルミがふくまれており、その後、MK鋼と新KS鋼をそれぞれ工業化した2つの企業、三菱鋼材と住友金属および東北帝国大学金属材料研究所の間で、「新KS鋼はMK鋼の改良品か、新規な発明か」で特許論争が起きます。しかし、当時日本は第2次世界大戦に突入する直前であり、両者は和解することになります。

## ■大きな単結晶の製造

シリコン(Si)をはじめとするバルク半導体結晶や四ホウ酸リチウム、ランガサイトなどの酸化物バルク単結晶は現在の情報社会を支えるエレクトロニクス製造のための基板材料です。

## ■シリコンはスーパーマテリアル

われわれの身のまわりの家電製品やコンピューターに入っているIC(アイシー)やLSI(エルエスアイ)は材料としてシリコン(Si)を使っています。



シリコン基板サイズの増大



巨大なシリコン単結晶-直径20cm、高さ60cm、重さ55kg

## ■どんどん大きくなるシリコン

大きなシリコン基板を使うと、一度にたくさんのLSIを作ることができるため、LSI一個あたりの値段が下がります。LSI製造費用を安くするためにシリコン基板は年々大きくなっています。

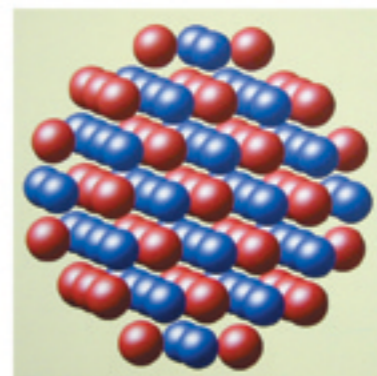
## ■半導体

電気をよく流す金属のような導体と電気を全く通さない絶縁体の中間の電気抵抗をもち、人工的に電気抵抗を大きくしたり、小さくしたりできます。この半導体で電流のスイッチが作れます。

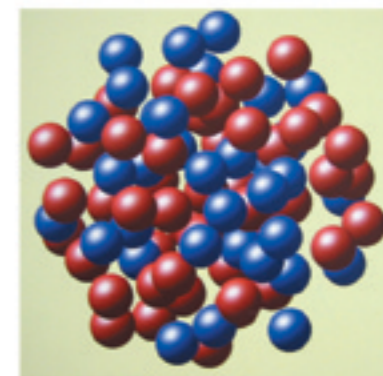
## ■アモルファスとは?

原子が周期的に整然とならんだ結晶物質とはことなり、バラバラ(ランダム)な原子配列の物質をアモルファスとよびます。図に

示したのは、アモルファスとよばれる物質と結晶物質の中の原子の並び方を約1億倍に拡大して示した模型です。



結晶の原子配列模型

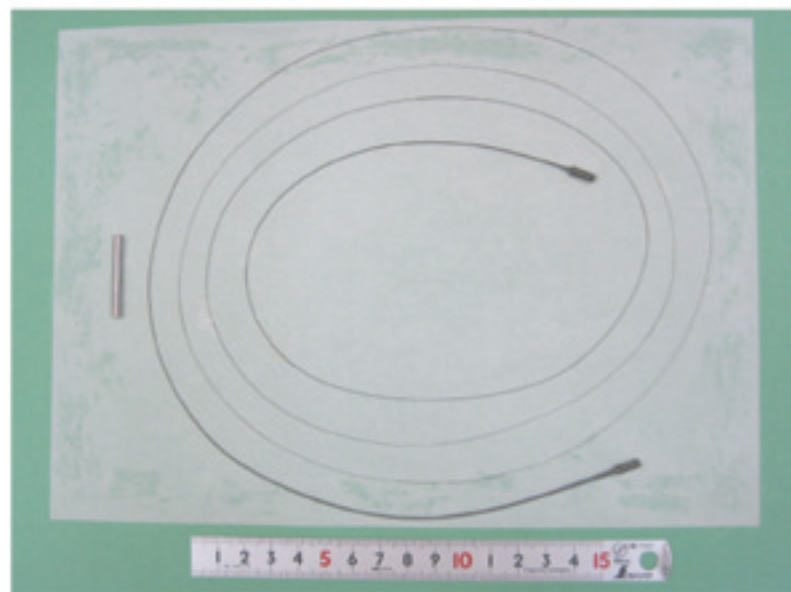


アモルファスの原子配列模型

## ■アモルファス金属材料の開発

アモルファス金属はランダムに原子が配列した新しい構造をもつため、結晶金属材料では実現できない優れた性質を示します。そのため、アモルファス金属は画期的材料物性を示す新素材として注目されてきました。とくに、鉄を主要成分とする鉄基アモルファス合金が高強度(1972年増本)、超耐食性(1974年橋本・増本ら)、極軟磁性(1974年藤森・増本ら)を示すことが発見され、アモルファス金属の「3大特性」とよばれてきました。現在、薄板・細線・粉末として生産されており、巻鉄心・磁気ヘッド・センサー素子・ワイヤーなどとして利用されています。

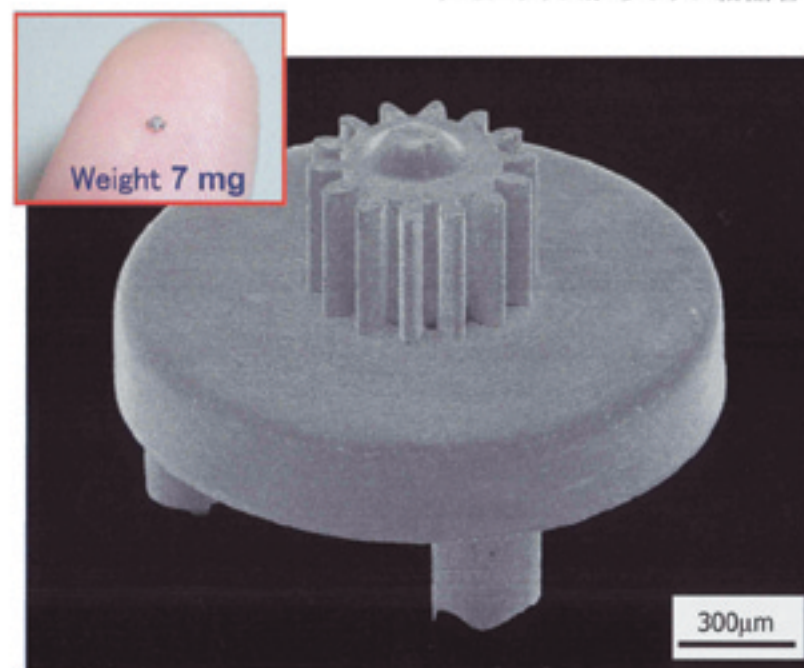
最近ではアルミ基やマグネシウム



2000%の伸び率の超塑性をしめす金属ガラス

基のアモルファス軽合金(1988年井上・増本ら)や金属ガラス(1990年井上・増本ら)の開発、アモルファスからのナノ結晶合

金の開発など広範囲な広がりを示しています。



金属ガラスで成形した直径1mmのマイクロ歯車

## ■金属ガラス材料を用いたマイクロ部品の製造

金属ガラスとよばれる特定の金属アモルファスは、加熱するとガラス転移をおこし、固体から過冷却融体とよばれる水飴のような粘り液体状態に変わります。結晶物質とことなり、過冷却融体を単結晶シリコンで作製した型に加熱しながら流し込む(高速加熱式閉塞鍛造)ことによって、ナノメートル(百万分の1ミリメートル)オーダーで表面にほとんど凹凸のない極微細加工ができ

ます。このような金属材料は、マイクロマシン部品加工などの応用に大きく道を開くものとして期待されています。

## 高強度 ナノクリスタル合金

### ■高強度、高剛性

#### アルミ合金

東北大金研新素材設計開発施設とYKK(株)は、ガスアトマイズ法で作製したアルミ合金の急冷粉末を押し出し固化するという特殊な方法で、通常のアルミ合金の約千分の1の微細組織を実現し、高強度、高耐熱性、高剛性アルミ合金ギガ(GIGAS™)を共同開発しました。

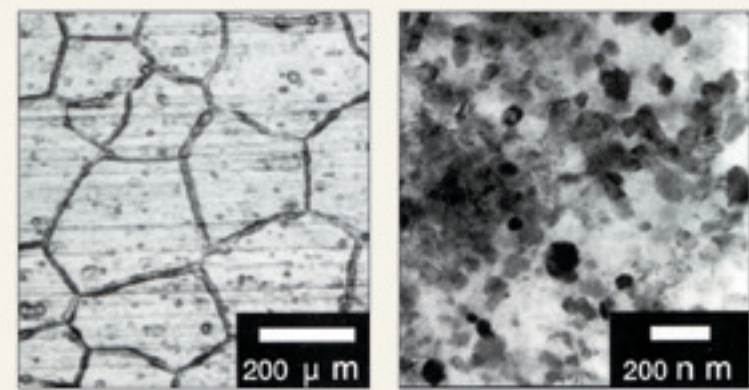
### ■ソフトボールバットへの応用

すぐれた強度をもつHS700(外管)、GIGAS(内管)を使用し、壁面を限界まで薄肉に設計した二重管構造(ダブルウォールモデル)の採用で、ミズノの従来モデルをこえる反発力のソフトボールバットが実現しました。日本ソフトボールチームは、シドニーオリンピックでこのバットを使用しました。

### GIGASの組成

品番	Ni	Cu	Mn	Zn	Mg	Ti	Zr	Al
GIGAS 20	8.2	1.0	2.0		0.25	0.7	0.8	bal.
GIGAS 30		1.5		9.5	3.0			bal.
GIGAS 50	11.5	1.5	1.0					bal.

### 金属組織写真



■6063押出材

■GIGAS 20

### ■ロボット部品

ロボット部品(頭部、腰部、股関節、足部)を超々ジュラルミンからギガスに替え20%軽量化することで、モーター増設によるスムーズな動きと、二足歩行の制御精度向上が実現しています。