

第2編

科学者でない人のための  
金属のはなし

— どんな性質の金属がどんなところに使われているか —

## § 1 金属とは

地球上には人工的に作られた物も含め108の元素が知られている。このうちで、約20種が非金属と呼ばれる物でこの中にはメタロイドと呼ばれる金属に近い性質を持つ物がいくつか含まれる。残りが全て金属であるが、この中にはセミメタルと呼ばれる非金属に近い性質を持つ物も含まれる。

我々が実用に使っている金属は、物理的性質や化学的性質をそのまま利用しようとするときを除いて純粋の状態に触れる物は限られていて、広い意味での合金であることの方が多い。例えば、我々が鉄と呼んでいる物の大部分は鋼であって、ごく僅かの炭素等の不純物を加えてある。しかし、磁石に付きやすいとか、さびやすいとか、比重が約7.9である等純金属の性質をかなり引き継いでいるのでまず純粋の金属について考えてみよう。

最初に金属とは何かを定義しておく必要がある。

### 化学的性質による定義

水に溶けて陽イオンとなる元素、又は酸に溶ける酸化物を作る元素を言う。

### 物理的性質による定義

電気、熱を良く伝え、特有の光沢やたわみ性を持つ固体（常温では一部液体の場合がある）。

### 定義の説明

一般に金属は陽イオンが規則的に並び、その間に自由に移動することのできる電子が詰っている。自由に移動できる電子の数は陽イオンの持つ+電気の数に等しい。これを金属結合と言う。金属結合の表面からいくつかかの電子を奪うとその部分の陽イオンが結合していらなくなって離れてくる。これを溶解又は腐食と言う。逆に陽イオンに電子を与えると金属に戻る。これが電解析出で、金属の表面と一体化した金属結合となる時、めっきと呼ぶ。酸化物は自由電子が酸素に捕らえられて自由に動けなくなった状態で酸によって酸素が水の状態で取り除かれるとイオンとなって溶解する。我々が目にする金属は大部分が酸化物を通して金属が見えているのである。

電気を良く通すとか熱を良く伝えると言った性質も、自由に移動することのできる電子の仕業であって、外から電子を注入すると余った電子が順送りに移動して反対側から押し出される。あたかも注入した電子が一瞬のうちに出口に届いたように見えるが実は別の電子が出てきているのである。金属においては、熱伝導と電気抵抗は共に自由電子の動きやすさにかかわっている。電気を通しにくいニクロムとかステンレス鋼は熱も通しにくい。

陽イオンの並び方は、金属によって決まっており、立体であるのでどの断面が表に出ているかによって光沢等が変わって見える。各断面の性質が微妙に違うので、普通の金属ではいくつかかのブロックが集まったような形になっている。一つ一つのブロックを結晶と呼び、その境を粒界と呼ぶ。この結晶の並び方や大きさで硬さとか曲げ強さなどの機械的性質が左右される。この結晶の大きさ、形、並び方は、よく磨いた面を腐食をして40

0倍くらいの顕微鏡で観察できる。これを金属の組織と言う。

機械的性質は結晶間の滑りや、再配列がどのようになるかで決まり、力を加えて行くと、力の小さいうちは加えた力に比例して変形し、力を取り除くと元の形に戻る。これを弾性変形と呼ぶ。もう少し大きな力を加えるとこの比例関係が崩れ、変形量の方が大きくなる。こうなると力を取り除いても元の形に戻ることができない。弾性変形に近いところでは力を取り除いたとき少し元に近づくが、力が大きくなるにつれ変形を保つようになる。これを塑性変形と呼ぶ。

さらに大きな力を加えると、破断という現象が起きるわけであるが、ゆっくりと力を増すときには破断するよりも少し大きな力になるまで変形が続く。この変形する最大の力を最大荷重と呼ぶ。特殊な例として、軟鋼などでは塑性変形の途中で異常に大きな変形を示す力があって、この力を降伏点と呼ぶ。

塑性変形した金属は、通常、温度変化があっても元に戻らない。ただ、熱マルテンサイトと呼ばれる組織を持つ金属はある温度になると塑性変形で移動していた結晶が元の位置に戻ることができる。これが形状記憶である。

## § 2 金属の性質、用途

先に述べたように、我々が目にする金属は多くの場合純粋でなく、しかも結晶の大きさや並び方も千差万別であってその性質も大きく違っている。例えば、純粋の白金の板の場合買ったばかりの物は非常に硬くステンレス鋼に近い手触りであるが、バーナーで灼熱した後水で急冷すると軟らかくちょっと触っただけで凸凹になる。一般に出回っている金属の性質は後で述べるとして、ここでは十分に歪み取り等をしたほとんど純粋の金属の性質について見てみようと思う。ただ、普通の生活で金属として目に触れることのないであろう物については一括して述べるので興味のある人は便覧等で見て欲しい。なお、数値等は化学便覧、薬品のカタログ、JISから得たが、一部論文や自分の経験値が含まれている。温度は特に断らない限り20 の値である。

### a (アルカリ金属)、 a (アルカリ土類金属) 金属

リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、セシウム、(フランシウム)をアルカリ金属、ベリリウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウム、(ラジウム)をアルカリ土類金属と言う。皆おなじみの名前であるけれどもベリリウムとマグネシウム以外は空気中ではごく短時間しか金属の形をしていられない。空気と触れると直ちに酸素と結合して燃えてしまう。水に触れると炎を上げて燃え爆発することもある。全て比較的軟らかい金属で、剃刀で切ることができる。主に化学合成反応などに使われるが、リチウムは最近電池の電極として用いられているし、合金として水素吸蔵用などの物が作られている。ベリリウムは特定化学物質として製造や研究が禁止されているが、銅と合金にしてばね材等に用いられている。マグネシウム以外の金属については便覧等を参照され

たい。( )内の金属は放射能を出して別の金属に変わるので普通に見ることはない。

### マグネシウム

地球上の存在比20,900g/ton,海水中にも0.127%含まれている。表面にできる酸化物が比較的丈夫であるので、普通の温度下で金属として使用できる。比重1.74の銀白色の金属である。実用金属の中では最も軽いにも関わらず強度があることから、アルミニウムや亜鉛等と合金にしているところが多い。硬さは、ダイヤモンドを10、滑石を1とするモース硬度で2.0と銅や金より軟らかい。融点は651 であるが、粉末を空気中で加熱すると激しい光を発生して燃える。昔は写真のフラッシュにこの性質が利用された。

航空機や自動車の部品として用いられているがアルミニウム中に銅と共に加えた合金がジュラルミンとして有名である。実用金属は、強度や切削性を考慮して微量成分が加えられている。使用に際しては、その耐食性を上げるため、アルミニウムと同様に陽極酸化と言う処理を行って、表面のさびを厚くして用いることが多い。

水との反応性が強いので、水溶液からめっきすることはできない。この上に他の金属をめっきすることはできるが、普通の方法では困難である。

水との反応性が強いことを利用して、他の金属の腐食を予防するために用いることがある。表面が酸化するので亜鉛ほどの効果はないが、亜鉛の使えない場合には有効である。

### b (銅族) 金属

銅、銀、金の3つで古代から使われた金属である。金属の中では最も電気を通しやすい仲間であり、純粋の金属も容易に得られる。銅、銀、金の順序でさびにくくなり、金は天然でも金属で得られることが良く知られている。独特の色を持っているので装飾用として用いられるが、非常に軟らかいので、この目的には合金が使われることが多い。

### 銅

地表の存在比70g/ton、比重8.92、融点1,084.5 の赤味のある金属で、硬さはモース硬度で3.0である。比抵抗(単位長さ、単位面積当たりの電気抵抗)は、 $20 \mu\Omega / \text{cm}$  で、 $1.72 \mu\Omega / \text{cm}$  で銀に次いで小さい。空気中では少しずつ酸化し、赤又は黒色の皮膜を生じる。赤色の酸化物は半導体で、電気を一方向だけに流すので、昔は整流器に使われた。硫化物の存在下で黒い皮膜を生じるので、これを利用して表面を着色し下地の赤い色と併せて装飾に用いられる。窒素気流中で加熱すると400 以下で緑色になる。炭酸イオンの存在する湿った環境では緑色のいわゆる緑青を生じる。昔は銅の精製が充分でなかったため、ヒ素を含み緑青は猛毒とされていたが、最近の研究ではそれほどではないと言われている。しかし銅には殺菌力があると言われている。

銅はほぼ純粋の状態でも電気、電子機器に用いられる他、数多くの金属やメタロイド(1

種とは限らない)との合金が作られ様々なところで用いられている。亜鉛との合金は黄銅(通称しんちゅう)と呼ばれ、10円玉(8:2黄銅)を始めとして黄色っぽい7:3黄銅、やや白っぽい6:4黄銅などが一般的である。500円、100円、50円等に使われているのはニッケルとの合金で洋白又は白銅と呼ばれる。

スズとの合金はブロンズ(通称青銅又は砲金)として、その耐久性や丈夫さから水道の蛇口や、家具、建築物の内部に多く使われている。銀を含んだブロンズはお寺のぼん鐘に使われる。彫刻の鋳物はほとんどがブロンズである。我が国で古代に使われた鋳物用の青銅は3~15%の鉛を含むと言われている。金を含んだ物は、烏金(しゃくどう - 赤銅とも書く)\*と呼ばれ工芸材料として使われてきた。

硬さやばね性が必要な場合には先に触れたベリリウムを含んだベリリウム銅や、リンを含んだリン青銅が使われる。

その他の用途として、次の銀と同様銅ろうや黄銅ろうとして金属同士の接着剤としても用いられている。

\* 烏金;資料によると次のような組成がある。最上(銅10匁+金5分)、普通(銅10匁+金3~2.5分)、下(銅10匁+金1分+豊後白味1分+小豆白味1分)、劣等(銅10匁+銀2分+豊後白味1分+小豆白味1分)<sup>1)</sup>

白味とは白目とも呼ばれるヒ素を含む鉱石である。豊後白味の分析例は、

鉄 45.6%、ヒ素 23.5%、アンチモン 11.3%、  
アルミニウム 10.5%、銅 2.7%、リン 1.1%、  
ニッケル 0.7%、ケイ素 痕跡

## 銀

地表の存在比0.1g/ton、比重10.49、融点960.5 の銀白色金属で、電気抵抗は $1.59 \mu / \text{cm}$ と実用金属中で最も電気を通しやすい。空気中では徐々に酸化して黄色みを帯びてくる。酸化物の色は、暗褐色又は灰黒色であるが、光や熱で分解して銀の微粒子を含んだ黒色の表面を作る。銀の酸化物は電気を通し、その通り方がイオンによることが特徴とされている。硫化物イオンの存在下で黒色の硫化銀の皮膜を作りやすい。硬さはモース硬度で2.7であって軟らかい金属で延性、展性は金に次いでいる。

純粹の物は一部の電気器具に利用されるが、多くは銅やニッケルと合金にして装身具、食器等に使われる。銅を含む合金は、昔から四分一\*の名で工芸家に愛用されている。

ただし、ニッケルは近年アレルギーが問題となっているので装身具には他の金属が使われるようになってきている。

金属とイオンの間の変化が小さなエネルギーでできるため、ガラスに付けて全反射鏡や半透鏡としたり、ガラスに溶かし込んで明るさに応じて変色するサングラスにしたり、写真の感光材料としての用途もある。電気接点や食器ではめっきが用いられることも多い。最近では電気化学計測の基準として水銀の代わりに使われている。

イオンは非常に殺菌力が強いので農業分野で用いられることもあり、医薬品としてもある分野では使われる。

銅やスズ、亜鉛等との合金は銀ろうとして金属の接続に使われる。

四分子；臙銀とも呼ばれ、白四分子（銀60～55%）、上四分子（銀40%）  
並四分子（銀30～23%）、黒四分子（四分子+烏金）等の種類がある。<sup>1)</sup>

## 金

地表での存在比は0.005g/tonで、白金と同じ位である。比重は19.32で、融点1,063 の黄色の特有の色を持った金属である。硬さはモース硬度2.5で延性、展性に非常にとんでいる。電気はこのグループの中で一番通しにくく電気抵抗率は $2.3 \mu / \text{cm}$ である。酸化物の色は灰紫又は黒褐色であるが、天然に見掛けることはめったにない。コロイド状の微粒子の色は紫色である。金属の状態がきわめて安定で王水（硝酸1：塩酸3の混酸）かシアン化合物の水溶液にしか溶解しない。表面に酸化物がほとんど無いことから、圧接と言う技術が容易に使える。

用途は、通貨の基準となっていることは良く知られているが、化学的变化の少ないことから、各種の基準器、電気の接点、化学機器や測定器の重要部品の保護等の工業用目的が多い。

純金は、軟らかくてその形状を維持しにくいので、通常はめっき又は張り込みで他の材料の表面を覆って用いることが多い。しかし、素材が金属である場合には、原子が常に動いているため、熱拡散と言う現象が起きて境目から徐々に合金となってゆき、ついには表面から金が無くなったように見えるようになる。温度が高いとさらにこれが促進される。奈良の大仏が黒光りしているのはこのためである。このバリアとしてニッケルが用いられてきたが銀の項で述べたようにニッケルが使えなくなってきたため、代替りのバリア金属が求められている。

装飾用材料としては、銀との合金、銅との合金が用いられる。従来は、ニッケルやコバルトが硬質にするための合金材料として用いられてきた。装身具からはこれらの金属が追放されるので、これからの金合金装身具は取り扱いに注意する必要がある。

## b（亜鉛族）金属

亜鉛、カドミウム、水銀の3つで共に融点が低く、水銀は常温で液体である。固体金

属である2つの化学的な活性は比較的高くイオンになりやすい。

### 亜鉛

地表の存在比は132g/ton、比重7.13、融点419.5 の白色金属で、電気抵抗は $5.9 \mu / \text{cm}$  (0 )である。非常にイオンになりやすく、空气中で容易に酸化され、水分が存在すると白色の粉末状の酸化物を生成する。酸化の初期に黒く見えることがあるが、これは光の乱反射や金属中の不純物が表面に濃縮されたためである。沸点が906 と低いため、蒸留法で精製ができるので、古くからほぼ純粋の形で利用したり、合金材料として使われてきた。

用途は、イオンになりやすいことを利用して、乾電池の負極、船舶等の腐食防止のための犠牲陽極、鋼にめっきして鋼材の腐食防止に用いられる。銅と合金にして各種の黄銅にされる他、各種の金属に合金成分として添加されている。近年は、亜鉛を主成分とした合金を溶融して高圧で金型に押し込んで作る亜鉛ダイカストが金具や装飾品に用いられている。腐食を受けやすいので表面に各種のめっきが施されて使われる。

イオンになるとき、他のイオンを原子に戻す働きがあるのでこの方の用途もある。

なお、市販の亜鉛めっき製品は、亜鉛を空気に触れないようにクロメートと呼ばれる処理が施されており各種の色がついている。

硫黄との化合物は蛍光材料や、電子写真の感光材料として用いられる。

### カドミウム

地表の存在比は0.15g/ton、比重8.65、融点321 の銀白色金属で、電気抵抗は $6.83 \mu / \text{cm}$  (0 )外観は銀に似ており、化学的性質は亜鉛に似ている。沸点も767 と低い。酸化物の色は褐色で、比重が8.15と金属に近い。そのため酸化したとき亜鉛のように体積増加が無く、ねじなどにめっきすると抜けなくなりにくい。カドミウムイオンは、いたいたい病の原因とされ、近年は特別の用途にしか使われないが、かつては銀めっきの代用として装飾に用いられていた。

用途は、2次電池（充電可能な電池）の負極として知られているが、その他にも各種合金の添加剤としてかなり使われている。航空機のねじは、頻繁な分解に耐えるためカドミウムのめっきがされている。海水に対する耐食性は亜鉛より優れていると言われている。

硫化物は、光によって電気抵抗を減じるので、光スイッチとして多くの場所で使われている。

### 水銀

地表の存在比0.5g/ton、比重13.55、融点 - 38.87 の銀白色液体金属で、電気抵抗は $95.78 \mu / \text{cm}$ とかなり高い。沸点は357 で蒸留により精製する。ほとんどの金属を溶かすことができ、溶けた物はアマルガムと呼ばれる。bに属していながらイオンになりやすさは銀と同程度である。純粋の水銀は常温でも僅かに蒸発し、その飽和蒸気圧は人間の

致死量とほぼ同じであるから取り扱いに注意が必要である。有機物と結合した物の毒性はさらに強く水俣病の原因として知られている。酸化物は黒又は黄色であるが、硫化物は鮮やかな赤い色で昔から朱として装飾と防腐や害虫避けなどその毒性と殺菌性が利用されてきた。

用途は、かつては電気接点や水酸化ナトリウムの製造用の電極、多種類の医薬品に用いられたが、現在は歯科用の合金と計量器の一部に用いられる程度になっている。

古代から、銅合金の表面処理材料として滅金（めっきん - めっきの語源となっている）や金著（きんきせ）等の技法を支えてきた。又は、低品位の金鉱石から金を採取する方法としてアマルガム法があった。

#### a 金属

ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウムの5つでこのうちホウ素は非金属の性質が強いのでメタロイドに分類されている。残る4つのうち、ガリウムは融点が29.78 で空気中で燃えるため金属材料として使われることはほとんど無く、化合物半導体として太陽電池等に使われている。金属としては沸点が2043 と高いので高温での温度計として使われる。タリウムも化学的には a グループに性質が似ているので金属材料としてはあまり使われない。有毒であるので、鼠取りや蟻の駆除に化合物が使われてきたが、近年光学用の用途が見付かっている。金属は、水銀に溶かすとその融点を下げることから低温用の温度計やスイッチに使われる。

#### アルミニウム

地表の存在比は81,300g/tonと酸素、シリコンに次いで3番目に多いが、このグループの元素は薄く広く分布しているので他の金属のように多いとの感覚を受けにくい。比重2.7、融点660 の銀白色金属で、電気抵抗は $2.69 \mu / \text{cm}$ であって b グループに次ぎ小さい。純金属の硬さは、モース硬度2.9、ブリネルで25と軟らかい。非常に酸化しやすく、新鮮な面を通常分析に使う程度の高真空に置くと10分以内に酸化物で覆われると言われている。溶融した物に水をかけると爆発的に燃える。

細い線を酸素中で燃やすと激しい光を発して燃えるのでフラッシュランプのマグネシウムの代わりとする。酸化物は白色の粉末であるが、非常に緻密な膜を作ると半透明になる。酸化物の結晶した物は非常に硬く各種の宝石が知られている。

アルミニウムとその合金は非常に種類が多く J I S に定められた物だけでも35種類を越えている。それぞれの用途毎に成分、強さ、伸びやすさなどが規定されているが、ここでは一般的な性質に止めておく。アルミニウムの特徴は、非常に軟らかい金属であるにもかかわらず加工を加えると急激に硬くなることである。ほとんどの金属が加工硬化を起こすが、アルミニウムの場合極端でそのために繰り返し力を加えていると疲労破壊を起こす。又は、表面が酸化物皮膜で覆われているため、部分的に皮膜が破壊すると縦に深い腐食を

起こしやすい。このような腐食は、酸化膜で保護されている金属全てに見られマグネシウム、チタン、ステンレス鋼等がこの典型である。このような腐食の起きているところに力がかかると腐食孔付近に力が集中し割れてしまういわゆる応力腐食割れ等も起こりやすい。

用途は、軽い割に丈夫であるとの特徴から鋼材と同じ位広く用いられ、航空機や電線を始めとして、調理器具、窓枠、包装材料等あらゆるところに用いられている。又は、純金属の箔が容易に作れるとの特徴から、電解コンデンサーとして広く用いられてきた。最近では平滑面が作りやすいとの特徴を生かして、ハードディスクの基板や反射鏡にも使われている。PS板と言う印刷用の原板なども作られ印刷技術が変化した。

表面の酸化膜をさらに成長させるため陽極酸化と言う処理が施され(通称アルマイト)、耐食性が向上する。この皮膜は、作ったばかりには多孔質でこの孔の中に金属の酸化物や、染料、顔料等を含ませてから封をすると各種の色を持たせることができる。ただ、この処理をするためにはアルミニウムの純度の高い物を使わないと添加した元素の酸化物が酸化膜中に濃縮されるため、最初から色のついた皮膜となり、思う通りの着色が困難になる。

融点が低いため、亜鉛と同様ダイカストとして金具や装飾品が作られるが、これは、銅やケイ素を含んでいるため、陽極酸化をすると黒ずんだ色になってしまう。この物はめっきによって表面処理をする。自動車のエンジンもこの方法で作られている。

その他の用途としては、酸化物がセラミックスの原料として重要であり、不純物を加えた酸化物を酸水素炎で溶融して結晶成長をさせると人工ルビーや人工サファイア等の宝石ができる。これはレーザー等に用いられたが最近ではYAGと呼ばれるガーネット系の物だけがレーザー用になっているようである。他には、酸化物を研磨剤に用いたり、塩化物を排水処理の助剤にしたり、リチウムとの合金に水素を付けた物を有機物の合成に使う。等の重要な用途がある。

他の金属と合金にしてその性質を改善するためにも多く使われている。

## インジウム

地表の存在比0.1g/ton、比重7.31、融点156.6 の銀白色の非常に軟らかい金属である。比抵抗は、22 で、 $8.8 \mu / \text{cm}$ である。溶融した物をガラス板の上に流すと油のように薄く広がり箔となる特徴を持っている。

融点が低すぎるので金属としての用途は少なく、真空装置のパッキング等に使われる。

昔は、ボールベアリングの玉にめっきして、航空機のエンジン等の高温での潤滑剤としたとの記録もあるが現在使われているかどうか定かでない。銀の表面にめっきして加熱拡散させて銀のさびを防ぐことができると言われているがまだ確認していない。

金属としての用途よりもアンチモンとの合金が半導体として知られ、磁気センサ等に用いられる。

## b 金属 ( 稀土類金属 )

稀土類金属の名が示す通り産出量が非常に少ないので金属単独で使われることは非常に少ないが、他の金属中に合金成分として加えると特徴的な性質を示すようになることから注目されている。

スカンジウム、イットリウム、ランタノイドと呼ばれる15種類の金属、アクチノイドと呼ばれる約10種類の金属がこれにあたる。アクチノイドの中には天然には存在しない物も数多く含まれている。この項を a 金属の後に置いたのはこのためである。このグループの中で我々が触れたり、耳にすることのできる物のみ、簡単に述べる。

イットリウム - - - ガーネット中に加えてレーザーの光源に使われている。

セリウム - - - 古くから鉄との合金がライターの発火石として使われてきた。これは、セリウム単独では無くミッシュメタルと呼ばれる稀土類金属の混合合金である。ミッシュメタルは、鉄鋼生産時の添加材料として用いられ、高張力鋼と言う薄くても丈夫な鋼材が作られる。又は、マグネシウムやアルミニウムの機械的特性を改善するための合金材料として使われている。

サマリウム - - - コバルトとの合金が強力な永久磁石となることが認められ話題となった。理論的にはプラセオジウムの方が優れているとされているが、生産量の多いセリウムも使われる。コバルトの一部を鉄に変えた物など、いろいろの研究が為されており、一括して稀土類磁石と呼ばれ実用になっている。

トリウム - - - アクチノイドは天然放射性同位元素を含むことが多く、移動等について国際規制物質になっている。トリウムもこの仲間であるが、何故か溶接棒等に加えられて特性の改善に使われると聞いている。

ウラニウム - - - ウラン235が放射性元素であることは良く知られており、原子炉の核燃料としての用途が多いように見受けられるが、天然物はほとんどがウラン238からなっているため、昔からその化合物は蛍光物質と混ぜて光を維持させたり、化学分析の指示薬としていろいろに使われてきた。

プルトニウム - - - 核増殖炉の燃料や原子爆弾の材料として知られている。

## b 金属

チタン、ジルコニウム、ハフニウムの3つである。3者共に非常にさびやすい金属でそのさびは傷つけられても、容易に補修されるため、高耐食性材料として注目されている。地表での存在量が比較的多いにも関わらず、その酸化物を金属にするものの困難さから最近まで利用されていなかった。

### チタン

地表の存在比4,400g/ton、比重4.54、融点1,668 の銀白色金属で、電気抵抗は55  $\mu$  / cmである。硬さはブリネルで110~160でほぼ軟鋼と同じ位である。チタンの引っ張り強さ

は、炭素鋼と同じ程度であるから、重量当たりの強さがアルミニウムの6倍もある。表面にできる酸化物が非常に耐食性が強く、塩水、酸化性の酸、アルカリにも良く耐えるので工業用のプラントで良く用いられている。眼鏡フレームなどに用いられる物は6%のバナジウムと約3%のアルミニウム又はスズを含む合金である。耐食性のある酸化物で覆われているため、人体への影響が少なく外科手術や各種の装身具に加工される。耐熱性があり400 までではほとんど影響無く使用できるが、700 を越えると酸化膜が成長しぼろぼろになる。ニッケルとの1：1合金が形状記憶現象を示すことが話題となっている。

酸化物の色は、白色か鮮やかな紫色であって、白色の物の単結晶はルチルの名で知られている。白色の物は、微粉末にすることができるので、おしろいの原料や焼結してコンデンサーが作られる。又は白色の酸化物に僅か不純物を含んだ半導体は、光を受け水を分解して水素と電気が同時に取り出せることが分かり注目をあびている。

酸素では無く窒素と反応させると金色の硬い窒化物ができることから、真空中でチタンをイオン化し、窒素と反応させて皮膜を作ることが工業化されて、各種の工具類にT I Nコーティングとして行われる。時計のバンド、各種装身具にも金のような外観を与えるために利用されている。

#### ジルコニウム、ハフニウム

地表の存在比は、ジルコニウムが220、ハフニウムが4.5g/tonであり。両者はほとんど一緒に存在する。比重はジルコニウムが6.45、ハフニウムが13.29である。融点はジルコニウムが1,852 、ハフニウムが2,150 で、電気抵抗はジルコニウムが44ハフニウムが35.5  $\mu$  /cmである。化学的には、両者ほとんど同じ性質で、チタン同様酸化皮膜による耐食性が優れている。両者とも放射能に対する特性が良いので、原子炉の材料として使われ、一般には金属としては真空装置のガス抜き（ゲッター）以外にはほとんど用いられていない。

酸化物は白色で、ジルコニウムの酸化物単結晶は非常に屈折率が高い。このため、ダイヤモンドと同様のカットを加えて偽ダイヤモンドとしたり、ジルコニアの名前で宝石として愛用されている。両者とも酸化物をアルミナ系のセラミックスに加えるとセラミックス特有の脆さが減少するので、可とう性セラミックスを作るのに用いられる。

#### a 金属

炭素、ケイ素、ゲルマニウム、スズ、鉛の5つであるが、炭素は非金属、ケイ素とゲルマニウムは半導体として取り扱われ、金属として扱われるのはスズと鉛である。両者とも軟らかい金属で昔から利用されている。炭素、ケイ素は他の金属に微量合金元素として添加され、その性質を変えるのに用いられる。

#### スズ

地表での存在比は40 g /tonで、比重は7.3、融点232 の白色の金属である。硬さはモー

ス硬度1.8、ブリネル硬度で5.3と延性、展性に非常に富んでいる。

電気抵抗率は鉄よりやや大きく $12.8 \mu / \text{cm}$ である。17.85 に結晶の転移点があり、白色の固まりから灰色の粉末へ又ははその逆の変化がある。この転移は温度条件だけでは必ず起きるとは限らず、この温度以下で何かのきっかけ - 例えば灰色スズの粉末に触れるなど - があると一瞬にしてスズの容器が粉々になる。等と言うことが起こり得る。近世ヨーロッパでスズペストと呼ばれ恐れられた。スズは強い酸にもアルカリにも容易に溶けるが、中性付近ではほとんど溶解しない。酸やアルカリに溶かした物を水で薄めると容易に分解して白い沈殿を生じる。日常生活の雰囲気では透明な薄い酸化物で覆われるためさびにくく変色も少ないこと、融点が低く成型が容易なこと、軟らかくて模様等が付けやすいこと等から食器や人形等に用いられた。青銅鏡等はアマルガム法でスズをめっきして使われたと言われている。戦前は箔にして包装材料（銀紙と言った）に用いられたが現在はアルミニウムにかわっている。現在の金属スズの主な用途は、合金の材料特に鉛とのはんだ合金、銅との青銅等に良く使われている。又は、スズめっきは鋼板の防せいに用いられ、ブリキの名前で親しまれている。銅の調理器具の内面にはスズめっきが義務づけられている。これは、昔の銅精練技術ではヒ素が充分取り除かれていなかったり、先に述べた赤銅（烏金）が使われたりしたことから、食物中にヒ素が溶け出すことを防ぐためであって、今もその名残りを留めている。電気電子産業では、銅の酸化防止とはんだ付け性を維持するためスズめっきが行われるが、現在では純粋？のスズめっきは腐食性の環境で、結晶の再配列が起きウイスカと呼ばれるひげ状の単結晶ができて回路をショートする恐れがあるとされ鉛を微量加えたはんだめっきが用いられている。

スズの酸化物はやや黄色みのある白色で、薄い膜にするとほとんど透明となる。この膜はかなり抵抗が大きいものの作り方次第で電気を通すことが可能である。アンチモンやインジウムの酸化物を少し加えると電気抵抗が減り、透明電極となる。ガラスの上にこのような膜を付けた物がITOとかネサガラスの名前で使われ、太陽電池とか液晶ディスプレイとかELやECの電極として使われている。

スズの化合物はこの他にもセラミックスやプラスチックや繊維にめっきを行う際の微小電極形成に必要な物質である。

ブチルスズ等の有機スズ化合物は栽培漁業用の網に海藻や貝が付着するのを防ぐために使われていたがその毒性が問題となり現在は使用されない。

## 鉛

地表での存在比は16g/ton、比重は11.34で、融点327.4 の光沢のあまりない銀色の金属である。硬さはモース硬度1.5、ブリネルで4~6と非常に軟らかい。電気抵抗率は $22 \mu / \text{cm}$ である。硫酸に対する耐食性が非常に大きい、一方有機酸やアルカリに対してはあまり強くない。中性付近ではほとんど溶解しない。

用途は、古くから給水管として用いられ、現在も寒冷地等ビニル管の使えないところ

で使われている。硫酸工業のプラントの内張り、鉛蓄電池の電極には無くてはならない金属である。軟らかさを解決するために2~7%のアンチモンを加えた物が硬鉛と呼ばれ、クロムめっき等硫酸を用いた電解装置の容器や不溶性陽極として使う。鉛蓄電池の電極の枠等は硬鉛である。

鉛は比重が重く安価で、電離放射線を遮断することから、X線撮影の部屋の内張りとして有効である。

酸化物は鮮やかな色が知られ、昔から密陀僧（黄 - 一酸化鉛）、鉛丹、光明丹（赤 - 四三酸化鉛）が顔料として用いられた。現在でも四三酸化鉛はその毒性故に船底塗料として使われている様である。塩基性炭酸鉛は白色の微粉末で白色の顔料として使われた。非常に良く伸びるのでおしろいの中に加えられて長く美人製造に役立ってきたが、素肌が黒くなると言う副作用があるため現在はチタン白（ルチル粉末）に変わっている。ガラスに加えると、その透明度や屈折率を変えることができ、クリスタルガラスの名でレンズや光学機器、食器等に多く使われている。クロム酸鉛も鮮やかな黄色で、300 に加熱すると赤くなる。これも顔料として使われていた。

有機鉛化合物はガソリンのアンチノック剤として使われていたが、毒性があるため現在はほとんど使われない。

## b 金属

バナジウム、ニオブ、タンタルの3つでいずれも高融点金属である。ニオブとタンタルはその性質が似ている。いずれも単独ではあまりポピュラーでない。

### バナジウム

地表での存在比は150g/ton、比重は6.11で、融点1,919（推定）の銀白色金属である。電気抵抗率は $24.8 \mu / \text{cm}$ である。単独で使われることはほとんど無く、合金として他の金属の物性を上げるために使われている。単独ではめっきできないが、コバルトめっきに共電着させるとその結晶構造を変えることができる。

五酸化バナジウムは、褐色がかった黄色い化合物で石油精製工場での硫黄分を取り除くための触媒として使われる。

### ニオブ、タンタル

地表の存在比はニオブが24、タンタルが2.1g/ton、であり。両者はほとんど一緒に存在する。比重はニオブが8.57、タンタルが16.6である。融点はニオブが2,468、タンタルが2,996 と非常に高い。電気抵抗はニオブが14.6 タンタルが $13.6 \mu / \text{cm}$ である。化学的には、両者ほとんど同じ性質で、耐食性が優れている。加工性が良いため、高温用化学プラントに使われる。

ニオブの合金は低温で超電導現象を示すので注目され、特にチタンとの合金は加工性

が良いことから針金にしてコイルを作ることができるので各方面で実用に使われている。低温超電導現象を示す合金としてこの他に、ニオブ - ジルコニウム、ニオブ - スズ、バナジウム - ガリウム、ニオブ - ゲルマニウム、ニオブ - ガリウム等が知られている。

タンタルは電解コンデンサーとしても使われる。

#### a 金属

このグループに属する物は、窒素、リン、ヒ素、アンチモン、ビスマスの5つであるが、窒素は非金属、リンはメタロイド、ヒ素とアンチモンはセミメタル（半金属）に分類される。メタロイドと言うのは、非金属の結合をしているにも関わらず金属のような挙動をすることがある物を言う。セミメタルとは、金属のくせに非金属的な性質を持つことがある物を言う。

#### ヒ素

地表での存在比は5 g/tonで、比重は5.727（灰色）2.0（黄色）4.73（黒色）の3種類の物がある。融点814 の金属である。613 で固体からいきなり気体になる。硬さはモース硬度3.5である。電気抵抗率は333  $\mu$  /cmである。灰色ヒ素が最も安定で、通常の酸にもアルカリにも溶けないが、用途がないのでほとんど製造されず、もっぱら亜ヒ酸の形で留めている。金属の用途はほとんど半導体の製造でガリウムとの合金等が作られている。亜ヒ酸はきわめて毒性が強いが、農薬やガラス工業等に使われる。ヒ素化合物は全て有毒であるが、最も毒性の強いのは半導体の気相合成やドーピングに使われるヒ化水素である。

昔は健康に良いとされ、1950年代まで滋養強壮剤等に配合されていた。

烏金のところで述べたように、極微量が他の金属に含まれると耐食性や耐変色性が増すことが知られている。

#### アンチモン

地表での存在比は0.1 ~ 0.2 g/tonで、比重は6.68、融点630.5 の白色の金属である。硬さはモース硬度3.0である。電気抵抗率は42  $\mu$  /cmである。通常の稀酸やアルカリには溶けない。加熱すると青い炎を出して燃える。塩化物等を含むめっき液から電着すると爆発性アンチモンが生成するとされている。単独の金属としての用途はほとんど無く、昔は亜鉛と合金にしてアンチの名で人形等の置物が作られた。鉛等と合金にして使われるが、合金にするとその金属を硬く脆くする性質がある。五酸化二アンチモンが黄色い他は無色か白い酸化物を作り有毒である。

三塩化アンチモンは、鋼上のめっきを酸で剥離するとき母材を保護するための添加物とする。

その他にインジウムやガリウムと合金にして半導体とする用途がある

## ビスマス

地表での存在比は0.2 g/tonで、比重は9.8、融点271.3 の銀白色の金属である。硬さはモース硬度3.5このグループ中唯一金属らしい性質を持つ。電気抵抗率はポピュラーな金属中最も大きく $106.8 \mu / \text{cm}$  (0 )である。熱伝導率が水銀に次いで低く、凝固の際に3.32%膨張するなど変わった性質を持っている。

金属としての用途はほとんど低融点合金（ウッド合金、低融点はんだ、ヒューズ合金等）の原料とされる。

化合物は、いろいろなところで使われている模様であるがあまり明らかでない。かつてはデルマトール（没食子酸ビスマス）等と言う傷薬もあった。

## b金属

クロム、タングステン、モリブデンの3つである。タングステンとモリブデンは高融点金属としてそのまま使われるが、3者とも他の金属と合金にして硬さや耐食性を上げるために使われることが多い。この中では、クロムのみが電気めっきができる。

## クロム

地表での存在比は200g/ton、比重は7.19で、融点1,875 の光沢のあまりない灰色の金属である。硬さはモース硬度9?、ビッカース硬度（ブリネルとほぼ同じ）で約400と比較的硬い。電気抵抗率は $12.9 \mu / \text{cm}$ である。モース硬度に?を付けたのは化学便覧に記載するときにクロミア（三二酸化クロム）の硬さを誤ったのではないかと思われる。さも無くば電気めっきで可能な熱処理した非晶質クロム（ビッカース約1800）より硬いクロムが存在するとは思えない。純金属として我々の目に触れるのは電気めっきによって作ったクロムであるが、この表面は通常の冶金法で作ったクロムとは全く違って白く硬いクロム（ビッカース800~1200）で内部にある歪みが影響していると言われている。気相法でガラスに付けた自動車用の鏡もやや灰色みがある白色である。表面は不働態と呼ばれる薄い酸化物で覆われるため、非常に耐食性が良い（クロムめっきは割れ目があるので下地を保護する力は無い）。クロムを含む合金、特にステンレス鋼などがさびないのもこの皮膜ができるためである。塩酸には非常に弱く、不働態層が破壊されると共に激しく溶解する。不働態層を除くと硫酸にも溶解するが硝酸では逆に不働態が成長する。

クロムを含む合金は特にステンレス鋼が良く知られている。これは鉄のところ述べる。この他にはモリブデンと共に加えた工具鋼が良く使われている。

クロムの酸化物は黒、緑、赤の3種類があり、黒と緑は水にとけない。緑の物の結晶は硬いので、研磨材に使われ、木蠟等で固めた物はグリーンルージュとか青棒と呼ばれ仕上げ研磨等に用いられる。

赤い酸化物は水に良くとけ、酸性では赤く、アルカリ側では黄色くなる。この物は酸化剤として強力で、可燃性の物と触れると反応によって燃え出す。人体にとっても有害で、

特に粘膜に触れるとその部分を溶かしてしまう。銅、黄銅、亜鉛、鉄等のさびどめや変色防止に使われたり、クロムめっき液、皮革のクロムなめし等に使われる。一般に6価クロムと呼ばれている。クロム酸鉛は鉛の項で述べたように顔料となる。

ルビーの赤い色は6価クロムによるものである。

### タングステン

地表での存在比は69g/ton、比重は19.3で、融点は3,410 と汎用金属中最も高い灰白色の金属である。硬さはモース硬度6.5~7.5と硬い。電気抵抗率は $5.5 \mu / \text{cm}$ であって比較的電気を通しやすい。湿気を含んだ環境で加熱すると300 以上で酸化して粉末が霧のように立ち上がる。窒素気流中では2,500 以上で窒化物を作る。フッ化水素酸 + 硝酸や熱濃アルカリに溶け、その他の酸には僅かに溶ける。用途はほとんどが電球や計測管のフィラメントであるが、真空中で高熱のかかる金属の必要な部分に使用される。酸化物の色は、褐色か黄色であるが、タングステン酸を水溶液にして電解すると鮮やかな青い色になる。これを導電性ガラスに写し取って焼結したり、気相製膜法で青い皮膜を作った物がEC材料として研究されている。

炭素との合金をコバルト等を結合剤として固めた物は、超硬工具として金属の切削刃物として使われている。

### モリブデン

地表での存在比は15g/ton、比重は10.22で、融点2,610 の銀白色の金属である。電気抵抗率は $5.78 \mu / \text{cm}$  (27 )である。ハロゲンガスや酸素中で加熱すると容易にハロゲン化物や酸化物となる。塩酸、フッ化水素酸、稀硫酸にはとけない。熱膨張率が小さく熱伝導度が良いことから、タングステンフィラメントをコイル状に巻く棒に使われる。モリブデン自身も電極や電気炉のヒータ、ミサイル等の高温部に使われる。鉄との合金は工具鋼として知られている。

タングステンとモリブデンは単独ではめっきできない金属であるが、ニッケルやコバルトと同時にめっきすることができ、ついた金属はアモルファス(非晶質)と呼ばれる結晶構造となり、通常とは違った性質となる。

酸化物は、褐色か無色で、水分があると薄い黄色となる。この酸化物はタングステンと異なり、電気めっきのような方法でめっきのように導電性ガラスや金属に付けることができる。導電性ガラスの上に薄く付けた物はEC材料となる。金属の上に付けると厚さによって色を変えることができる。この酸化膜は水に溶けるので、空気中の湿度によって色が変わるとの欠点がある。又は、この酸化膜は700 を越えると昇華してしまう。

硫化物は黒く、板状の構造をしているので、固体潤滑剤として良く使われている。

### bグループ

酸素、硫黄、セレン、テルル、ポロニウム、の5つであるが、金属は放射性元素であるポロニウムだけで、硫黄、セレン、テルルはメタロイドである。故にここではスキップする。

## b 金属

マンガン、テクネチウム、レニウムの3種で、このうちテクネチウムは人工元素であって天然には存在しない。

### マンガン

地表での存在比は1,000g/ton、比重は7.44、融点1,244 の銀白色の金属である。電気抵抗率は $185 \mu / \text{cm}$ で金属中最も大きい。モース硬度5.0である。非常に反応性に富み、空气中で直ちに酸化して、黒い二酸化マンガンの皮膜を作る。水や酸にも徐々に溶解するので、大量に存在するにも関わらず金属として単独で使われることはほとんどない。金属精練の際の脱酸、脱硫剤として加えられる。合金としては、非鉄金属の性質の改善として加えられたり、特殊な用途の鋼に用いられる。

酸化物は黒い二酸化マンガンの最も安定であり、乾電池の電極やガラスの着色に多く用いられている。この他に緑色の酸化物もある。

他のマンガンの用途は、酸化物をアルカリに溶解し、さらに酸化して作った過マンガン酸カリウムが、酸化剤として多く使われ、化学分析、医薬品として用いられる。

### レニウム

地表での存在比は0.001g/ton、比重は21.02で、融点3,180 の銀白色の金属である。電気抵抗率は $19.4 \mu / \text{cm}$  (0 )である。このように融点がタングステンに次いで高く、弾性率も貴金属のオスミウムやイリジウムに次ぎ高い。安定な炭化物を作らない。等の優れた特徴を持っているが、産出量が僅かであるため値段が高い。

用途は、タングステンとほとんど同じであるが、タングステンのように水分のあるところで揮発してその先で金属に戻る（水サイクルと呼ぶ）現象を起こさないのも特にタングステンの使いにくいときに用いる。

## の1 鉄族金属

のグループは9つの金属からなっているが、酸に溶け磁石につく鉄族と、そうでない白金族に分かれる。鉄族は、鉄、コバルト、ニッケルの3つで、化学的に共通点が多いが、各々個性を持っており、特にコバルトは常温で他の2つと異なる結晶構造をとるとか、イオンの色が違うなどの特徴がある。

### 鉄

我々が日常鉄と呼んでいる金属は、ほとんどの場合純粋の鉄ではなく鋼と呼ばれる鉄

をベースにした合金である。鋼について詳しく述べる紙面が無いので、ここでは純鉄の性質と代表的な鋼についていくつか説明するに留める。まず鉄について。

地表での存在比はアルミニウムに次多く50,000g/ton、比重は7.82で、融点1,535の灰白色の金属である。硬さは、モース硬度で4.5、ブリネルで56~80。電気抵抗率は $10.7 \mu / \text{cm}$ である。乾燥した空气中、硝酸やクロム酸等の酸化性の酸、アルカリ等の中では不動態皮膜を作り侵されない。湿った空气中では容易にさびる。硫酸や塩酸には容易に溶ける。純鉄の不導態膜は鋼に比べて丈夫であるとされ、正倉院の鉄釘がさびずに残っているとの報告もある。純鉄は、磁石につけた後外しても磁気が残らない(軟磁性体)ので、リレーの接点等に使われる。イオンの色は緑か褐色であるが、酸化物は黒色か赤褐色である。赤褐色の通称赤さびは、結晶化させて、ベンガラ(紅柄)と言う顔料にする。ベンガラは又は研磨剤としても使われる。黒色の皮膜を成長させた物は割れ目の部分を除き耐食性があるので、工具や家庭用品の黒染めとして利用されている。黒染め法としては今一つタンニン酸鉄を作る方法があり(おはぐろ)、この方が耐食性があると言われ古来から用いられてきたが、液の調整が難しく、昔の記録によると作ってから60年以上寝かせた物を使うのが良いとされている<sup>1)</sup>。

#### 炭素鋼

普通に使われる鋼材は、低炭素鋼(S S材)、中炭素鋼(S 30 C ~ S 48 C)及び高炭素鋼(S 50 C ~ S 58 C) - S C材と言う - の3種に大別されるが、用途別にさらに多くの種類がある。普通に見られる鉄板等は低炭素鋼で、0.3%以下の炭素を含み、その他にケイ素、硫黄、リン、マンガン等の数種元素が加えられた合金である。ちなみに軟鋼(炭素0.2%以下のS S材)のブリネル硬さは110~170、高炭素鋼は180~240である。後述のステンレス鋼は200以下と定められている物が多い。中炭素鋼は、焼き入れをして機械部品に使われる。SとCに挟まれた数字は炭素の量を表しS 30 Cは0.3%前後の炭素を含んでいる。高炭素鋼は、特に硬さや耐摩耗性を要求する用途に使われる。

#### 鑄鉄

炭素1.7~6.67%含む炭素鋼を言い硬く脆い。ねずみ鑄鉄、白鑄鉄、まだら鑄鉄等がある。いろいろな合金元素を加えた特殊鑄鉄や、製造法に工夫を加えた可鍛鑄鉄等も使われる。通常の鑄物の他、水道管等の配管用材として使われる。

#### 低合金鋼

中炭素鋼程度の鋼材を作る際に各種の合金元素を数%以下加えた物で、強度等が増加する。例としては、マンガン鋼、マンガン - クロム鋼、クロム鋼、クロム - モリブデン鋼、ニッケル - クロム鋼、ニッケル - クロム - モリブデン鋼等がある。詳しくはJ I S - Gグループ(鉄鋼だけをまとめた物もある)を参照されたい。

#### 高張力鋼

自動車のボデーに使われている。低炭素鋼にケイ素、ニオブ、ニッケル、クロム、モリブデンなどを加えた物で強度が高くなるため板厚を薄くできる。高層ビルなどにも用い

られる。

その他

切削加工を容易にするため、硫黄を多く加えた硫黄快削鋼、鉛を加えた鉛快削鋼等がある。

注意

これらの鋼材を使用した場合、後で表面処理が必要なことが多いが、材質を J I S 番号等で明確にしておかないと、各々表面の化学的性質や構造が違うので、前処理によって破壊されたり、表面処理ができないことがある。又は、浸炭、窒化等を行うと表面が金属で無くなるのでこの層を除去しないとめっきは密着しない。

### ステンレス鋼

13%以上クロムを含む合金鋼をステンレス鋼と呼ぶ。表面にクロムの不働態ができるためさびにくくなる。さびにくいのであってさびないのではないから注意が必要である。マルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系、二相系、析出硬化型の5つがある。マルテンサイト系は、13クロムと呼ばれ、焼き入れ硬化性がある。刃物や機械部品に使われるがニッケルを含まず、耐食性はあまり良くない。フェライト系は、炭素量を少なく押さえ、クロムの量を14から18%に増やした物で、一般に良く見掛ける比較的さびやすいステンレス鋼である。この二種は J I S では S U S 400番台が付けられている。オーステナイト系は J I S で S U S 300番台のついた物で、一般には S U S 304のクロム18~20%、ニッケル8~10%の物が18-8ステンレスとして使われることが多い。モリブデンを加えたりチタンを加えたりいろいろの種類がある。オーステナイト系ステンレスは磁石につかないので直ぐに見分けられるが、強い加工を行うとオーステナイトと言う組織が壊れて磁石につくようになり、この部分がさびやすい。他の二種は省略する。

ステンレス鋼はクロムの不働態膜が保護皮膜となっているので、この皮膜中の酸素が塩素に置き変わると水に溶けるようになるので破壊が起きてさびる。つまり、塩化物イオンに弱いことを知っておく必要がある。不働態を作る金属は小さく深いさびを作るので、見付けたら早くさびを除いてやる必要がある。力がかかるとこのさびに力が集まって割れることすらあるので高温の塩化物は避けた方がよい。

## コバルト

地表での存在比は23g/ton、比重は8.90で、融点1,493 の灰白色の金属である。モース硬度は5.5、電気抵抗率は $5.68 \mu / \text{cm} (0)$  である。化学的にニッケルと同一視され、最近まで工業用のニッケル系薬品にはNi + Co 99.9%等の表示があった。我々の経験では、ニッケルよりむしろ鉄に近いと考えた方が良い様である。酸には良く溶けるがアルカリには溶けない。酸化物の色は黄色か黒である。金属も酸化物も磁性が大きくしかも方向性がある。靱性が大きい金属であることから、超硬刃物のバインダー等に用いられる。金属としての最大の用途は磁石合金であって、稀土類磁石の母材である。その他金と合金にして硬質にしたり、鉄系やニッケル系の金属の性質を変えるための合金材料として使われる。

イオンの色は、水分が無ければ青、水分のある時にはピンクとなるので、水分のモニターとして使われる。サファイアの青はコバルトによるものである。

コバルトにバナジウムを僅かに加えたためっきは常温で存在しない様な構造の物ができその性質もコバルトと異なる。モリブデンを加えてめっきすると非晶質になり耐食性が無くなる。

## ニッケル

地表での存在比は80g/ton、比重は8.9で、融点1,452 の銀白色の金属である。モース硬度3.5、ピッカーズ硬度90~120、電気抵抗率は $6.84 \mu / \text{cm}$  である。薄い硝酸に良く溶けるが、塩酸や硫酸では少し溶けるだけである。アルカリにはほとんど溶けない。濃硝酸では不動態化する。酸化物は緑みのある黒色である。耐食性が良いなど、鉄よりはるかに優れた物性を持っているが、そのまま使われることは少なく、純ニッケルの表面が欲しいときにはめっきによって鋼等の表面を覆って用いる。合金は化学プラントで多用され、銅30%含むモネル、クロム15~20%に銅0.2%を加えたインコネル、モリブデン22~32%のハステロイA及びBとモリブデンの半分をクロムにしたハステロイCおよびF、等多数知られている。クロム20%の合金はニクロムとしておなじみである。

リンを15%ほど含む合金めっきは非晶質となり、磁性が無くなるのでハードディスク等の表面調整と硬化に用いられている。

ニッケル - クロムのめっきは、いたる所に使われている。

## の2 白金族

ルテニウム、ロジウム、パラジウム、オスミウム、イリジウム、白金の6種で、水素存在下に置かれたパラジウムを除いて化学的に安定な金属である。白金とパラジウムはモース硬度で白金が4.3、パラジウムが4.8のように加工が容易であるが、他はイリジウムの6.5のように硬い金属である。オスミウムは青味を帯びた灰色、ルテニウムは黒又は銀白色であるが他の4つは銀白色である。

地表での存在比はきわめて少なくパラジウムが0.01、白金が0.005の他は全て0.001g/tonである。比重はパラジウムが12.02、ルテニウムが12.4、ロジウムが12.44、白金が21.40、イリジウムが22.42、オスミウム22.5である。融点は、パラジウム1,552、白金1,769、ロジウム1,960、ルテニウム2,250、イリジウム2,410、オスミウム3,000ときわめて高い。

用途は、イリジウムが万年筆のペン先に使われたが、現在も使っているかどうか定かではない。ロジウムは装飾用の他、X線の線源等に使われる。ルテニウム、オスミウムは、電気接点等に使われているらしい。

パラジウムは、水素に対して特異な挙動を示す。即ち、水素を選択的に吸収し反対側へ吐き出す。水素を選択的に通過させるフィルターとなる。水素気流中に置くと水素を吸収して、粉末状になる。1990年頃常温核融合ができると言い出した人が居てパラジウム電極が盛んに研究に使われた。パラジウム塩はセラミックスやプラスチックにめっきするための微小電極を形成するためスズ塩と共に使われる。

白金は装身具として使われることも多いが、工業用としても重要な金属で、電気化学プラントの電極やそうにチタンにめっきしてつかわれる。自動車の廃ガス分解の触媒や化学反応の触媒としても欠かせない。白金の触媒としての能力はかなり古くから認められ、ごく最近まで白金カイロの名で低温燃焼を利用した懐炉があった。

白金の性質として面白いのは、高温で他の金属に触れると直ちに合金を作り崩れることである。従って、高温になるところでは白金の傍に他の金属を近付けてはならない。

白金同士を繋ぐには、スポット溶接を使うか両者を赤熱してから接触させ小さな槌で叩くと接続する。

## 引用文献

数値や内容については以下のような物を参考とした。

1) 遠藤元男、小口八郎；金属表面工業全集「日本の伝統技術と職人」（金属表面技術史）1975；槇書店

JIS G, H, & Z 日本規格協会  
化学便覧、基礎編及び応用編（各版）丸善  
金属表面技術及び表面技術（各号）  
J.Electrochem.soc. (各号)