

始

6 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 cm

冶金學大意

冶金學大意

特254  
690



冶金學大意

東京・銀座  
財團法人國民工業學院  
發行



# 冶金學大意

## 目次

第1編 冶金學汎論	1—5
第1章 冶金學の定義	1—1
第2章 冶金學用語	1—5
第2編 冶金學各論	5—63
第1章 鐵冶金學	5—17
1. 鐵の分類	5
2. 鉄鐵製造法	7
3. 鍊鐵及び鍊鋼製造法	9
4. 鋼鐵製造法	10
坩堝鋼製造法   ベセマー鋼製造法	
平爐製鋼法   電氣製鋼法	
5. 鋼鑄塊製造法	13
6. 鋼材造形法	13
7. 可鍛鑄物及び滲炭鋼製造法	15
8. 特殊鋼	15
高速度鋼   不銹鋼	
耐熱鋼   磁石鋼	
第2章 銅冶金學	17—31

1. 製錬原料	17
銅鑛 媒熔劑並に燃料	
2. 銅鑛製錬の原理	18
3. 熔鑛爐に依る銅鍍の製造	19
粉鑛の製團並に焼結 熔鑛爐と前爐	
爐内の化學變化 熔鑛爐生成物	
4. 反射爐に依る銅鍍の製造法	23
5. 粗銅の製法	23
眞吹法 轉爐法	
6. 精銅製造法	26
電氣精銅法 金銀の回收	
7. 銅の濕式製錬法	28
ラメーン式銅鑛製錬法の原理	
ラメーン式收銅装置	
<b>第3章 金冶金學</b>	31—38
1. 金 鑛	31
2. 金鑛製錬法	32
混汞製錬法 青化製錬法	
<b>第4章 鉛冶金學</b>	38—42
1. 鉛の製錬原料	38
2. 粗鉛製錬法	39
3. 精鉛製錬法	40
4. 乾式金銀回收法	41
<b>第5章 亞鉛冶金學</b>	42—48

1. 亞鉛の製錬原料	42
2. 乾式亞鉛製錬法	43
亞鉛鑛の焙燒 亞鉛の蒸溜製錬法	
亞鉛の精製	
3. 亞鉛の電解製錬法	45
亞鉛鑛の焙燒 不純亞鉛液の清淨法	
電解法	
<b>第6章 錫冶金學</b>	48—53
1. 錫の製錬原料	48
2. 粗錫の製錬法	48
反射爐に依る粗錫の製錬	
3. 粗錫の製精	51
火力精錫法 電解精錫法	
<b>第7章 金屬及び合金の性質並にその用途</b>	54—63
1. 純金屬の用途	54
2. 合金の用途	55
(1) 銅の合金 (2) ニッケルの合金	
(3) 鉛、錫及びアンチモン等の合金	
(4) 可融合金 (5) 輕合金	

# 冶金學大意

## 第1編 冶金學汎論

### 第1章 冶金學の定義

**冶金學**とは、金屬元素を含有する鑛石から、化學的或は物理的手段に依つて、金屬、合金又は金屬化合物を經濟的に抽出製造する方法を論ずる一學科である。斯くの如くして製造した金屬2種以上を混合して合金を製造し、その原料金屬の性質並に製造された合金の性質を論じ、更に加工して一定の形狀を與へる方法を論ずる場合はこれを**製造冶金學**と名づける。

### 第2章 冶金學用語

冶金學に於ては特殊の學術語が使はれてゐる。以下これ等の術語に對し簡単な説明を加へよう。

イ **製鍊** 原料鑛石から有用金屬、合金又は金屬化合物等を抽出製造する作業を製鍊といふ。製鍊には乾式、濕式並に電氣製鍊の3種がある。第一は火力を應用して原料鑛石の熔融を行ふ製鍊法、第二は原料鑛石を化學藥品で處理して金屬の水溶液を造りこれから目的とする金屬の回收を行ふ製鍊法、第三は電氣の熱を應用するか或はその電氣化學的作用を應用して金屬の製鍊を行ふ方法である。

ロ **精鍊** 鑛石の製鍊によつて生ずる金屬は普通不純物を多量

に含んである。故に純粋な金属を製造するにはこれ等の不純物を抜きとらなければならない。我々は不純な金属の仕上を行つて純粋な金属を製造することを精錬と名づける。

ハ 媒熔劑 原料鑛石の乾式製錬を行ふ場合にその熔融を容易ならしめるため使用する添加劑を媒熔劑と名づける。石灰石、螢石の如きは最も普通に使はれる媒熔劑である。

ニ 燃料 乾式製錬には高熱を要する。しかして製錬に必要な高熱を發生する材料を燃料といふ。木炭、石炭、骸炭、重油並に發生爐瓦斯の如きは乾式製錬に最も普通に使用される燃料である。

ホ 熔鑛爐 爐調合物即ち原料鑛石、媒熔劑並に燃料等を装入し、壓搾空氣を供給して燃料の燃焼を助け、これ等の爐調合物の熔融を行ひ、それ等の間に化學變化を生せしむるために使用する装置を熔鑛爐といふ。この装置はその縦斷面は横斷面よりも遙かに大である、換言すれば丈の高い爐である。

ヘ 反射爐 原料鑛石並に媒熔劑は混じて爐内に装入するが、燃料は別に燃焼室で燃焼させ、その焰の反射熱で乾式製錬をさせる装置を反射爐といふ。普通熔鑛爐のやうに壓搾空氣を使用しない。その縦斷面は横斷面より遙かに小である。換言すれば丈の低い平爐である。反射爐にはその種類甚だ多く、製鋼用の爐は平爐と名づけ、銀含の鉛から銀を製造するとき使用する反射爐を灰吹爐と名づける。

ト 焙燒 或種の鑛石はこれを熔融又は溶解するに先だち、豫めその準備作業として、これを焼いてその成分の一部を燒却するか或は有用金属の酸化物を作ることがある、これを焙燒と名づけ

る。若し金属の鹽化物を作る目的で食鹽を混じて焙燒するときには、特にこれを鹽化焙燒といふ。

チ 蒸溜 亞鉛の鑛石は硫化物であるから、その乾式製錬を行ふ場合には、先づ焙燒して亞鉛の酸化物を作り、後骸炭を加へてレトルト内で還元すれば、遊離されて亞鉛は瓦斯状態となり、これを冷却すれば始めて熔融状態の亞鉛となる。斯くの如く鑛石から有用金属を製錬するに當り先づ瓦斯状態の金属となし、次にこれを熔融状態となさしめることを蒸溜と名づける。

リ 熔出 熔融状態で均一な成分となつてゐる合金は、溫度が下降すればその内の成分が固体となつて析出して來る、この現象を熔出と名づける。例へば、銀を含んでゐる鉛に亞鉛を溶解した後溫度を下げれば、亞鉛は鉛中の銀を吸收して固体となつて析出する、この銀含の亞鉛を鉛と分けて後にこれから蒸溜に依つて亞鉛を追ひ出せば銀は後に殘る。これは銀含の鉛から銀を製錬する一つの方法である。斯の如く合金の成分の熔融點の異なることを利用して、一部の成分を析出させる方法を熔出法と名づける。

ヌ 鍍 鑛石を乾式製錬すると人工的金属硫化物の混合したものを生ずる、これを鍍といふ。銅鑛製錬の結果生ずる銅の硫化物と鐵の硫化物との混合したものはこれを銅鍍といふが如きはその一例である。

ル 砒鍍 鑛石の乾式製錬の結果生ずる人工的金属硫化物の混じつたものに砒化物が混入する時は、特にこれを砒鍍と名づける。

ヲ 緩 又は鑛滓 鑛石の乾式製錬の結果生ずる熔滓を緩又は鑛滓といふ。これは主として鑛石を含む鑛石並に添加した媒熔

劑等が混じて生じた熔滓で、その主成分は珪酸、酸化鐵並に石灰等からなり、その他鑛石中に不純物として混入してゐる各種金屬の酸化物等を含んでゐる。故に鑛の成分は原料鑛石の種類並に媒熔劑の如何に依つて甚しく異なるものである。

ワ 合金 2種或はそれ以上の金屬又は金屬と非金屬とから合成されたもので、金屬と同じやうな諸性質を具有するものを合金といふ。例へば真鍮は銅と亜鉛とより成る合金である。

カ 焼入 金屬材料を或溫度に高めて置いてこれを急に冷却することを焼入といふ。この場合にはその溫度の下に生じた成分の全部又は一部は常溫になつてもその儘に残るから、焼入をした金屬材料は元の儘の金屬材料とその性質を異にする。例へば或一定量の炭素を含んでゐる鋼を或一定溫度に熱し、後にこれを冷水の中に入れて急冷すればその硬さは甚しく増加する。この性質は鋼に限らず他の合金などにもある。

コ 焼戻 一旦焼入した金屬材料を或溫度に一定時間加熱すれば、焼入のために生じた組織は變化を受けるから従つて性質にも變化を來たす。例へば焼入をした鋼を或溫度の下で一時間位加熱すれば、焼入のために硬く脆くなつた鋼は硬くて粘り性質の鋼となる、これは焼戻の一例である。

ク 焼鈍 金屬材料は熱處理及び加工等に依つてその組織に變化を起し硬く脆くなるが、これを或一定時間加熱すれば焼戻の場合と同様に組織の歪は除かれて軟くなる。この作業を焼鈍といふ。

レ 時効 合金の中には急冷したまゝ放置すれば、急冷のため

不安定になつた状態が時日の経過と共に安定状態に復歸しようとするものがある。これを時効といふ。例へばアルミニウムの合金の或種のものには時間の経過と共に段々硬度を増すが如きその一例である。

ロ 鍍金 裝飾用金屬は金又は銀等で薄い被覆を作り外見上眞の金又は銀のやうに見せることがある、斯くの如く一つの金屬の上に他の金屬の薄い被覆を生せしむることを鍍金といふ。鍍金は單に裝飾に限らず薄い鋼板或は鋼線等の錆を防ぐために行はれる、例へばトタン板と稱するものは薄鋼板に亜鉛鍍金をしたもの、ブリキ板は錫鍍金をしたものである。銅、ニッケル、亜鉛、錫、クロム、金、銀等は最も普通に使はれる鍍金用金屬である。

リ 素灰 素灰は耐火材料の一種で、耐火力の強い粘土に木炭粉又は骸炭粉を混合したものである。我が國の火力製鍊場でよく使はれる。

## 第2編 冶金學各論

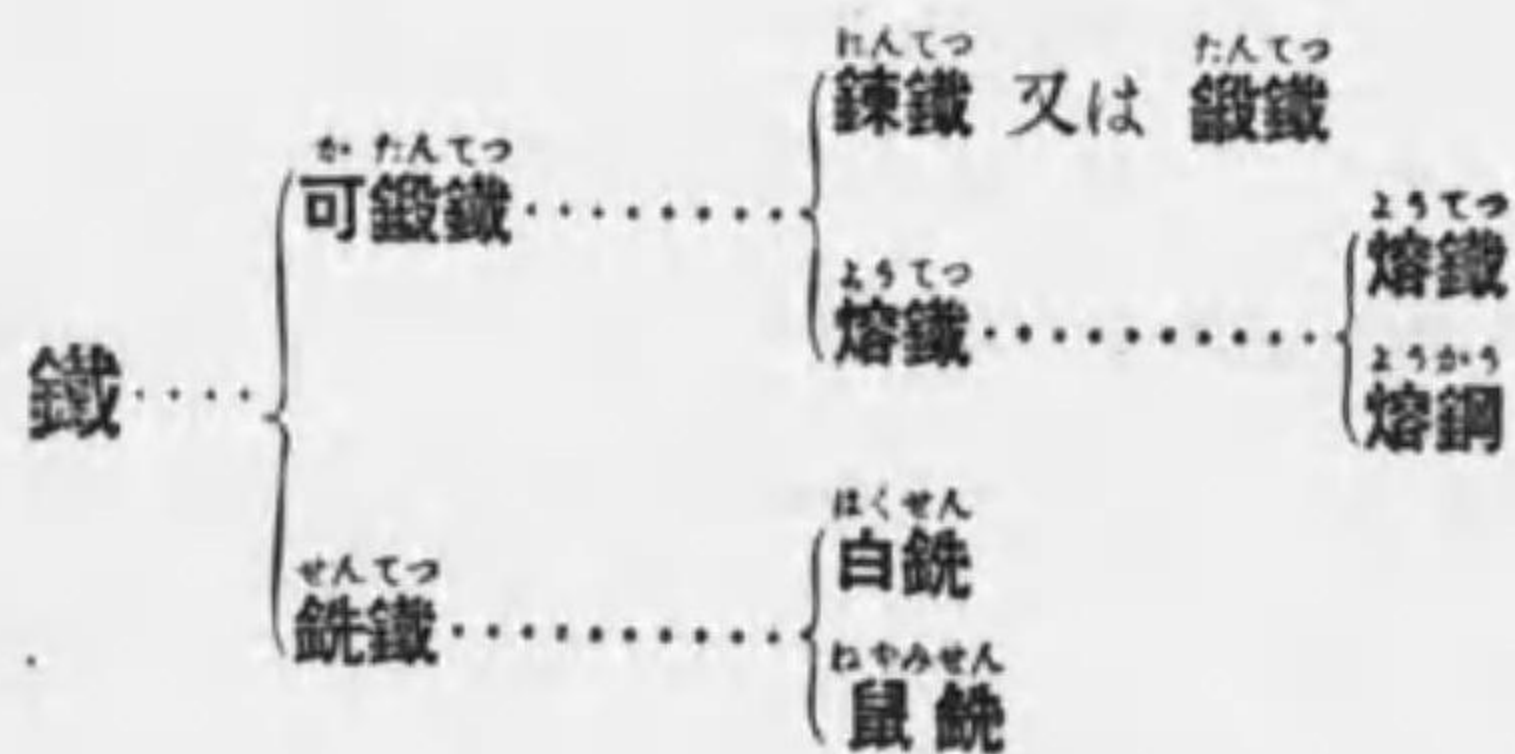
### 第1章 鐵冶金學

#### 1. 鐵の分類

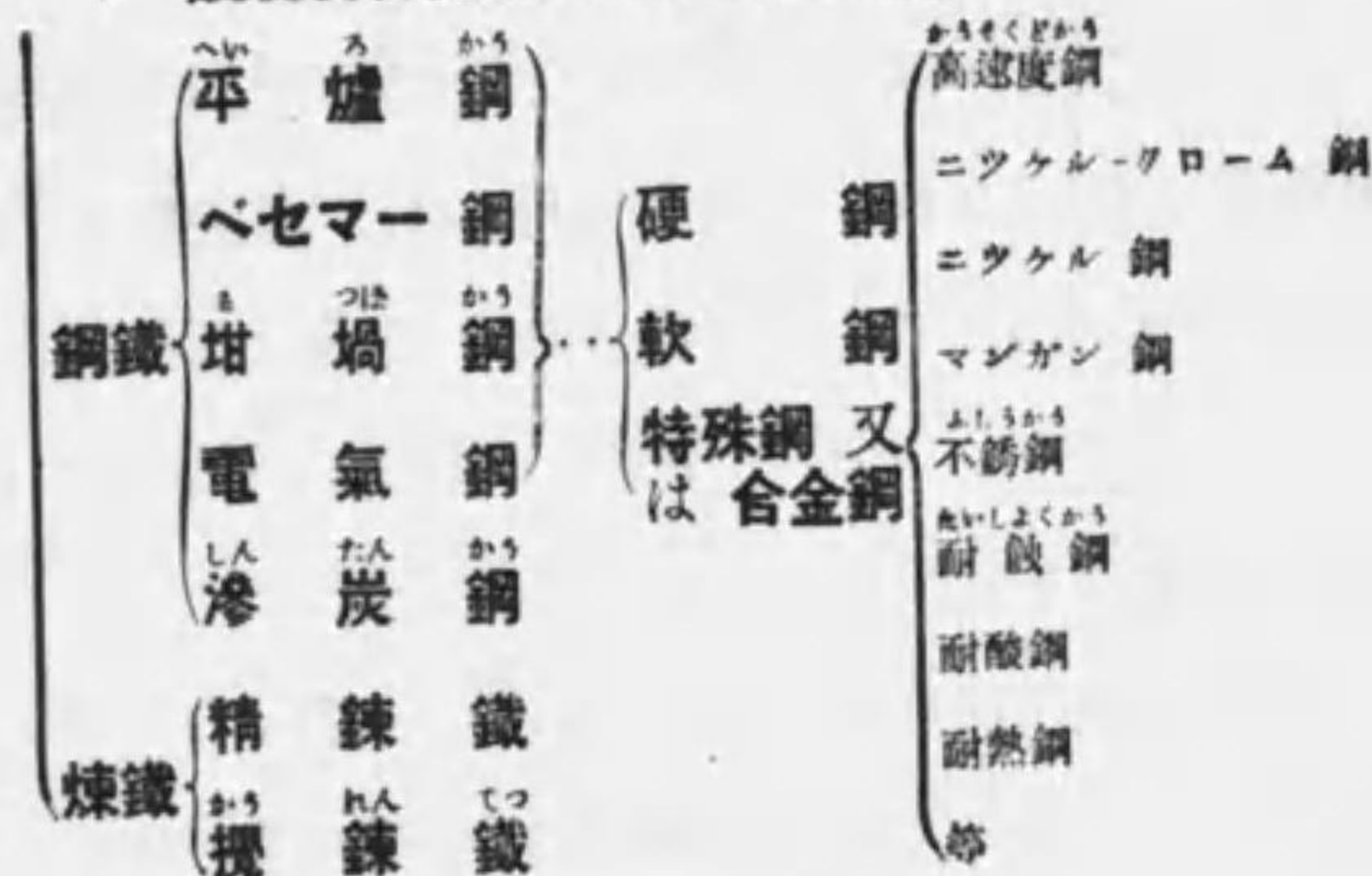
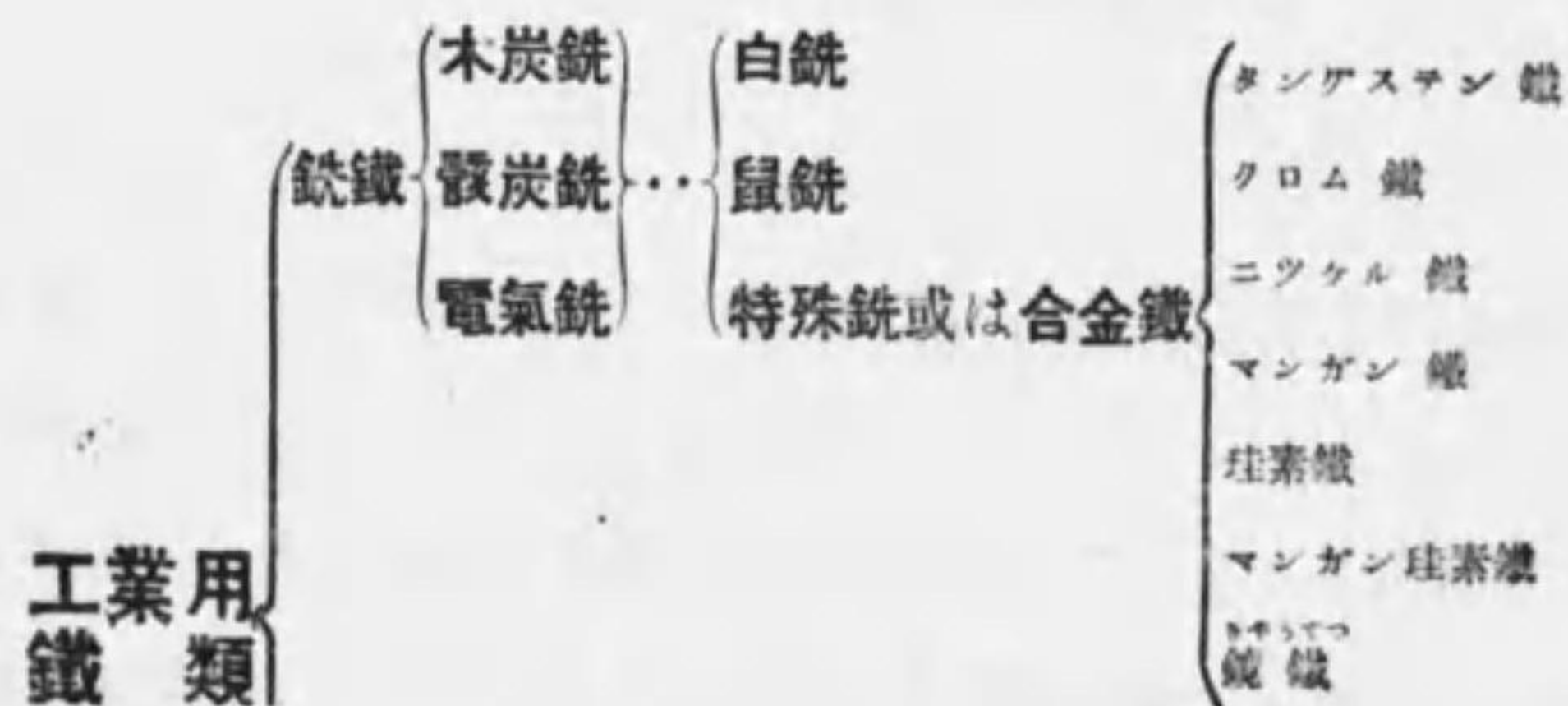
我々が日常使用してゐる鐵は化學的に純粹な鐵ではない。純鐵はこれを製造することが甚だ困難な許りでなく、その性質が甚だ弱くて實用品とすることが出来ない。然るに純鐵に少量の炭素、珪素、マンガン、磷及び硫黃の混じてゐるものは、その製造も極



めて容易で且これ等不純物の含有量如何に依り、極硬いものが出  
 來従つて工業上の用途は甚だ大である。今日我々が鐵とか或は鋼  
 とか通稱してゐるものは叙上のやうに純鐵に少量の他の元素の混  
 合したものである。鐵類の分類は學者の間に種々の説があつて正  
 確にこれを示すことは出来ぬが、西曆 1876 年に フィラデルフィ  
 ヤ 博覽會で 萬國會議を開いて決定した分類法に依れば次の通り  
 である。



併しその後鐵冶金學が甚しく進歩して各種の鐵類が製造される  
 やうになり、その分類も寧ろ製造法その他に基づいて行ふ方が工  
 業上便宜であるから、大體次のやうな分類法に従ふのが了解し易  
 い。



### 2. 銑鐵製造法

銑鐵製造の原料鐵石には種類が多いが、我が國で使用するのは  
 主として磁鐵礦、赤鐵礦並に褐鐵礦の 3 種である。何れも鐵と  
 酸素との化合物で、磁鐵礦は四三酸化鐵 ( $Fe_3O_4$ )、赤鐵礦は三酸  
 化鐵 ( $Fe_2O_3$ )、褐鐵礦は水酸化鐵 ( $Fe_2(OH)_2$ ) である。この外に  
 炭酸鐵 ( $FeCO_3$ ) 即ち菱鐵礦があるが、我が國では産出がないの  
 で使用しない。これ等の鐵礦は普通夾雜物として粘土、珪酸、炭  
 酸石灰、苦土並に苦灰石等を含んでゐる。故にその熔融を容易な  
 らしめ還元を十分に行ふため媒熔劑として石灰石或は珪石類を、  
 又還元劑として炭素を加へ、熔鐵爐内で熱風を供給して熔融を行  
 ふ。然る時は鐵石中の夾雜物は媒熔劑と結合して熔融し易い鐵滓  
 となり、鐵は還元されて銑鐵となり、その比重が鐵滓より重いた  
 め熔鐵爐の底に沈み、熔融状態の鐵滓は軽いからその上に浮ぶや  
 うになる。熔銑と熔滓とは一定時間を計つて時々熔鐵爐から抜き  
 取り、銑鐵は砂の鑄型に流して所謂 **ズク** と稱する塊狀の銑と  
 なし、熔滓はこれを流碎 (水中に投ずれば自ら細く碎けること)

するか或は取鍋に受けて棄てる。還元剤として骸炭を使用すれば骸炭銑が製造され、木炭を使用すれば木炭銑が製造される。銑鐵は純粹な鐵ではなく、鐵以外に炭素 2.5—4.0 %、珪素 1.5—5.3 %、マンガン 0.5—4.0 %、燐 0.07—1.8 %、硫黄 0.01—0.18 % 位を含んでゐる。

熔鑪で製造される銑鐵には白銑、鼠銑、マンガン銑及び鏡鐵等種類が多い。これは熔鑪内の製煉温度の高低、送風量の多少、熔鑪調合物の物理的並に化學的性質如何等に依るものである。併し最も普通に製造されるものは鼠銑と白銑との2種で、マンガン銑、鏡鐵その他の特殊銑は電氣爐で製造するのが普通である。鼠銑はその折口は所謂鼠色即ち淡黒色のもので、その組織は粗鬆である。これは銑中の炭素が黒鉛の形狀で折出して來るため淡黒色を呈するので、従つてその質は柔軟で脆く碎け易いものである。普通鑄物に使用されるズクはこの鼠銑である。白銑はこれに反してその折口を檢するも黒鉛の分離を見ず、その質密で白色を呈し、冷却面に對して直角をした放射線狀組織がある。これは硬くて鼠銑よりも更に脆く、チルド鑄物を行ふ際に使用される。白銑の中には鼠銑よりも多くの燐並にマンガン等を含んでゐる。木炭銑は骸炭銑よりも良質の銑として歓迎される、その理由は燐及び硫黄の含有量が少いためである。特殊銑即ち合金鐵は特殊鋼の製造が盛んになるに連れて用途が増加し近來盛んに製造されるが、今日では主として電氣爐に依つて行ふ。これ等は鐵及び炭素以外の主成分としてマンガン、タングステン、ニッケル、クロム、珪素の各一つを多量に含んだ所謂合金銑であるか

ら、これ等の主成分を鐵の頭につけてマンガン鐵、タングステン鐵等と呼んでゐる、但しマンガンを少量含むマンガン鐵は普通鏡鐵又は鏡銑と呼ぶ。

### 3. 鍊鐵及び鍊鋼製造法

鍊鐵と鋼鐵とはその成分も性質も非常に異なるものであるが、その製造法は類似してゐる。鍊鐵は又鍛鐵とも呼ばれ、鍛鍊して形を與へたり又は鍛接の出來る鐵である。鍊鋼は昔から主として刃物に使はれた鐵で、日本刀の原料なる和鋼は即ちこの鍊鋼の一種である。鍊鐵を製造するには直接製鐵法と間接製鐵法との2種がある。前者は鐵の鑛石と木炭を小さい爐に入れ風を送つて鑛石から鐵を還元する方法で、我が國の山陰地方に行はれ砂鐵を原料とする所謂和鋼製造法はこの種の製鐵法の一つである。後者は鐵鑛石から先づ銑鐵を作り、更に酸化作用にかけてその内の炭素の一部を抜いて鍊鐵及び鍊鋼とする方法である。我が國の中國地方で製造される庖丁鐵は即ち間接法で作つた鍊鐵で、純粹な原料から製造されたこの種の鍊鐵はその性質極めて優良で製鋼素材として喜ばれてゐる。鍊鐵の製造も鍊鋼の製造も熔鋼の製造に比すれば温度極めて低く従つて半熔融状態の下に製造されるものであるから、その中に鑛滓の少量を含有するのが普通である。鍊鐵はその性質軟靱でこれを高温度に熱し急に冷却しても硬度に變化を來さない、即ち焼入がきかないが、鍊鋼は堅靱で焼入がきく。この外に鍊鐵の製造法にバツドル法と稱する方法がある。これは石炭を燃料とし銑鐵を熔かし鍊鐵を製造する方法で、製造されたものを攪鍊鐵と名づける。併し我が國では行

はれてゐない。

#### 4. 鋼鐵製造法

鋼鐵は鍊鐵や鍊鋼と異なり、高温度の溶解状態で製造するため鐵滓はその中に含まれてゐない。その製造法には次のやうに色々ある。製造される鋼は軟鋼或は硬鋼で、含有炭素の量が概略0.3%以上のものを硬鋼と稱し同量以下のものを軟鋼と稱する。例へば普通軌條とか多くの發條類は硬鋼を原料として造つたもので、一般建築材料として船舶、橋梁等に用ゐるものは軟鋼である。

1. 坩堝鋼製造法 坩堝鋼は鍊鐵即ち可鍛鐵を原料とし、これを坩堝の中で再熔して製造するもので、鋼鐵中最良の性質をもつてゐる。従つてその製造に當つては原料を精選する。即ち瑞典産の木炭鍊鐵のやうな優良原料を滲炭法にかけて含有炭素の量を増し、炭素0.5—1.6%位を含む滲炭鐵として使用する。坩堝は黒鉛坩堝或は白坩堝を使用し、その容量の半分位まで原料を入れて坩堝爐内に配列し溶解を行ふ。この方法は他の製鋼法と異なり、有害作用をなすべき火焰と坩堝の内容物とは直接に相觸れる恐なく従つて鋼中に有害な瓦斯などの吸収される危険は伴はないから、優秀な鋼鐵の製造が出来るわけである。従つてその用途も武器の材料とか工具用鋼又は發條用鋼等の類に限られてゐる。

2. ベセマー鋼製造法 熔融した鉄鐵内に壓搾空氣を吹き込めば鉄鐵中の炭素並に珪素は酸化されて抜き去られ従つて精製される結果鉄は鋼に變化する。この製鋼法は英人ベセマー氏が發明したので、その製品をベセマー鋼と名づける。即ち熔融した鉄鐵を轉爐と稱する回轉式の爐に入れ、この熔鉄内に爐底から壓

搾空氣を吹き込み酸化作用を行ふのである。この製鋼法では鋼の中にあつては甚しく有害と考へられる磷を除去することが出来ないで、原料たる鉄鐵は出来るだけ磷の少いものを使用せねばならぬ。併し若し鉄中に比較的磷の多いものから鋼を造らうとすれば、トーマス法即ち鹽基性ベセマー法で製鋼をすればよい。これは轉爐の内側を苦灰石で塗裡したものを使つて鋼を製造する方法で、尙脱磷劑として生石灰を用ゐる。酸性ベセマー法にせよ鹽基性ベセマー法にせよ、これに使用する轉爐の構造は全く同様であるが、只その内側の塗裡材料並に精鍊法が異なるために區別されるのである。しかしてトーマス法に依つて製鋼を行ふ際に生ずる鐵滓中には磷分が磷酸として15—25%含まれてゐるからこれは肥料として使用し得る便がある、即ち廢物利用を行ふ便がある。酸性ベセマー鋼は普通並質の工具類、鐵道用その他の發條等の材料となり、鹽基性ベセマー鋼は鍛鍊し鍛接し易い極軟鋼として最も優秀である、又針金や薄板等の製造素材として甚しく歡迎される。建築材料としては何れの方法に依るベセマー鋼でも使用されてゐる。

3. 平爐製鋼法 これは今日最も盛大に實行されてゐる製鋼法で、その製品は平爐鋼と呼ばれる。これは原料として鉄鐵、屑鐵並に少量の鐵礬石を使用して製造した鋼鐵である。ベセマー法と同様に酸性平爐製鋼法と鹽基性平爐製鋼法の2法があり、前者に於ては平爐の爐床を珪酸質耐火材料で塗つたものが使はれ、後者に於ては鹽基性耐火材料で塗つたものが使はれる。従つて前者はベセマー法に於けると同様に磷の除去が困難である

が、後者では甚だ容易である。使用平爐の構造には 2 種あり、一つは固定式で他は傾動式である。何れも一種の反射爐で、燃料として發生爐瓦斯を使用する。發生爐瓦斯は石炭を原料として瓦斯發生爐と名づくる特種の装置で製造される一種の瓦斯燃料である。この瓦斯を平爐に送り、同時にその燃焼を助けるために空気を送るのであるが、これは爐に入る前に豫め平爐附屬の蓄熱室に於て豫熱され、熱風となつて瓦斯に混じて燃焼作用を助けるやうになつてゐる。これがため平爐内に高熱が生じ製鋼が容易に行はれる。平爐の發明者は マルチン といふ人で、蓄熱室の發明者はシーメンス であるから、平爐製鋼法を一名 シーメンス・マルチン 製鋼法 ともいふ。併し近來は普通 平爐 なる語が通用され、従つてこの爐で製造される鋼であるからその製品を一般に 平爐鋼 と呼ぶのである。平爐鋼の性質を見るに、酸性平爐鋼はその質が鹽基性平爐鋼より優良である、従つて大砲の砲身、甲鐵板、或は巨大な回轉軸などの素材として歓迎される許りでなく、汽罐板、艦船板等は主としてこれで製造されてゐる。鹽基性平爐鋼は各種の建築材料、鋸類、鍛鍊用材、軌條鋼材などに使はれる。斯くの如く平爐鋼の用途範圍は極めて廣大であるから今日の製鋼法中最も盛大に行はれる次第である。

4. 電氣製鋼法 製鋼原料を電氣爐で熔融製鍊する方法を電氣製鋼法といふ。電氣爐は電力を熱化する方法の如何により弧光式電氣爐と誘導式電氣爐との 2 種に分ける。前者は電氣の弧光で發熱させる装置となり、後者は精鍊原料なる熔融狀鐵材中に誘導電氣を生せしめこれに對する抵抗に依つて發熱させる装置となつ

てゐる。電氣爐も平爐のやうに酸性爐と鹽基性爐との 2 種が使用されてゐる。製鍊原料も亦平爐と同様に銑鐵、屑鐵並に鐵鱗等から成つてゐるが、その製品は平爐に依るものと餘程異なつてゐる。即ち電氣爐では平爐に於けるよりも更に高溫度を發生させることが出来、且任意の成分の鐵滓を組成させるに便宜であり、従つて脱硫、脱磷などは殆ど完全に行ひ得る許りでなく繰業中は坩堝法に於けると同様に酸化作用をもつた火焰等の影響を受けないで略密閉した爐内で製鋼することが出来るから、瓦斯を吸収するやうな危険も少く良質の鋼を製造することが出来る。故に今日では特殊鋼のやうな特に良質の鋼を製造するには殆ど必ず電氣爐に依るやうになつてゐる。

### 5. 鋼鑄塊製造法

前節に述べた各種の方法で製造した熔鋼は、その儘これを一定の形狀をした鑄型に注入して所謂 鋼鑄物 なる仕上製品を製造するか、或は鋼材として更に加工するに便宜な形狀にするため簡單な柱狀の鋼塊に鑄造しこれを 鋼鑄塊 と呼ぶ。各種の建築材を始め鋸類、軌條並に針金の素材となるものは皆この鋼鑄塊である。我々が熔鋼を鑄塊鑄型に注入すればその接觸面から冷却し始めるから中心部は最後に凝固するため收縮作用に依つてその中心部に空窩を生ずる恐がある、故に成るべく均等に冷却凝固させるため 均熱爐 と稱する一種の爐内で徐々に冷却させ、出来得る限り鋼鑄塊内に空窩を生せしめないやうにしてゐる。

### 6. 鋼材造形法

鋼鑄塊には鍛鍊加工或は壓延加工を行つて各種の形狀を與へ建

築材料、艦船材料、<sup>いた</sup> 鋳、軌條その他のものを製造する。鋼鑄塊に加工するには先づこれを赤熱状とすることを要し、これに使用する装置を加熱爐と稱する。これは一種の反射爐で、燃料は石炭或は發生爐瓦斯を使用する。鍛鍊加工と稱するのは鋼塊を赤熱状態とし機械錘を以てこれに<sup>だげき</sup> 打撃を與へ、望む通りの形狀に仕上げ加工法で、この際最も普通に使用される錘は<sup>きつろ</sup> 汽錘と稱し蒸氣力で運轉される錘である。その他に<sup>くわくき</sup> 空氣錘又は<sup>ドロツブ</sup> ドロツブ錘等を使用するものもある。凡そ錘撃作用は<sup>しんかんてき</sup> 瞬間的に作用するものであるから、加工物の表面の受ける効力は相當大であるが、内部に及ぶ力は小である。依つて内部まで十分に効力を與へるには寧ろ<sup>おし</sup> 推壓機に依つて鍛鍊する方が得策である。これは錘と異なり打撃を連續する代りに一回の推壓で目的を達するやうに考案された鍛鍊機で、蒸氣、水壓に依る推壓機は最も普通に使はれてゐる。<sup>てんし</sup> 壓延加工といふのは平行の軸を有する2個の輾子間に加工すべき物體を通過せしめ、<sup>あつぱく</sup> 壓迫に依つて加工の目的を達する方法で、之に用ゐる機械を<sup>おし</sup> 壓延機といふ。極大きな鋼鑄塊は、先づ荒ごなしをするため<sup>おんしん</sup> 分塊壓延機で處理して、後の壓延作業に都合のよい小形の鋼材を作る。これ等はその大小、形狀の如何によつてスラブ、ブルーム並にピレット等と稱せられる。スラブは後に鋳類を壓延製造すべき小形の鋼材で、ブルームはその大き100ミリ平方以上の粗形半製品、ピレットは100ミリ平方以下の粗形半製品である。鋳類を製造する時に使ふ壓延機は、平滑な輾子から出來てゐるが、各種の建築材料や軌條を製造する壓延機の輾子は夫々目的の如何によつて種々の形狀をした<sup>かみ</sup> 溝を持つてゐる。

## 7. 可鍛鑄物及び滲炭鋼製造法

1. 可鍛鑄物製造法 可鍛鑄物を製造するには先づ普通の銑鍛鑄造法で鑄物を作つて一定の形狀を與へ、後脱炭法に依つて鑄鐵中の含有炭素量を減じ可鍛鐵に變へるのである、即ち普通の鑄物を<sup>てきてつくり</sup> 赤鐵鑄又は<sup>じてつくり</sup> 磁鐵鑄のやうな酸化劑で<sup>ついで</sup> 包んで鑄鐵製の<sup>はこ</sup> 函に入れ、爐内に裝入して加熱すれば鑄鐵中の炭素分は脱炭されて可鍛鐵となる。

2. 滲炭鋼製造法 原料として鍊鐵條を用ゐ、木炭と共に大氣<sup>しやたんちゆう</sup> 遮断中に赤熱すれば鍊鐵即ち可鍛鐵は固體の<sup>か</sup> 儘で炭素が<sup>しん</sup> 浸滲され鋼鐵に變ずる。この際加熱時間の長短に依つて炭素の<sup>しん</sup> 滲入に多寡を生ずる。前文に坩堝鋼の製造原料に滲炭鋼を使用すると述べたのは即ち斯の如くして製造した鋼である。

## 8. 特殊鋼

特殊鋼と稱するものは鋼に銅、マンガン、クロム、モリブデン、ニッケル、コバルト、タングステン、ヴァナデン等の一種或は數種を混じた所謂合金鋼である。以上に擧げた各種の元素の適量を鋼の中に混すれば極めて硬い鋼となつたり或は<sup>おしよく</sup> 腐蝕に對する抵抗の強い鋼又は高熱によく耐へる特殊の鋼が出来る。これ等の鋼は混入した元素の名稱を頭に付けてニッケル鋼、タングステン鋼などゝ稱する。併し工業用の特殊鋼は多くの場合單に一元素を加へるに止まらず數種を混するのが普通である。

1. 高速度鋼 クロム並にタングステンを混じた特殊鋼は<sup>まきつれつ</sup> 摩擦熱によつて<sup>てんちゆう</sup> 燒戻らないから<sup>きかいすつ</sup> 機械錘のやうな高速度で使用する工具類を作る原料となる。或種の高速度鋼はこの外にニッケル、

コバルト、マンガン、ヴァナヂン等を含んでゐる。即ちこの種の鋼は高速度で使用しても切味に變化を生ぜず長い間使用し得るから高速度鋼と呼ばれるのである。

2. 不銹鋼 これは名稱の示す通り大氣中又は海水、甚しきは酸類、アルカリ類等に腐蝕され難い鋼で、特に耐蝕鋼などと呼ばれるものもある。不銹鋼には炭素、クロム系の不銹鋼とクロム、ニッケル系の不銹鋼との2種がある。前者はクロムを13—15%含み、炭素の含有量は高炭素0.4%以上、中炭素0.15—0.35%、低炭素0.107%内外である。高炭素のものは主として刃物類製造の原料、中炭素、低炭素のものは各種機械構造用の材料となる。最近はこれに少量のニッケルを加へたものが主として使用される。後者はクロム以外に多量のニッケルを含んだ合金で、前者よりも酸に對して耐蝕性が大である。従つて化學用器具、建築材料、過熱蒸氣に暴露される機械の部分などその應用範圍は極めて廣く、非鐵耐蝕合金を驅逐する有様である。

3. 耐熱鋼 耐熱鋼と稱するのは鋼中にクロム並に珪素を含んでゐる合金鋼の一種で、前者を11—20%、後者を2—3%位含んでゐる。その他の元素として少量のモリブデン、ニッケル並にタングステン等を含んでゐるものもある。不銹鋼と同様に大體2種類に分たれ、一つは磁性體の合金鋼で、他は非磁性體であるが、後者は前者よりも耐熱性が優秀である。この合金鋼にモリブデンやタングステンを加へるのは鋼の強さを増大させるためである。

4. 磁石鋼 これは鋼が永久磁石性を帯びるやうに製造した特

殊鋼鐵で、我が國東北帝國大學の本多博士の考案したものが世界で著名な磁石鋼の一つでケ—エス磁石鋼と呼ばれてゐる。成分は炭素0.4—0.8%、タングステン5—9%、クロム1.5—3%、コバルト30—40% 残は全部鐵から出來てゐる鋼である。その後同氏は更に優秀な鋼の發見をなし、東京帝國大學の三島博士も亦極めて優秀な磁石鋼の製造法を考案した。これ等の磁石鋼は主として電氣諸機械に附屬する永久磁石用鋼として歡迎される所のものである。

## 第2章 銅冶金學

### 1. 製鍊原料

1. 銅鑛 金屬銅を製造すべき原料は銅鑛である。これは天然銅として産出する外、硫化銅、酸化銅、炭酸銅並に硫酸銅等となつて産出する。併し硫化銅以外はその産出量少く、今日全世界で製造される銅は殆ど全部硫化銅鑛を原料としてゐる。硫化銅鑛は黃銅鑛( $\text{CuFeS}_2$ )と呼ばれる鑛石で、その純粹なものは34.81%の銅を含有する。併し黃銅鑛は單獨に多量に産出すること極めて稀で、普通は硫化鐵鑛、磁硫化鐵鑛その他の硫化金屬鑛を夾雜物としてゐる許りでなく、時には錳石等が多量に原料中に混入して來るから、實際銅鑛製鍊場に取り扱ふ原料銅鑛中の含銅量は甚だ少く2—3%のものを製鍊することもある。或種の銅鑛は金銀を含有することがあり、我が國特産の黒物と稱する銅鑛は多量の銀及び金、亞鉛、鉛等を含んでゐる。

2. 媒熔劑並に燃料 銅鑛の製鍊に最も普通に使用される媒熔

劑は石灰石である。我々が酸性銅鑛と稱するもの、即ち夾雜錳石として石英その他の珪酸鹽類を含む銅鑛には、石灰石は缺くべからざるものである。併し鹽基性銅鑛即ち多量に硫化鐵を含み珪酸鹽類をあまり含有せざる銅鑛に對しては媒熔劑として珪酸鹽類即ち石英の如きものを使用しなければならない。しかも單純な石英は不經濟であるから、金銀を含んだ石英、換言すれば金銀鑛の如きものを使用し、その中の金銀を銅中に吸収させるやうにする。殊に買鑛製鍊を行ふ製鍊所では鹽基性銅鑛と酸性金銀鑛とを適量づゝ調合し更に石灰石を加へて熔融し易い爐調合物を作つて製鍊の目的を達するやうにしてゐる。これ等の調合物を製鍊するに必要な高熱に對しては、骸炭の燃焼に依つて生ずる熱を應用するか或は銅鑛中に含まれてゐる硫黃の燃焼熱を利用する。後者の場合には銅鑛中に含まれる硫黃は燃料と考へ得られる。時には石炭を銅熔鑛爐の羽口から供給して熱の不足を補ふこともある。これは我が國に獨特な燃料供給法で、本邦の大製鍊場では殆ど皆この方法を行つてゐる。

## 2. 銅鑛製鍊の原理

硫化銅鑛の製鍊法には乾式製鍊法と濕式製鍊法との2法がある。我が國では兩方共に行はれてゐるが最も普通なのは前者である。これは銅鑛を媒熔劑と共に熔鑛爐に投じ熱の不足を骸炭及び石炭の燃焼で補ひつゝ熔融して爐内で化學變化を起さしめ、先づ銅鑛を製造しこれを酸化作用にかけて粗銅とし更に精製して純銅とする方法である。後者は銅鑛を藥品で處理して含銅水溶液を作り、これから銅を沈澱せしめ、更に熔融精製して銅を製出する方

法である。

銅鑛乾式製鍊の原理は(イ)銅の硫黃に對する親和力が鐵に對する親和力より大なること、(ロ)鐵の酸素に對する親和力が銅の酸素に對する親和力より大なること、(ハ)鑛石中の硫化鐵は酸化して酸化鐵となれば、調合物中の珪酸並に石灰石から生じた酸化カルシウムと結合して熔融し易い鑛を造ること、(ニ)銅の硫化物と鐵の硫化物とは極めてよく混合し、且他の硫化物等もその内に熔融して鑛を作る性質あること、(ヘ)銅鑛は鑛石中或は熔劑中の金銀を吸収熔融する性質あること等を基としてゐる。即ち以上に述べた理由によつて熔鑛爐調合物中に含まれてゐる餘分の硫黃を燃焼燒却せしめ、必要量の硫黃は銅鑛製造に利用し、この時に發生する熱に依つて熔融を行ひ若し不足する場合は骸炭及び石炭等の補給を行つて熱を高めるやうにするのである。調合物中の硫化鐵の一部はその儘銅鑛製造の原料となり、他の酸化して生じた酸化鐵は珪酸並に酸化カルシウムと共に鑛を造る。故に銅鑛の製鍊には酸素の供給を必要とする。即ちこれがために我々は送風機を使用して壓搾空氣を作り熔鑛爐に送るのである。銅鑛の製造は單に熔鑛爐に於てのみ製造するものではなく反射爐を使用しても同じ目的を達することが出来る。併し我が國に於ては主として熔鑛爐を使用し、米國に於ては盛んに反射爐を使用してゐる。

## 3. 熔鑛爐に依る銅鑛の製造

熔鑛爐は最も塊鑛の製鍊に適する装置である。若し粉鑛をこの爐で製鍊しようとするれば先づこれを塊狀にする必要がある。即

ち粉鑛を搦き堅めて團鑛とするか、或は燒結して塊状として爐に投入しなければならない。

1. 粉鑛の製團並に燒結 粉鑛を搦き固めるにはスタンプと稱する製團機を使用する。併し斯くの如くして製造した團鑛も熔鑛爐内に投入すれば爐内装入物の重壓のために再び粉状となる恐があり、塊状の装入物として餘り有效なものではない。これに反して、燒結法に依つて塊状としたものは甚だ有效であるのみならず熔融するにも亦極めて便宜となるため甚だ歓迎されてゐる。この粉鑛の燒結装置には2種あつて、その一つは我が國で最も盛んに行はれしかもその燒結技術も甚しく熟練されてゐる銅燒結法で、その二は燒結機を使用する方法である。前者は簡単な鑄鋼製の假底を有する鍋内に粉鑛を入れ、壓搾空氣を鍋底から送るか或は反對に空氣を鍋の上方から底の方に吸引させて焙焼し燒結させる方法である。後者はその焙焼原理は同じであるが、間斷的或は連續的に操業し得る機械装置の焙焼機を用ひて燒結させる方法で、その装置にはグリーンワルト式燒結機或はドワイトロイド式燒結機と稱するものがある。

2. 熔鑛爐と前爐 銅鑛の製鍊に使はれる熔鑛爐は次のやうな主要部から成つてゐる。(イ) 鑛石、媒熔劑並に燃料等の調合物を投入する床、(ロ) 製鍊原料が熔融するに従ひ漸次降下すべき爐體、(ハ) 爐體下部の壓搾空氣を導入する羽口孔、(ニ) 爐體の最下部即ち爐底、(ホ) 爐内生成物を流し出す流出孔。

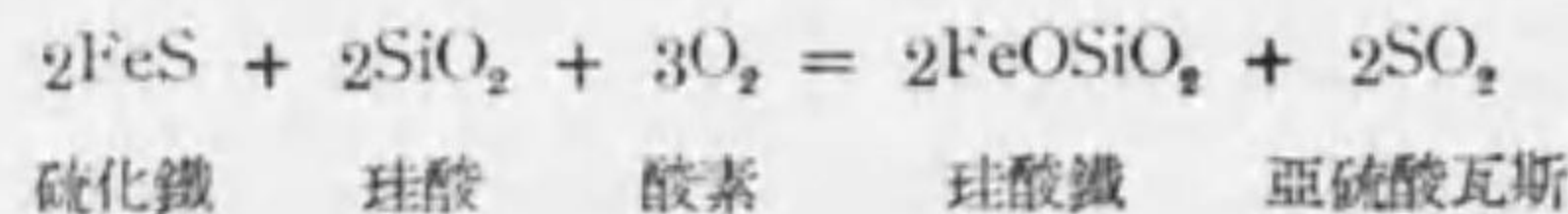
爐體全部が鑄鋼又は鑄鐵等で作つた水胴式になつてゐるものと、爐體の羽口孔附近のみが水胴式となり、爐體上部は煉瓦積

となつてゐるものがある。爐頂は開放式のものゝ密閉式のものがある。前者では爐頂と装入床とは同一水準となり、装入床上部には何等の装置もないが、後者ではこの装入床の上方に更に密閉された一室が装置されてゐる。従つて前者では爐内に發生された瓦斯は装入床下部から抜かれ、後者では装入床上部の密閉室の一部から抜かれるやうになつてゐる。製鍊に必要な空氣は送風主管に導かれ、更に羽口管と稱する數多の枝管に依つて各羽口孔に導かれて爐内に入る。前爐と稱するのは熔鑛爐の前方或は側方に装置されてゐるもので、製鍊の結果生ずる銅鍍並に鍍の混合物が流出口を通過して爐外に流出したものを一時保留し、且それ等の間の比重の差に依つて熔銅鍍と熔鍍との分離を司どるために取り付けられた一種の溜受である。この前爐内で比重の大きい鍍は底に沈み、軽い鍍は上に浮いて前爐外に流出し去り、底に沈んだ鍍は適量溜れば時々抜き出し更に處理して粗銅を製造するのである。

3. 爐内の化學變化 我が國に産出する銅鑛は多量の硫化鐵を隨伴してゐるから、その製鍊法は出来るだけこれを有効に利用するやうな方法が採用されてゐる。即ち原料鑛石内の硫黃を利用する所の自熔法並に半自熔法の如き製鍊法が主として行はれてゐる。この方法は熔鑛爐投入調合物中に硫化物として存在する鐵及び硫黃、並に遊離状態の珪酸即ち鑛石中に混在する珪酸性の錳石或は特に調合物として加へた所の石英を主體とする金鑛の存在を必要條件としてゐる。硫化鐵( $FeS_2$ )中の一部の硫黃は爐頂に於て遊離状となつて逃げ、 $FeS$ の形となつた鐵の硫化物の一部は



銅鍍の構成材料となり一部は酸化されて酸化鐵 (FeO) となつて調合物中の遊離珪酸即ち  $\text{SiO}_2$  と結合して石灰石から來る  $\text{CaO}$  と共に鍍を構成し製鍊の目的が達せられるのである。



この化學變化は發熱反應で製鍊に必要な熱はこの變化に依つて與へられる。併しこの變化に基づく熱ばかりでは尙不足な場合が多く、従つて少量の燄炭又は所謂羽口炭と稱し石炭を羽口から爐内に供給して熱の補足を行ふのが我が國に於ける銅鍍製鍊法の一般的技術である。熔鍊爐投入調合物中に石灰石を加へることは、これに依つて鍍の流動性を助け鍍の構成に便宜を與へるため行はれるのである。

4. 熔鍊爐生成物 熔鍊爐製鍊の結果生ずる所のものは銅鍍並に鍍である。前者は硫化銅と硫化鐵との混合したもので一般的には  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{FeS}$  なる式で示すことが出来るが、普通は  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS}$  と考へればよい。この銅鍍は極めてよく金及び銀を吸収する性質があるから、我が國の銅鍍製鍊業者は殆ど皆銅鍍製鍊の熔劑として珪酸性の金銀鍍を使用しその中の金銀を銅鍍中に吸収させるやうにしてゐる。鍍は主として調合物中の鐵の酸化物、珪酸並に媒熔劑として加へた石灰等の混合したもので、鍍石中に含まれてゐる不用品の成分等も皆この中に入つて來る。但し銅はこれに入ればそれだけ損失となるもので、これは出來得る限り鍍中に混入して來るのを防ぐやうに努力する。我々は鍍中の鹽基中に含まれてゐる酸素と珪酸の中に含まれてゐる酸素との比を珪酸度と

稱し、これに依つて鍍の性質を表してゐる。

#### 4. 反射爐に依る銅鍍の製造法

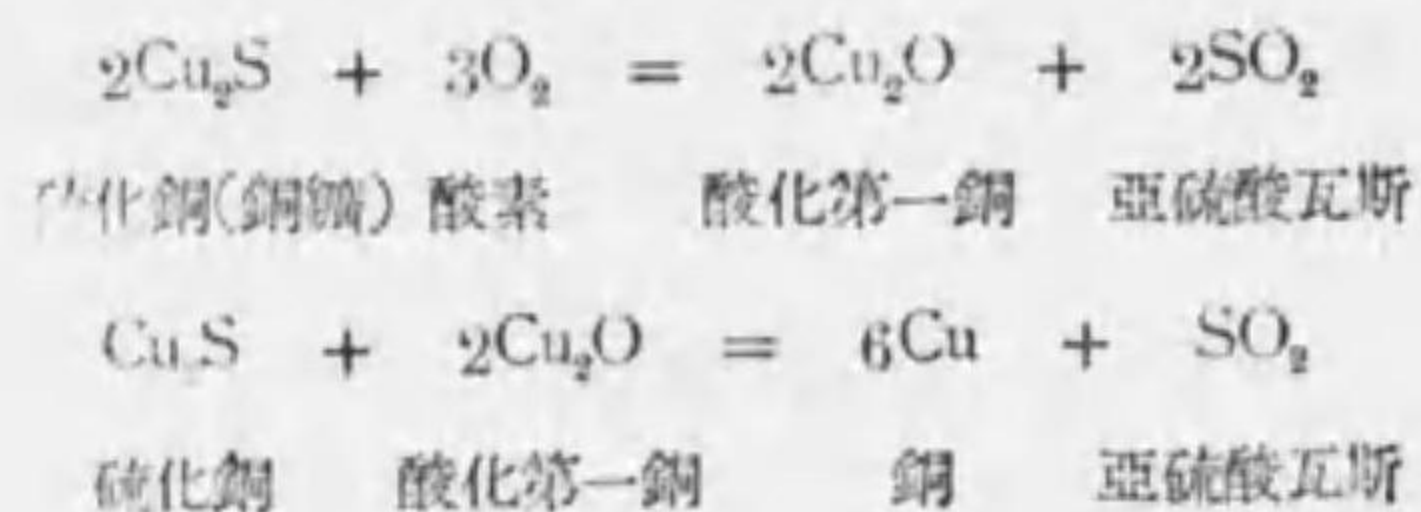
熔鍊爐は塊鍍の製鍊に適する装置であるが、反射爐はこれと反對に最も粉鍍の製鍊に適する爐で、我が國では唯一ヶ所三菱鑛業會社所屬の直島製鍊場で行はれてゐるのみである。爐に投入すべき調合物中に塊鍍があれば粉碎して全部粉狀として装入し、瓦斯燃料、重油又は微粉炭燃料等を爐の一端の燃燒室に導き燃燒加熱して爐の内容物の熔融製鍊を行ふ。製鍊原料の爐内に於ける化學變化は熔鍊爐の場合とは趣を異にするが、結局調合原料中の銅、鐵及び硫黃から銅鍍を製造し、鍍石中の珪酸並に鍍石中の硫化鐵の酸化に依つて生じた酸化鐵が媒熔劑として加へた石灰と共に鍍をつくる點に於ては熔鍊爐製鍊の場合と全く同様である。米國に於てこの製鍊法の極めて盛大に行はれる理由は同國産の銅鍍が特にこの方法に適するためである。

#### 5. 粗銅の製法

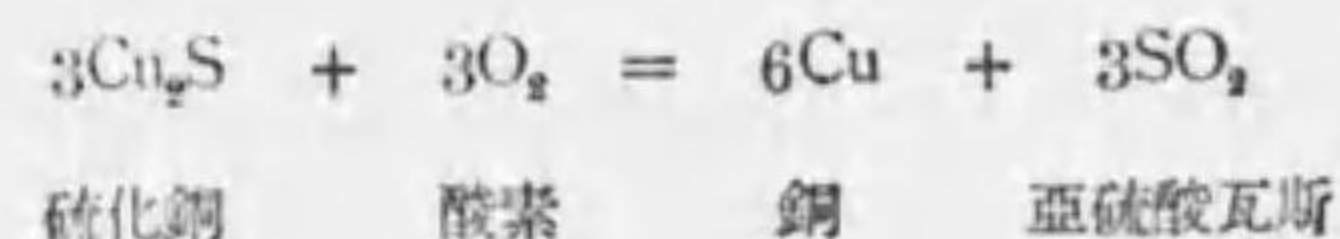
熔鍊爐又は反射爐の製鍊で造つた銅鍍から粗銅を造るには二つの方法がある。一つは我が國古來の方法で眞吹法と呼ばれ、今一つは歐米から移入した方法で轉爐法と呼ばれる。何れの方法でも熔融した銅鍍の中に壓縮空氣を吹き込んで鍍の成分なる硫黃並に鐵を酸化し、硫黃は亞硫酸瓦斯 ( $\text{SO}_2$ ) として燒却し、鐵は酸化鐵 (FeO) として珪酸 ( $\text{SiO}_2$ ) と結合させて鍍をなし、最後に比較的酸化し難い銅を殘留させる方法である。

1. 眞吹法 眞吹法は眞吹床と稱する一種の床爐で鍍を處理して粗銅を製造する方法である。爐の構造は頗る簡單で、地面に

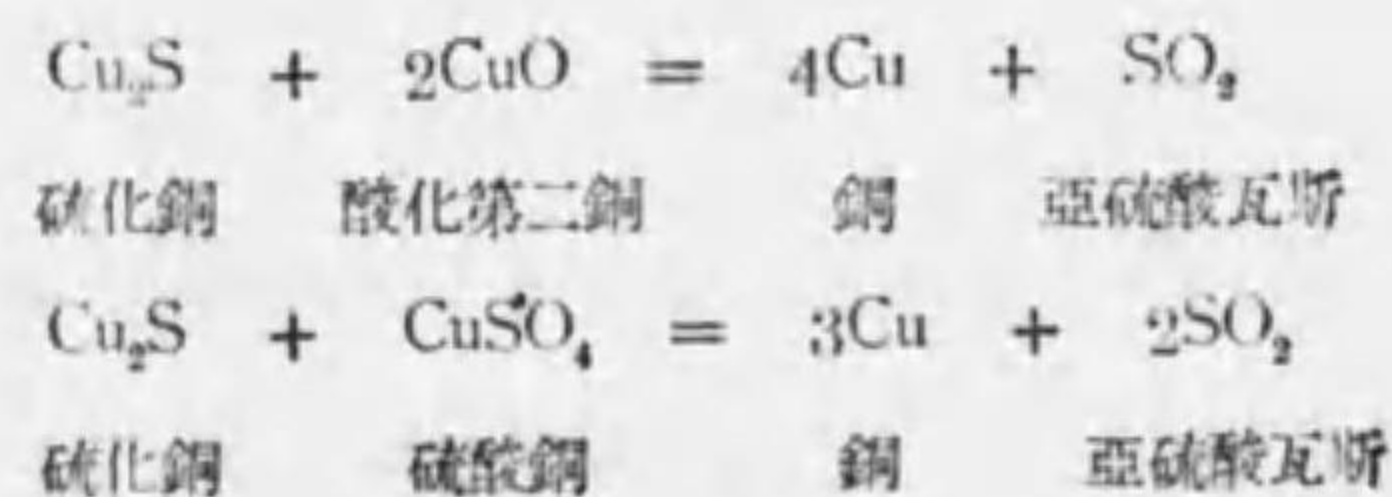
凡そ 4 メートル 四方で深さ 2 メートル 位の穴を造り角形の石で基礎を築き、その上部は徑 2 メートル ほどの圓形なる穴とし、先に掘り開いた所とこの圓形の穴の外周間は土砂で埋め、その内側は厚さ 6 センチ位に粘土で塗り、更に又その内側を素灰で塗り内徑 1 メートル、深さ 2 分の 1 メートル 位の圓筒狀の空所を造る。これが即ち床爐である。この中に熔鍍を入れて銅を製するもので、壓搾空氣は羽口管から爐内に於ける熔鍍の表面に吹きつけるやうにする。爐の上部には粘土製の被覆を造つて作業中の熔鍍の飛散を防ぎ且熱の放散等を防ぐ。燃料としては木炭或は重油を使用し製鍊に必要な高熱を發生させるやうにする。然る時は銅鍍の成分なる硫化銅の一部は酸化銅となり、これ等の間に次の方程式に示すやうな化學變化が起つて銅が遊離されることになる。



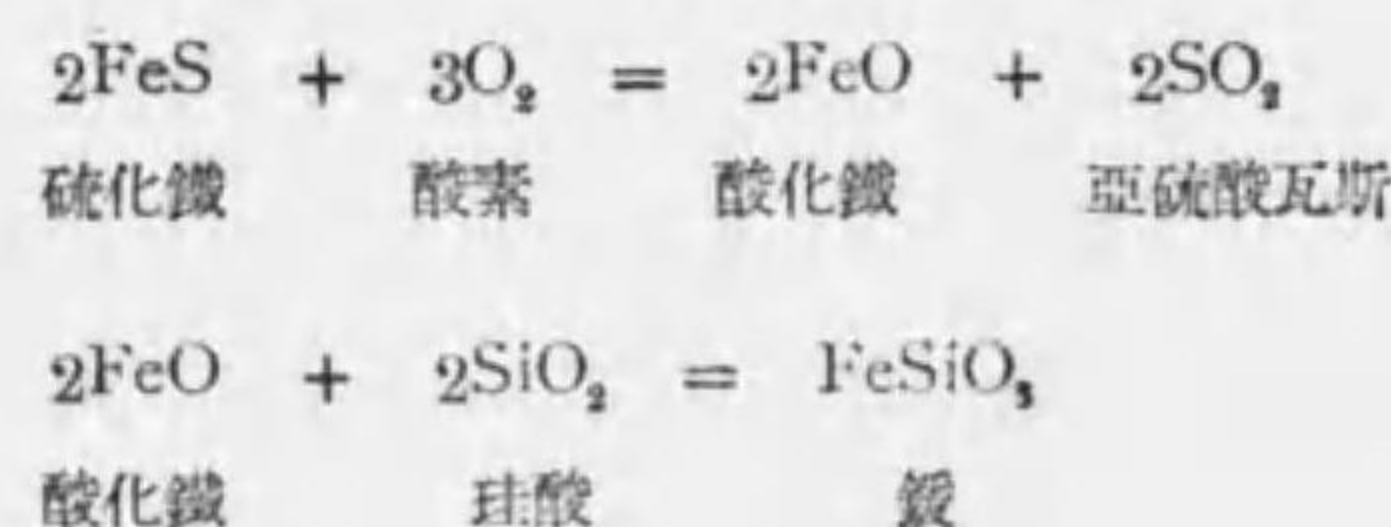
又硫化銅が直接酸化される場合には



となり、酸化第二銅 (CuO) や硫酸銅 (CuSO<sub>4</sub>) の如きものが生ずる時には



等の變化を起し、何れの場合に於ても銅は遊離されて來ることになる。この際硫化鐵 (FeS) は酸化されて酸化鐵 (FeO) となり爐床の成分中に含まれる粘土中の珪酸 (SiO<sub>2</sub>) と結合して鍍をつくる。即ち次の方程式に示す通りである。



斯くして硫黄は燒却され鐵は鍍中に追ひやられて、最後に銅が残る。これを粗銅と稱へる。粗銅の含銅率は 98 % 位のもので、その中に金銀その他の不純物を含んでゐる。

2. 轉爐法 轉爐法製鍊の原理は前述の眞吹法と全く同様である。唯使用する爐の構造が甚しく異なつて居り、一時に多量の熔鍍を處理し得るやう各種の機械的考案が加へられてゐる。爐の形狀はベセマー鋼製造用轉爐と同形のもの或は樽形のものを用ゐられ、鋼鐵の轉爐法と同様に酸性轉爐法と鹽基性轉爐法との二つの方法がある。前者に於ては轉爐の内部を珪酸性耐火材料で塗裡して使用するから製鍊の間に熔鍍中の酸化鐵が塗裡材料の珪酸と結合して鍍を造り、後者に於ては鹽基性塗裡材料を使用するから轉爐鍍を製造する必要上特に珪酸を添加する必要がある。製鍊に必要な空氣の供給は轉爐底或は側壁から供給し熔鍍内に吹き込むやうにする。然る時は前述の眞吹法に於けると同様の化學變化が起りて銅が遊離されて來る。近來酸性轉爐の使用は段々に廢止され、大製鍊場に於ては鹽基性轉爐で粗銅の製造を行ふのが一般製

録法となつてゐる。

## 6. 精銅製造法

1. 電気精銅法 眞吹床或は轉爐で製造された金屬銅は所謂粗銅で、その中には約 98 % の銅が含まれ、その他は金銀並に他の金屬等が不純物として混入してゐる。故に純銅を製造しようとするればその不純物を抜き取ることを要し、今日純銅を製造する方法としては電解法が最も一般に行はれてゐるのである。粗銅の電解精錬を行ふには、電解液として硫酸銅液を使用し、粗銅を陽極とし純銅を陰極として電解を行へば、陰極には 99.85—99.99 % 位の純銅を沈澱させることを得、金銀白金の如き貴金屬を陽極滓として電解槽の底に沈澱せしめ、陽極滓を洗滌、乾燥、熔融し金銀塊として回収することが出来る。電解法には直列式電解法及び並列式電解法の 2 法があるが、後者が最も普通に行はれてゐる。電解液は銅を 3—4 % 位含んだ硫酸銅液で、これは硫酸銅結晶 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) として 12—13 % を含有し、その上に遊離硫酸 5—13 % を含ませた水溶液である。陽極としては目方 100—200 キロの粗銅の厚い鋳が用ゐられ、陰極としては薄い純銅の短冊形の鋳が使用される。電解槽は木製又はコンクリート製の耐酸性物質で、その内部を裏張り漏電せぬやうに工夫したものを有る。一個の電解槽には陰極鋳と陽極鋳數十個を相互入れ違ひに配列する。電解槽は數十又は數百を直列に連結し、直流發電機で發生した電流を通じて電解を行ふ。然るときは陽極鋳は數日間で電解溶解され、同時に純銅が陰極鋳に附着する。この短冊形の電氣銅はその儘で市場に送るか、或は一應熔融し適當な形状とし

て市場に販出する。

2. 金銀の回収 銅の電気精錬の結果生ずる陽極滓中には金銀銅の外、陽極銅中に含まれてゐた各種の金屬不純物等が入つて來る。これ等は先づ篩にかけて粒狀の銅を去り乾燥した後、熔澱爐と稱する一種の反射爐で多量の鉛を加へ、更に媒熔劑として石灰石・鐵屑並に金礦等を加へ熔融して金銀を鉛の中に吸収せしめ、銅は鍍として回収する。この鍍の中には尙多量の金銀が入つてゐるから更にこれを鉛と共に處理して金銀を出來得る限り鉛の中に吸収せしめる。斯くして生じた鉛を貴鉛と名づけ、これは更に分銀爐又は灰吹爐と稱する一種の反射爐で所謂灰吹法にかけて金銀塊と鉛の酸化物とに分離する。灰吹法では貴鉛を熔融してその表面に斷えず壓搾空氣を吹きつけ、鉛並に澱物の中に含まれた他の不純物を酸化し熔體の表面に浮ばしめて爐の前方の流出口から爐外に流出し、金銀の合金が残留するやうにする。この金銀の熔融物は鑄型の中に注入して金銀塊を造り、直ちに造幣局に送るか或は更にこれを純金並に純銀に分離して市場に送出する。若し金銀塊から更に純金や純銀を製造しようとするれば、これを陽極板に鑄造し電気精錬を行へばよい。即ち純銀を製造する場合には銀 4 % 位を含む硝酸銀の水溶液に遊離硝酸 1.2 % 位を含ませた電解液内で純銀を陰極とし金銀鍍を陽極として電解を行へば純銀は陰極に沈澱するから後にこれを掻き集め乾燥し熔融すれば 99.92 % 位の純度を有する精銀が得られ直ちに市場に販賣し得る。この際生ずる陽極滓は即ち金 85 % 内外、銀 15 % 内外を含んだもので硝酸を用ゐて銀分を溶解し去り金の品位を 98 % 位に高

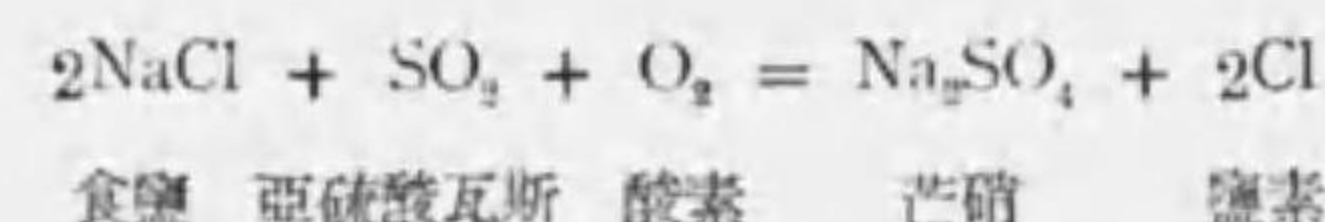
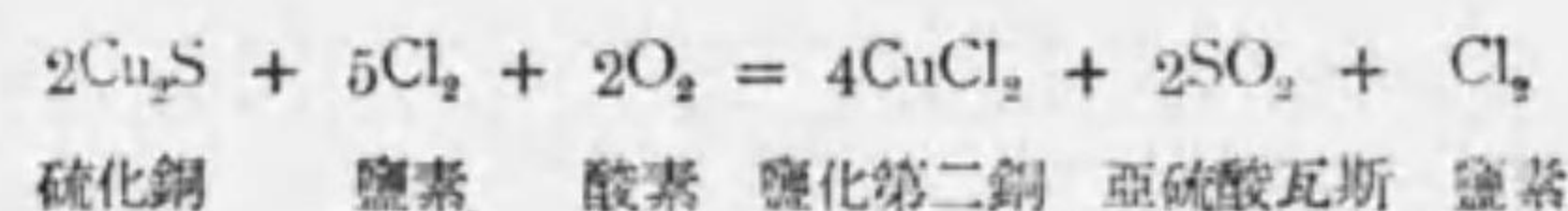
めて乾燥し熔融して金陽極板に鑄造した後電解を行ひ純金として市場に送出する。金の電解製錬を行ふ場合には電解液として鹽化金の鹽酸溶液を使用し、直流と交流から生ぜしめた脈流電氣<sup>みやくりゅうでんき</sup>を使用して電解を行へば純度 99.99 % 位の純金を製造し得る。これは直ちに純金として市場に販賣し得べきものである。

### 7. 銅の濕式製錬法

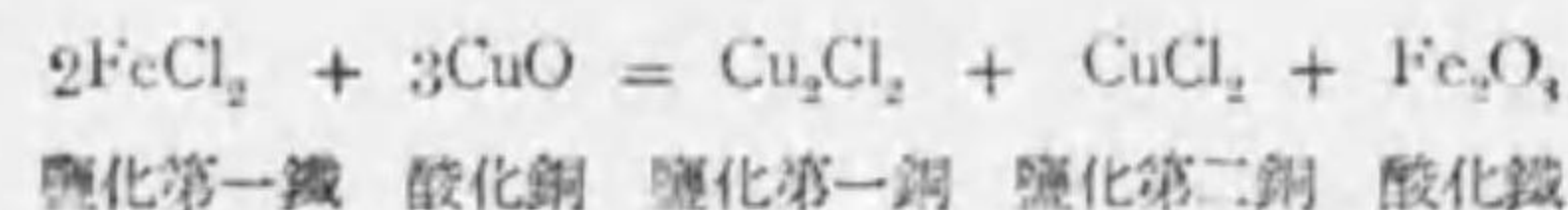
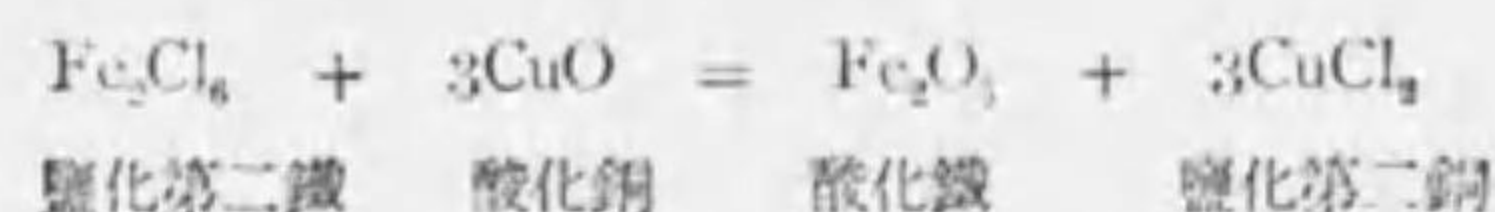
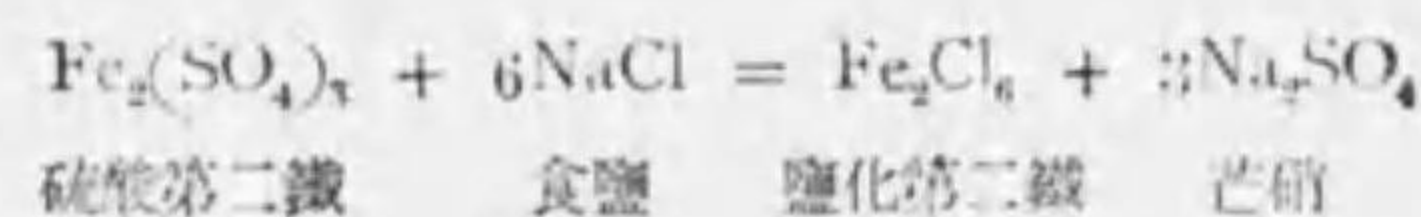
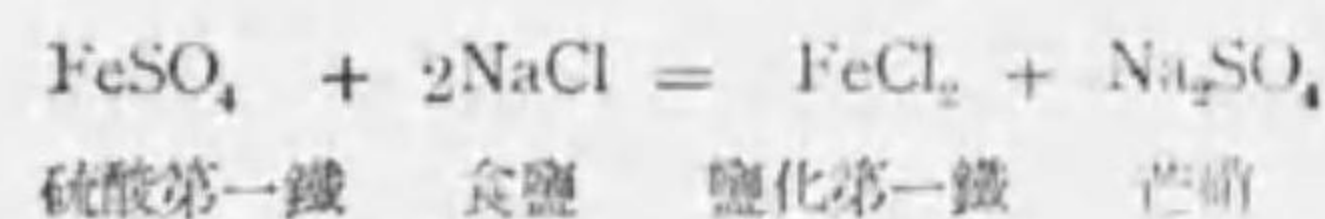
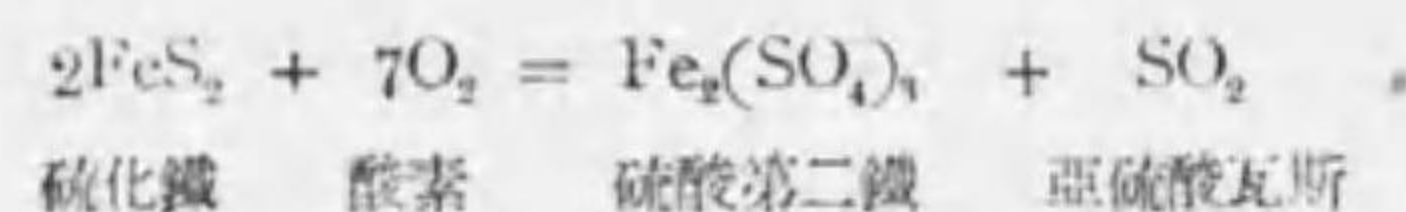
銅鑛の濕式製錬法は、原料鑛石を藥品で處理して銅を含んだ水溶液を作りこれから金屬銅を沈澱させて銅を製造する方法で、今日世界に行はれてゐる方法を大別すれば二つになる。一つは銅を含んだ水溶液から銅を沈澱させるに電解法を應用して直接純銅を製造する方法で、米國などで行はれてゐる方法であるが我が國では行はれてゐない。今一つの方法は銅を含んだ水溶液から鐵屑を使用して沈澱銅<sup>なげんどう</sup>を生ぜしめこれを集めて反射爐で熔融して殆ど純銅に近い成分の銅を製造する方法で我が國の大阪製錬所で實行してゐる方法である。この第二の方法には **ヘンダーソン法** と **ラメーン法** との二種あるが、ラメーン法は前者に比し優秀な製錬法であるから我が國ではこれを行ふてゐる。

1. **ラメーン式銅鑛製錬法の原理** ラメーン式收銅法はその原理では古くから行はれてゐるヘンダーソン法と全く同様であるが、唯使用する銅鑛焙燒爐並に沈澱銅を生ぜしむる装置等に非常な改良が行はれたものである。その原理は含銅硫化鐵を鹽化焙燒して銅の鹽化物を作り、これを水或は弱酸<sup>じやくさん</sup>の水溶液に溶かして後金屬鐵屑を使用して銅の沈澱物を生ぜしめこれを熔融して銅を製造する方法である。含銅硫化鐵を焙燒すれば亞硫酸瓦斯 (SO<sub>2</sub>)

を生じて硫黃の一部は燒却されるが、その燒滓中<sup>やけずちゆう</sup>には尙硫化鐵の一部が残つてゐる。依つてこれに食鹽を加へて鹽化焙燒を行へばこれから生じた亞硫酸瓦斯が食鹽に作用して鹽素を生じ、この鹽素が硫化銅と結びついて鹽化銅となり、ソヂウムは硫酸曹達即ち芒硝<sup>ばうせう</sup>となるのである。

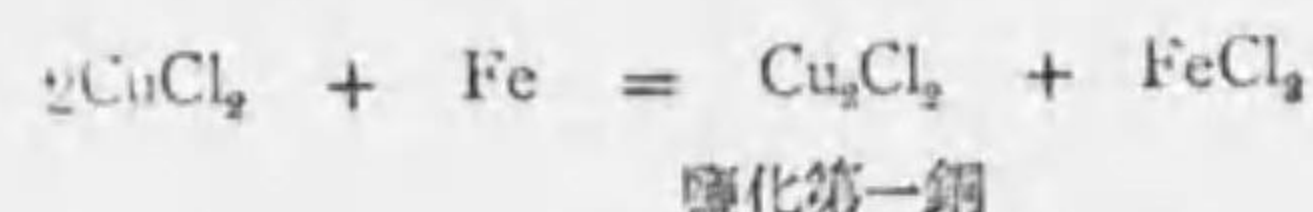
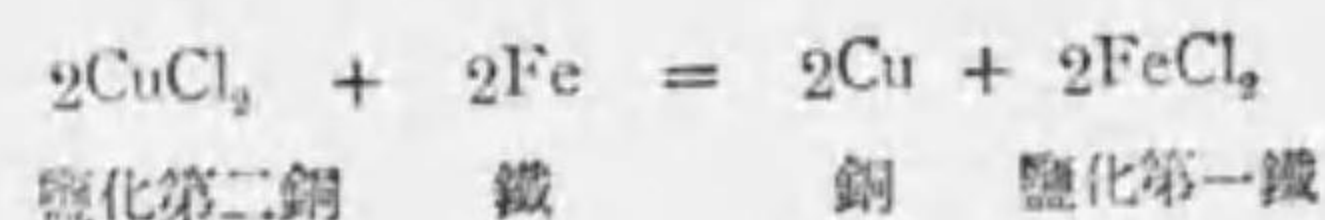


又原料燒滓中の硫化鐵は硫酸第一鐵や硫酸第二鐵を生じ、更に食鹽と作用して鹽化鐵となり、燒滓中の酸化銅は又この鹽化鐵と作用して鹽化銅となる、即ち次の通りである。



斯くの如く燒滓中の銅並に鐵は鹽化焙燒の結果水又は弱酸に溶解し易い鹽類となり、若し原鑛中にニッケル、コバルト、銀、金などが入つてゐればこれ等も可溶性<sup>かようせい</sup>の鹽化物となるから後にこれ

等を回収することが出来る。鹽化銅の水溶液から銅を沈澱させるには鐵屑を使用する。即ち次の方程式に示すやうに鐵と銅とが置換されて沈澱銅を生ずる。



2. ラメーン式收銅装置 含銅硫化鐵は先づ適宜の粒狀に碎き、ラメーン式鹽化焙燒爐と稱する專賣装置を有する焙燒爐で食鹽を加へて鹽化焙燒を行はしめる。この爐は普通の階段を有する粉鐵焙燒爐を改良したもので、加熱と鹽化の兩作業を別々の室で行へるやうにしたものである。即ち加熱床に於ては原鐵に燃燒瓦斯を接觸せしめ原鐵中の硫黃分に丁度點火するだけの程度に加熱して同じ爐の鹽化床に裝入するに便ならしめ、加熱床の廢氣は直接烟道に導き、鹽化床の廢氣と混合しないやうに考案されてゐる。又鹽化床に入る空氣は爐の廢熱を利用した豫熱装置を通り熱風となつて導入されるやうになつてゐる。ラメーン式鹽化焙燒爐から生ずる瓦斯は鹽素瓦斯や硫酸瓦斯を含んでゐるから、これを酸塔に導き適當量の水を以て含有する酸を吸収し、この弱酸液を用ひて鹽化焙燒鐵を洗ひ、これから銅分その他を浸出するやうにする。燒鐵は温度高く多量の芒硝を含んでゐる許りでなく、極めて飛散し易い微粉狀のものであるから、これに直接弱酸溶液を注げば非常に塵埃を發生する恐があるので、本法に於ては燒鐵を

先づ豫浸装置に導き、芒硝その他の鹽類に適量の結晶水を包含させるやうにした後溶解槽に送るから、燒鐵の取扱中に塵埃の飛散の恐なく且燒鐵中の鹽類は頗る溶け易い状態となつてしまふ。溶解槽はコンクリート製の大なる槽で、その内側は耐酸性物質で塗裡を行ひ、假底を設けて溶解滓と含銅液との分離に便ならしめる。溶液はこの槽から抜取つた後タンブラーと稱する装置に導く。殘滓は十分に洗滌した後槽外に排出する。これは主として酸化鐵から成るもので、普通紫鐵と呼ばれ製鐵原料に使用し得るものである。タンブラーは樽形の銅沈澱装置で、その中に鐵屑を満たし含銅溶液を入れて回轉せしめ、兩者を能く接觸させて短時間に銅の還元作用を行はしめ沈澱銅を製造するものである。この沈澱銅は濾過機にかけて水分を去り、更に壓搾機にかけて十分に水分を抜き取り塊狀としたるものを反射爐中で熔融して粗銅を造り、更に精製して市場に送るべき製品を仕上げる。製品は可なり純度の高いもので、99%以上の銅を含んでゐる。尙廢液からは原鐵の種類如何によつて金、銀、ニッケル、コバルト等が含有割合と市價の如何に基づいて回収され、又芒硝が副產品として採取される。

## 第3章 金冶金學

### 1. 金 鑛

金鑛の產出状態は多種多様であるが、大別すれば鑛脈鑛床となつて產出するものと、砂鑛鑛床となつて產出するものとの二つになる。前者は山金で後者は砂金である。金は普通自然

金として遊離存在する外に、他の硫化礦物中に微細に混有されてゐる。何れの場合に於ても自然金中には多少の銀を含んでゐるので、純金のみとして産出することは殆どない。

## 2. 金鑛製鍊法

金鑛の製鍊法を大別すれば3種となる。その一つは**水洗法**で主として砂金の採取に對して行はれる。砂金層の土砂と共に採掘された砂金を水中で洗へば比重の重い砂金は下に沈み軽い土砂が水で流されて後に砂金のみが残るやうになる。この目的には長い水樋或は瀾古流と稱する傾斜した板面に筵又は毛布を敷いたものなどが使はれる。又は**搖盆**と稱し昔の陣笠を轉倒したやうな形で徑3分の2メートル位の圓形木盆等が使はれることもある。これ等は其中で水を使ふて砂金層の土砂を動搖振盪し、その底部に比重の大きい金を沈澱させて軽い土砂を流し去る方法である。他の二つの製鍊法は共に山金の製鍊に應用される方法で、**アマルガメーション法**と**サイアノイド法**が即ちそれである。前者は又**混汞法**と稱せられ、金と水銀とがよく混じてアマルガムを作る性質を利用した製鍊法で、後にこの金アマルガムを蒸溜して水銀を追ひ出し金を殘留させる方法である。後者は一名**青化法**とも稱せられ、金が極めて稀薄な青化加里の水溶液によく溶解する性質あることを利用した製鍊法で、この青化加里に溶解した金を回収するには、金屬亞鉛を使用して金の沈澱を生ぜしめ後これを熔融して金を得るのである。この方法は混汞法に比し金の實收率が大であるから、近來は大規模製鍊場や新設の製鍊場に於ては混汞法が次第に廢されて青化法のみが盛大に行はれる傾向が

ある。併し金鑛の性質に依つては今日でも尙混汞法を應用する方が却つて有利な場合もある。

1. **混汞製鍊法** 金鑛に含まれる自然金は多くは微細な粒子となつてゐるから、これから金を抽出するには先づ鑛石を粉碎して金粒の表面が直ちに水銀と接觸し易いやうな状態にしなければならない。鑛石の粉碎には荒碎用として**嚙鑛機**が使用され、更に細碎するためには**搗鑛機**が使用される。前者は鑛石を5—10センチに碎くに應用され、後者は30—50目の篩を通過するやう細く碎く時に應用される。搗鑛機で鑛石を粉碎する際には水を使用し粉碎された鑛石を水と共に搗鑛機外に排出せしめる。即ち白の一方に金網を置き、粉碎された鑛石がこの篩の目を通過し水に流されて排出されるやうになつてゐる。この泥砂状の水流は白の直前に取付けられた汞面板上を流下する。**汞面板**は銅板又は銀鍍金をした銅板の表面に水銀を塗つたもので、適度の傾斜を與へて搗鑛機の前に取付けられる。泥砂流がこの板の表面を流れるとき遊離状となつた金は水銀にとらへられてアマルガムとなり、その他のものは水と共に流下する。勿論これ等の砂流泥水中には尙多量の金が含まれてゐるから、これは廢棄するを得ず更に青化法或は適當な方法に依つてその中の金分を回収することを要する。若し多くの硫化金屬を含む金鑛を搗鑛する場合には、汞面板の下方に更に**淘汰盤**を置いて硫化金屬を淘汰精鑛として回収せねばならぬ。この硫化金屬の主要なものは黄鐵鑛で著量の金を含んで居る場合が多い。故にこれ等の淘汰精鑛は普通銅鑛製鍊場に賣渡してその中の金銀は銅鑛製鍊法で述べたやうにして回収する。併

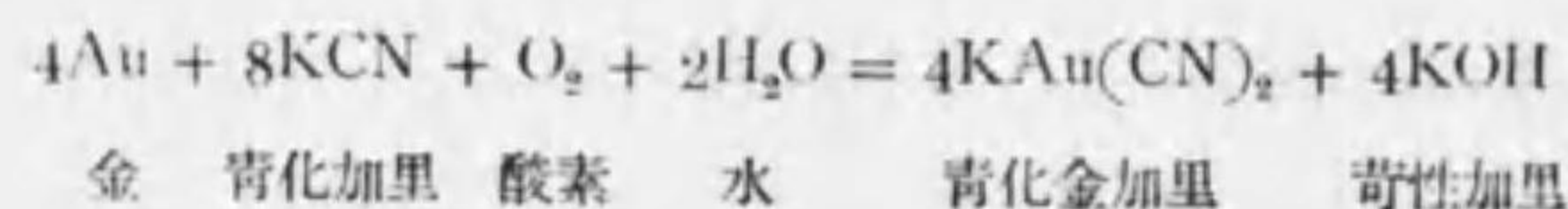
最近浮游選鑛法の發達して以來、これ等硫化鑛物の精鑛を得るため同法を應用する傾向となつて來てゐる。但しこの場合には淘汰盤で處理する粉鑛に比し一層微細に碎く必要があるから、一度搗鑛機にかけて碎いたものを更にボール・ミルやチューブ・ミルのやうな磨鑛器にかけて、全部を200目程度に粉碎する必要がある。汞面板にアマルガムとなつて密着した金はこれを掻き集めて鹿皮或は帆木綿の如きもので餘分の水銀を絞り、次にこの金アマルガムを水銀蒸溜工場の爐に装入して熱すれば、金は残滓となつて坩堝の中に残り水銀は坩堝外に瓦斯狀となつて逃げ、この瓦斯を冷却装置に導き凝縮して回収し再び液狀の水銀となして繰り返し使用する。坩堝内に残つた金は海綿狀となり、且その中には少量の不純物が混入してゐるから、その性質如何に依り重曹、珪石、硼砂、時には硝石等を加へて黒鉛坩堝内で熔融精製して不純物を去り鑄造して金銀塊となし造幣局に送るか、或は更に精製して純金又は純銀とする。その精製法は既に銅冶金學に於て述べたと全く同様である。混汞法に依つて製鍊した金銀塊の品位は原鑛の性質如何で甚しく異なるが、普通その1,000分中に金は500—956で、殘餘は銀及び僅少(10—50)の雜分である。混汞法に於ける金の採集率は勿論原鑛の性質により甚しく異なるものであるが、最悪の場合で17%位、最良で60%位と看做すのが普通である。この金アマルガムを更に蒸溜して海綿狀の金とし、媒熔劑を加へて熔融すれば更に熔融減等があるから、原鑛品位に對して採集率は更に小くなるものである。

2. 青化製鍊法 金鑛に對する青化製鍊法は青化加里の稀薄な

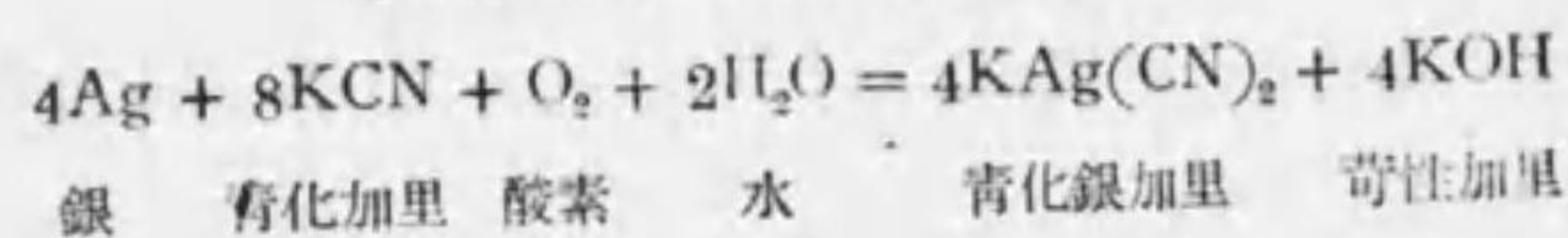
水溶液が金を溶解する力の偉大なことに基つた製鍊法で、昔は混汞法を行ふて金を抽出した殘滓中から更に金を回収するために主として應用されたものであるが、今日では寧ろこれが金鑛の主要製鍊法となり、混汞法は却つて特種の場合のみに行はれる方法のやうになつてしまつた。勿論今日でも或種の鑛石は先づ混汞法にかけて金の抽出を行ひ、その滓に青化法を應用する方が有利な場合もあるが、この時には搗鑛機前の汞面板上を流下して來る砂泥水を先づ分級機又は分配槽等を使つて砂と泥水とに分離し、砂は溶解槽と稱する假底付の徑4メートル、高さ2メートル或は徑も高さもこれより大い圓形の溶解槽に入れ、青化加里の稀薄な液を導入し、數日間漬けて砂鑛中の金を溶解した後、槽からこの金液を引き出し、亞鉛箱と名づける金の沈澱装置に導き此處で液中の金を沈澱させるのである。亞鉛箱は木製の長い箱で、中には數個又は十數箇の隔壁があり、二重底になつて各區劃の假底に金網を張りその上に亞鉛の削屑を入れたものである。金液はこの箱の一端に導かれ、逐次に底の方から次の區劃内に入つて段々次の區劃中に進むやうになつてゐる。故に金液と亞鉛との接觸が十分に行はれ金が亞鉛面上に沈澱するに便宜を與へる。泥水の方は餘分の水を除去して濃泥となし、青化液を加へて攪拌し、金の溶解を行ひ十分にその回収を行ふやうにする。併し斯の如く混汞法と青化法とを兼營する製鍊法は今日では寧ろ舊式に屬するもので、特に混汞法を必要とする場合以外には行はない方がよい。金鑛中には前述のやうに硫化金屬を多量に含むもの多く、殊に輝銀鑛、含金硫化鐵等を含有してゐるものなどがある。これ等は混汞法

では金の採集率が甚だ悪いから始めから青化法にかけて金の實收率を高めるやうにする。この青化法は混汞法よりも更に鑛石を微細に粉碎する必要があるから、近來は<sup>ぜんていはよ</sup>全泥法と稱して鑛石全部が200<sup>めいさう</sup>目篩を通過し得るやうに出来るだけ粉碎する。金鑛中の自然金は前述の通り多くは極微細な粒となつて産出するから、細く碎けば碎く程遊離状となる機会が多い、従つてこれは藥品と作用接觸する面が多くなり金の實收率が一層高まるものである。全泥法が今日盛んに行はれる理由は即ちこの點に存する。全泥法を行ふ最新式の工場では從來金鑛製錬に缺くべからざるものと考へられてゐた搗鑛機を廢し、ボール・ミルを使用して粉鑛を造り更にこれを粉碎するにはチューブ・ミルを使用することにしてゐる。即ちこれに依つて我等は200<sup>めいさう</sup>目篩を通過し得るやうな微細な粉末、換言すれば泥状鑛を製造する。依つてチューブ・ミルには必ずその回路に<sup>ぶんきよき</sup>分級機を入れ粒の大きいものは幾回でも繰返し全部を泥状とするやうに努力してゐる。この<sup>まぐわう</sup>磨鑛を完成した泥水は一應濃密槽に入れて餘分の水分を切り、<sup>かうはんさう</sup>攪拌槽に導いて青化液を加へ十分に攪拌を加へて金の溶解を行ふ。攪拌槽には空氣攪拌又は機械攪拌を行ふやうなものがあるが、パチューカ式空氣攪拌槽又はドル式攪拌槽等が使用されてゐる。

金が青化加里の稀薄な水溶液に溶解するのは次の方程式に示す通り液中に酸素の存在する必要がある。



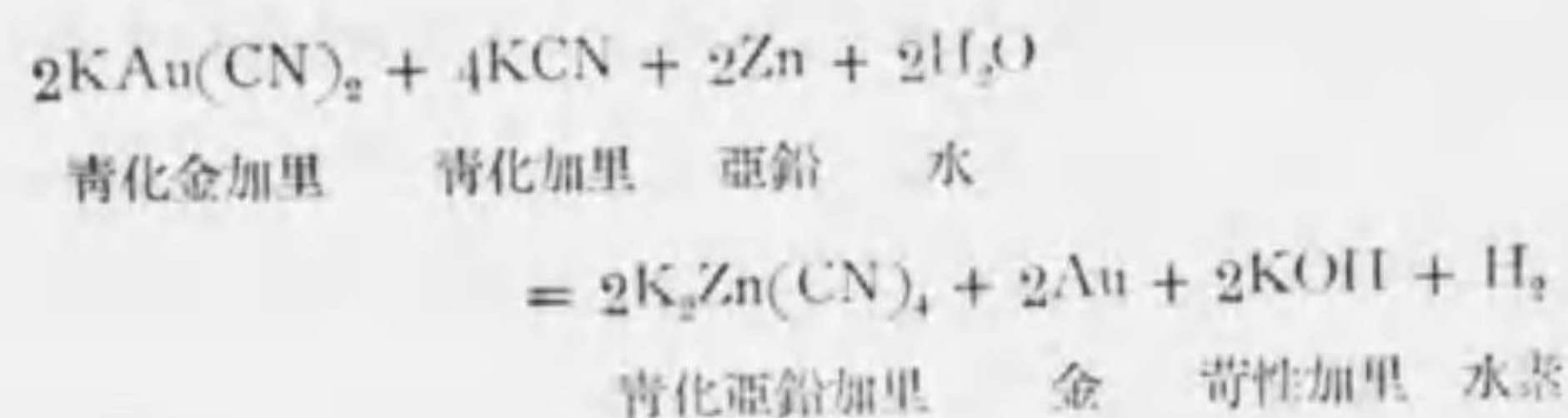
又銀の溶解する化學變化も同様で



で示すことが出来る。

斯くの如く攪拌溶解を行ふた泥水は<sup>みくわ</sup>濾過機に導き此處で金液と<sup>しん</sup>滓泥とに分離せしめ、金液は前述のやうに亞鉛箱に導いて金の沈澱を行ふか或は亞鉛粉を使用して金の沈澱を作る。

濾過機には<sup>まこく</sup>真空濾過機、<sup>かえつ</sup>加壓濾過機等使用されるが、我が國では主として前者に屬するもの、即ちオリバー式濾過機が歡迎されてゐる。この濾過機を通過した金液を亞鉛粉で沈澱させるには、金液中に亞鉛粉の適量を混入し、その混合液をメソル式加壓濾過機にかけて澱物を取るやうにする。金が金屬亞鉛で沈澱するのは次式に示すやうな化學變化に基づくのである。



亞鉛箱を使用して金を沈澱させると金は箱底にたまるから時々亞鉛箱の掃除をして金の澱物を集める。金の澱物は水分を多量に含んでゐるから熔融に先だつてよく乾燥し、然る後に<sup>せいじやうざい</sup>媒熔劑並に清淨劑として硼砂、曹達及び硝石等を混じ、黒鉛製の坩堝内で熔融する。斯くして得られる金塊は混汞法で述べたのと同様で純金ではなく金と銀との合金である。故に直ちに造幣局に送るか或は更に純金及び純銀に製造して市場に送出する。その製法は銅冶金學で述べたのと同様のものである。この全泥法に依る<sup>ぜんていはよ</sup>金鑛の青化



製鍊法は金の實收率極めて高く、少くとも 90 % 以上で時には 95 % 内外に達することもある。

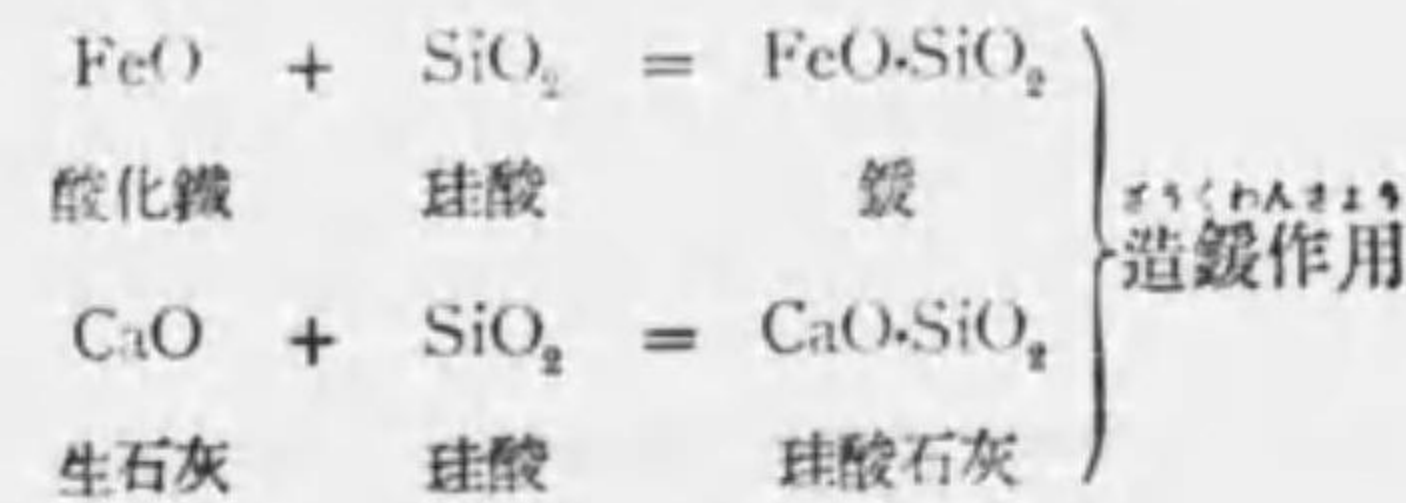
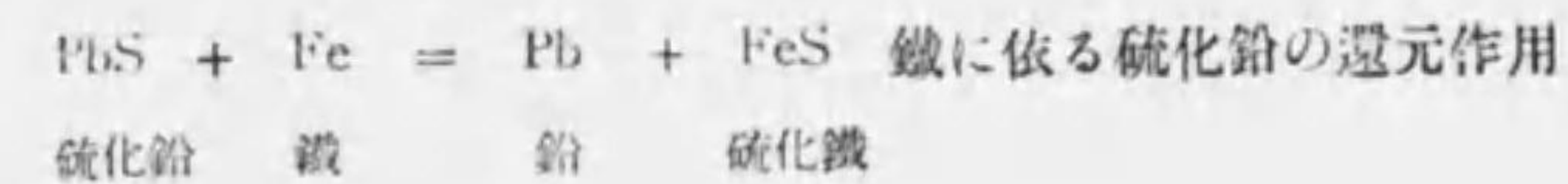
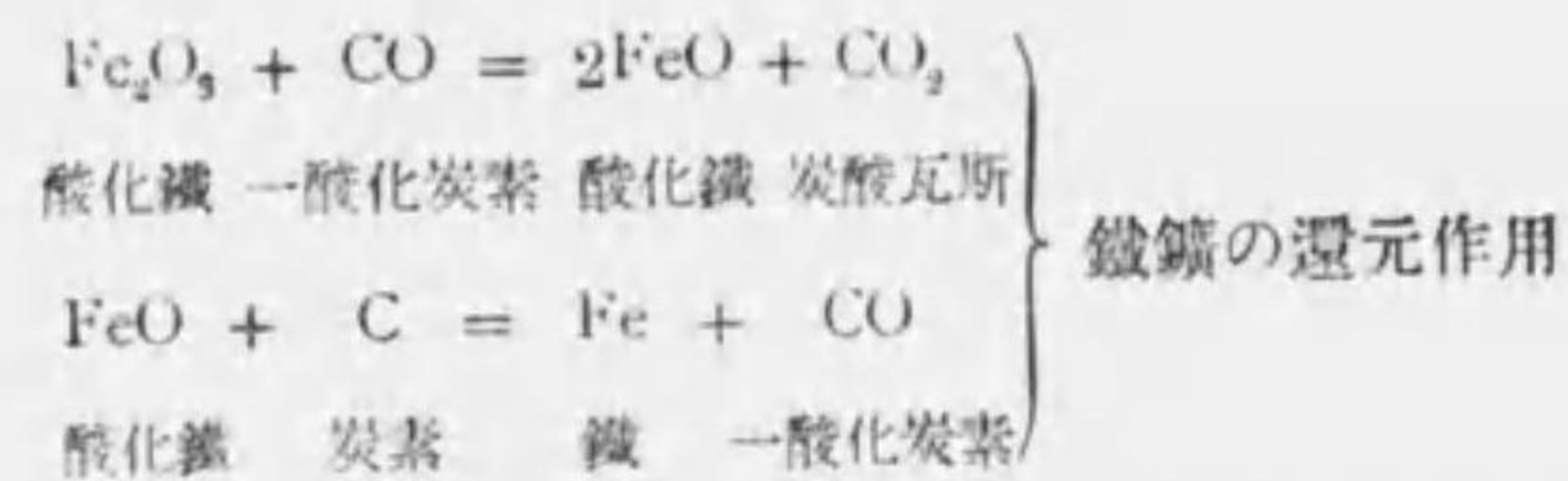
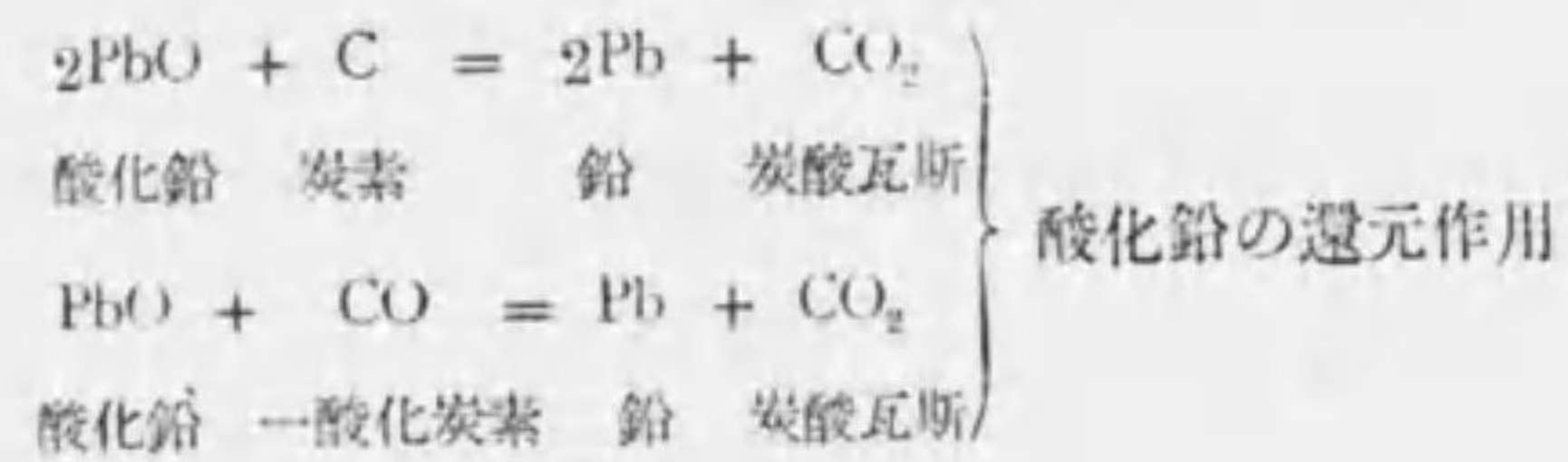
## 第 4 章 鉛 冶 金 學

### 1. 鉛の製鍊原料

鉛の製鍊原料たる鉛礦中で最も主要なるものは方鉛礦である。これは  $PbS$  なる化學式を有し、純粹なものは 86.6 % の鉛を含んでゐる。併しこの者も他の礦石と同様に純粹の方鉛礦即ち鉛の硫化物として産出することは少く、従つて我等が製鍊場で處理する鉛礦には錳石中の方解石、石英、重晶石等が混入してゐるのみならず、夾雜硫化礦物として黄鐵礦、黄銅礦、閃亞鉛礦及び磁硫化鐵礦などを含んでゐる。故にこれを製鍊するには不純物たるこれ等の諸硫化礦物を出来るだけ除去して製鍊原料としなければならぬ。尙鉛礦は屢輝銀礦と共に産出したり、又方鉛礦中に多量の銀を含有することがある。即ち多くの場合に金の含有高は有利にこれを製鍊し得るに至らないが、銀は大抵有利に製鍊し得べき程度に含有してゐる。故に鉛の製鍊法は又一種の銀の製鍊法とも考へることが出来、従つて我が國では獨立した銀の製鍊法なるものは行はれず、既述の通り銅礦並に金礦の製鍊の結果同時に製鍊する有様である。換言すれば銅、金並に鉛の製鍊を行へば銀は同時に製出されるものである。勿論この場合には銀礦と考へらるる礦石を銅礦と共に熔鑪に投入するか、或は金礦と共に青化法にかけるか、或は以下に述べるやうに鉛礦の熔融を行ふ場合に鉛礦と共に熔鑪に投入して製鍊するかである。

### 2. 粗鉛製鍊法

鉛礦の製鍊法は銅礦の製鍊法に似てゐる。唯異なる所は鉛礦では自熔法を行はずに還元法を行ふ點である。従つて原料礦石は塊礦ならば焙燒する必要があるし、若し粉礦ならば燒結法に依つて焙燒と燒結とを兼ねて一舉兩得の方法を講せねばならぬ。方鉛礦は鉛の硫化物であるから、焙燒すれば硫黃は亞硫酸瓦斯となつて飛散し、鉛は酸化鉛となる。従つて燒礦中には多量の鉛酸化物が含まれる。依つて媒熔劑として石灰石並に鐵屑又は鐵礦を調合し、炭を多量に使用して一部は還元劑の作用をなさしめ一部はその燃焼に依つて製鍊に必要な高熱を發生せしめるときは爐内に於て次の通りの變化が起り鉛が還元製鍊されるやうになる。



錫石中の珪酸は加へられた鐵屑又鐵鑛から生ずる酸化鐵並に媒熔劑の石灰石から生ずる石灰と共に鍍を造ること銅の製鍊に於けると全く同様である。鉛は重いから爐の下底に沈み、鍍は軽いからその上部に浮ぶ。若し銅の如きものがあれば、一部は鉛と共に還元され、一部は銅と鉛より成る鍍を生ずるから、これは又適當な方法で處理して鉛と銅とに分け各別個に回収する。この際金銀の大部分は鉛中に入り一部は鍍の中に入るから、極めて容易に回収することが出来る。若し砒素があれば、砒鍍を生ずることは言をまたない。

### 3. 精鉛製鍊法

鉛の熔鑛爐から生ずる粗鉛は多量の不純物を含んでゐる。これを清淨するため除滓鍋で再熔して不純物の一部を抜き、更に陽極に鑄造して所謂ベッツ法なる電解製鍊法に依つて純鉛即ち精鉛を製する。即ち粗鉛を陽極となし陰極には精鉛の薄板を用ひ電解液として珪弗化水素酸中に珪弗化鉛を含んだものを用ひて電解を行ふのである。珪弗化水素酸を製するには先づ螢石に濃硫酸を作用させて弗化水素を造り、これに珪砂を溶解して珪弗化水素酸の液を造るのである。然るにその儘では多くの不純物が含まれてゐるから一度電解清淨をして後に電解槽に導くやうにする。電解槽は銅の電解精鍊に使用するものと殆ど同様である。斯くて電解を行へば純鉛は陰極に沈澱し、鉛中の金、銀並に蒼鉛の如き不純物は他の不純物と共に陽極滓となり、陽極の表面に附着して残留する。これを電解槽から取出し陽極殘部から離して洗滌し乾燥し、灰吹法に依つて金銀を製造すること既に銅冶金學に於て論じたの

と同様にする。

### 4. 乾式金銀回收法

ベッツ法は純鉛の精製並に鉛中の金銀回收法として最良の方法であるが、この外に昔から盛んに行はれ今日も尙一部の製鍊所で行はれてゐる乾式脱銀法がある。これは我が國に於ても最近まで行はれた方法であるが、今日では最早行はれてゐないのである。この脱銀法には二つの方法があつて、一つをバッチンソン法と名づけ他をパークス法と名づける。何れの方法でも熔鑛爐で製出された粗鉛は先づ清淨法にかけて一部の不純物を抜き取らなければならぬ。その方法は粗鉛を鐵製の鍋内で熔融するのであるが、比較的純粹な鉛は先づ熔融して鍋底に沈み銅や砒素その他のものを不純物として含んでゐる鉛は跡から熔融し表面に浮ぶこれをドロスと名づける。このドロスを鍋から掻き出し更に高温度に熱して熔鉛をかきまはせば鉛中の錫は酸化されて鉛の酸化物と混じて表面に浮ぶ。これをスカムと名づける。スカムを掻き出し更に温度を高めれば今度はアンチモニーや殘の砒素などが酸化して表面に浮ぶ。斯くの如くして我々は粗鉛の清淨を行ふことが出来るのである。バッチンソン法は斯くの如くして清淨した鉛を熔融状態から靜かに冷却して一部の鉛を結晶させるやうにし、最初に結晶し來つた鉛を尙熔融状態で残つてゐる鉛と分離する方法である。斯の如くすれば鉛の特性として始めに凝固した鉛中の含銀量は熔體となつて殘る鉛中の含銀量よりも少い。故にこの結晶凝固した鉛を熔體の鉛から分けて別の鍋に移し、熔鉛を冷却して更に一部が凝固するやうにすれば第二回目に残る熔鉛

中には銀は更に豊富に含まれるやうになる。斯様な方法を何回も繰り返して行へば、段々銀の豊富に含まれた鉛と、段々銀の貧しくなつた鉛とを製造することが出来る。故に バッチンソン 法では澤山の鍋を一行に並べて一方を含銀量多き鉛の處理に使ひ他方を銀の段々に減少した鉛の處理に使ふやうにして、結局一方では貴鉛を製造し一方では益々純鉛に近い鉛を製造する。貴鉛は更にこれを灰吹法にかけて銀の回収を行ひ、含銀量の減少した鉛は銀の量が 0.008 %位までになつたとき普通の鉛として市場に販出する。パークス 法は一名亞鉛收銀法とも稱する製鍊法で、熔融した鉛の中に金屬亞鉛を混入すれば銀が亞鉛の方に多く吸収される性質のあることを應用したものである。故に含銀鉛の中に亞鉛を熔融して次にその温度を下げる。さうすると先づ亞鉛が結晶凝固して来るが、その中には鉛から吸収した多量の銀を含んでゐるゆゑこの結晶狀亞鉛を鉛の中から汲み出し、再び新しく亞鉛を加へて鉛中の銀をこの亞鉛内に吸収させるやうにする。斯の如き方法を反復施行すれば、最後に残る鉛中には銀が殆ど無くなるやうになる。斯くして製造した含銀亞鉛は更に蒸溜法にかけて亞鉛を去り、銀を残留させるやうにして銀の回収を行ふことが出来る。

## 第 5 章 亞鉛冶金學

### 1. 亞鉛の製鍊原料

亞鉛の製鍊原料は閃亞鉛礦である。純粹なものは 67.03 % の亞鉛を含んでゐる。併し多くは鐵の硫化物を含み、時には 3.2 % 位の カドミウム を含むものもある。天然に産出する鑛石は多く

は方鉛礦、黃鐵礦、黃銅礦等を含んでゐるから亞鉛含有量は更に少いのが普通である。或ものは多量の銀を含み恰も銀鑛と稱する方が適當な位の鑛石も外國には産出してゐる。この外に亞鉛鑛の製鍊原料となる鑛石が數種あるが、何れも世界の或一局部に限られて産出するのみで亞鉛の一般的製鍊原料と考へることは出来ない。但し閃亞鉛礦は世界の到る所に産出し最も普遍的な亞鉛製鍊原料である。

### 2. 乾式亞鉛製鍊法

乾式亞鉛製鍊法は蒸溜法に依る製鍊法である。原料鑛石なる閃亞鉛鑛は亞鉛の硫化物であるから、これを製鍊するには先づ焙燒して亞鉛の酸化物となし、還元劑として骸炭粉を混じ、レトルト中に入れて外部から加熱するのである。然る時は酸化亞鉛は炭素又は一酸化炭素等のため還元されて瓦斯狀の亞鉛となり、レトルトの外端に取り付けられた アダプター と名づくる凝縮室で凝縮せられ、熔融狀亞鉛となつて室内に溜る。依つてこれを抜き取り、鑄造して型亞鉛とし市場に送出するのである。

1. 亞鉛鑛の焙燒 亞鉛鑛は焙燒に先だち適當の大きさに碎くのが普通である、大抵 1—2 ミリの粉鑛として焙燒してゐる。殊に近來浮游選鑛法の發達して以來益々微粉狀の原料が製鍊場に送付されて来るから、その焙燒爐も昔と違ひ種々のものが考案されるやうになつた。最も普通に使はれてゐるのは反射爐の一種或はマゴドガル 式回轉焙燒爐を改良した ウエッチ 式回轉爐などで、現今盛んに使はれてゐる。我が國唯一の乾式製鍊場なる福岡縣大牟田市の三井製鍊場では ウエッチ 式回轉爐で豫備焙燒を行ひ、

硫黄の含有量が 10 % 内外に減じた燒鑛を更に ドワイトロイド式燒結機で完全焙燒をなし、この燒結鑛を更に粉碎して製鍊原料としてゐる。亞鉛鑛の焙燒は含有する硫黄を出来るだけ完全に燒却して亞鉛を全部酸化亞鉛の状態にするのが理想である。燒鑛爐から生ずる亞硫酸瓦斯を利用して硫酸の製造を行ふのは有利であるから、事情の許す限り硫酸を製造して副産物として賣却する方がよい。

2. 亞鉛の蒸溜製鍊法 亞鉛蒸溜爐は普通一基の爐に百數十個の レトルト を配置して加熱する構造になつてゐる。この レトルト の形状や大きさは各製鍊場によつて種々異なつたものが使はれてゐるが、我が國では獨逸の ライン式 レトルト 即ち橢圓形の横断面を持つた レトルト が使用されてゐる。レトルト の原料は生の耐火粘土と シヤモット に少量の骸炭粉を混ぜたもので、耐火度強く重壓にも耐へ得るものが使はれてゐる。亞鉛製鍊場では甚だ多數の レトルト を使用するのと、レトルト そのものが甚だ破損し易いものなる關係上、製鍊場には必ず大規模な レトルト 製造工場を附屬させてゐる。亞鉛蒸溜爐の加熱装置は舊式なものでは石炭焚火法、半瓦斯法などが行はれてゐるが、近來は蓄熱室附の瓦斯爐が最も有利と考へられてゐるから工場附屬の瓦斯發生爐で瓦斯燃料を製造して使用するやうにしてゐる。レトルト には必ず アダプター と名づける還元亞鉛蒸氣を凝縮させる装置を取付け、此處に蒸溜された亞鉛を溜めて必要に應じ時々これを抜き取るやうにしてゐる。以上の如く亞鉛の製鍊には焙燒した亞鉛鑛に骸炭粉を混じ レトルト 内で蒸溜するのであるから、レト

ルト 内には還元された瓦斯狀亞鉛の外に炭酸瓦斯、一酸化炭素、装入物の塵埃などが澤山に生じ、レトルト 内の瓦斯狀亞鉛を全部融狀の亞鉛にすることが出来ず、一部の亞鉛は粉狀の亞鉛となつて凝固することがある。これを **ジンクダスト** と名づける。然しこれは全部純粹な亞鉛でなく、亞鉛粉と酸化亞鉛粉の少量とが混じたもので、その純粹なものは金鑛の青化製鍊法で金液から金を沈澱させる時に使用され大に歡迎されるものである。

3. 亞鉛の精製 蒸溜法で製造された亞鉛の中には鉛、鐵、カドミウム その他の不純物が混入してゐるから、直接鑄造し型亞鉛として市場に出すことは出来ない。依つて先づこれを精製して不純物の極めて僅少なものと市場に送出するのである。即ち蒸溜法で製造した亞鉛を反射爐内で靜かに熔融し、鉛や鐵の一部をその比重の差に依つて熔融亞鉛の下方に沈下させ、上部に浮ぶ純亞鉛を汲み取つて鑄造するやうにする。勿論この方法で一部の鉛や鐵は析出分離し得るが全部を完全に抜くことは出来ず 1 % 内外の鉛はその儘亞鉛中に残つてしまう。その外、錫、アンチモン、蒼鉛、カドミウム 等はこの方法では抜き取ることが出来ないからこの精製法は決して完全なものでない。従つてその製品の純度は 98.5—99 % のものである。又蒸溜法から生ずる ジンクダストの純度は更に悪しく 87 % 位の金屬亞鉛と、他に亞鉛の酸化物とを含んで居り、全體の亞鉛量として約 95 % のものである。

### 3. 亞鉛の電解製鍊法

亞鉛の電解製鍊法の要點は先づ亞鉛鑛の焙燒を行ひ燒鑛を稀硫酸に溶解し、次にその水溶液を清淨して後電解を行ひ純亞鉛を得

ること、歐洲大戰以來各國に於て行はれるやうになつた最も新しい製錬法である。

1. 亞鉛鑛の焙焼 精選亞鉛粉鑛の焙焼は、マゴドガル式又はウエッチ式粉鑛焙焼爐で行ひ、焙焼の結果その燒鑛が容易に稀硫酸に溶解し得る性質のものとなるやうにしないでならない。若しこの焙焼が適當に行はれなければ可溶性燒鑛の割合が甚しく減少する恐がある。依つて焙焼を行ふに當つては非常な注意をなし、成るべく可溶性の燒鑛が多く生ずる焙焼法を行ふやうに努める。一般に硫化鐵を多く含む亞鉛鑛からは可溶性の燒鑛を生ずること少く、又焙焼温度が高過ぎる場合にも不可溶性の燒鑛を多く生ずる傾向がある。依つて焙焼の際には特に燒鑛温度を適度に保たせるやうに、十分に注意しなければならない。

2. 亞鉛燒鑛の溶解 燒鑛を溶解するには金鑛製錬で述べた攪拌溶解槽即ちパチューカ槽の如きものを使用する。その溶解法には中性溶解法と酸性溶解法との2方法を行ふ。先づ弱酸性溶液即ち約3.5%位の弱硫酸液で燒鑛を處理し、その溶液が殆ど中性になるまで溶解を行ふ。この際燒鑛中の砒素並にアンチモン等を驅除し且鐵の酸化物等の存在を必要とするため酸化剤として二酸化マンガン等を加へる。この溶解作業の結果鐵、砒素、アンチモン等が沈澱して來るから溶液は清淨となる。依つてこの溶解作業を一名清淨溶解とも名づける。この中性溶解を行つた後は泥狀水溶液をドア式分級機及びドア式濃密槽に導いて砂並に沈澱物と不純亞鉛溶液とを分離し、前者は更に酸性溶解法にかけ、後者は更に淨液槽に送つて清淨法を行ふ。酸性溶

解の目的は中性溶解のみでは不完全で尙一部の亞鉛が殘滓中に殘る恐があるからこれを十分に溶解し去るためである。即ち適度の酸度を保たせた溶液を用ゐる中性溶解の場合と同様に攪拌溶解を行ひその液を濃密槽に送り亞鉛溶液と泥砂とを分離するのである。これから生じた溶液は前述のやうに中性溶解に使用して溶液中の含亞鉛量を高め、後これを清淨槽に送り、その淨液を電解槽に送るのである。

3. 不純亞鉛液の清淨法 中性溶解の結果生ずる亞鉛溶液は攪拌槽内に入れて清淨法を行ふ。即ちこの液に亞鉛粉末を加へて攪拌し、液中の銅、カドミウム、コバルト等の不純物を沈澱して亞鉛液から分離し、斯くて生じた清淨液を電解槽に送るのである。要するに亞鉛電解の秘訣は清淨な亞鉛溶液を作ることによつて解決されるのであるから、出来るだけ清淨を完全にしなければならない。この清淨攪拌槽から來る不純亞鉛液は濾過機を通過させて淨液と沈澱物とに分け、前者を電解槽に送り、後者はそれから不純物として混入してゐた銅その他の金屬を回収する。

4. 電解法 電解法は銅の電解法に類似してゐる。唯この亞鉛の場合には不溶性陽極即ち鉛の板を陽極として使用し、陰極にはアルミニウム板を使用する。電解液は前述の如く製造した中性硫酸亞鉛溶液を用ゐ、弱電流を使つて電解作業を行ふのが最も普通である。アルミニウム陰極板上に沈澱した亞鉛は、アルミニウムから分離して反射爐で熔融し型亞鉛として市場に送る。電解法で製造した電氣亞鉛は蒸溜法で製造した亞鉛に比すれば純度が極めて高く、その採收率もよく、その上乾式法では處理し得ない

やうな不純物の多い原鑛でも處理することが出来て、同時にその不純物なるカドミウム、銅、鉛、金、銀、マンガン等を副産品として回収し得ることの便宜がある。

## 第6章 錫冶金學

### 1. 錫の製鍊原料

錫の製鍊原料となる鑛石は錫石で、 $\text{SnO}_2$ なる成分を有し、純粹なものは78.6%の錫を含んでゐる。我が國に産出する錫鑛は所謂山錫と稱するもので鑛脈状をして産出するものであるが、世界第一の産出額を以て著名なマレー半島地方に産出するものは砂錫と名づけられるもので粒状の鑛石である。山錫は普通不純物として黄鐵鑛、黄銅鑛、硫砒鐵鑛、方鉛鑛の如き硫化金屬鑛を含んでゐるが、砂錫は比較的純粹で河水の作用などを受けた結果角のない粒状を呈してゐるものである。何れの場合に於ても鑛石中の錫の含有高は採掘のまゝでは甚しく少いため、選鑛してその品位を高めたものが専ら製鍊原料となつてゐる。

### 2. 粗錫の製鍊法

錫の製鍊法は如何なる原料鑛石を處理する場合でも先づ粗錫を製鍊し、次にこれを精製して始めて市場に出すのである。然るに粗錫製鍊の際に生ずる鍍の中には極めて多量の錫が含まれてゐるから、これは是非再處理をして錫の回収を行はねばならぬ。即ち鍍製鍊を行ふ必要がある。この際錫製鍊に於て生ずる種々の屑類も同時に熔融して出来るだけ錫の損失を防ぐやうにする。

錫鑛を熔融してこれから錫を抽出する製鍊の原理は、要する

に酸化錫即ち  $\text{SnO}_2$  を炭素又は一酸化炭素で還元して Sn 即ち金屬錫とするもので、これに要する温度は可なり高く約  $1,000^\circ$  乃至  $1,100^\circ$  位を必要とする。故に若し原料鑛石中に鐵或はその他の不純物が存在すれば、これ等のものも同時に還元され製鍊して生じた錫の中に混入して來る恐がある。元來  $\text{SnO}_2$  なるものは、或は酸性或は鹽基性の作用をなすもので、若し熔融製鍊の際珪酸 ( $\text{SiO}_2$ ) の如き酸性の強い物質があれば  $\text{SnO}_2$  は鹽基として作用して珪酸鹽類をつくり熔融物は甚しく流動性を失ふ恐がある。然るにこれに反して石灰 ( $\text{CaO}$ ) の如き鹽基性の強烈なものがあればこれに對しては酸性として作用し錫酸カルシウムとなるから錫の損失を來す恐を生ずる。故に錫の製鍊を行ふ場合に媒熔劑として石灰を使はねばならぬ時には、出来るだけ少量ですますやう注意することを要する。粗錫の製鍊は原料が純粹で品位の甚しく高い場合には熔鑛爐で製鍊してもよいが、その時は出来るだけ鍍の量を少なくするやうな調合法を行はねばならぬ。錫の製鍊法には反射爐を用ゐるのが一般的である。これは錫の製鍊原料には主として砂状又は粉状のものが多いためと熔鑛製鍊に比して揮發に基づく錫の損失が少いため、又一方には爐内還元物中に不純物を混入して來る恐も少く、燃料として木炭や骸炭を使用せず重油の如きものを使用し得る便宜があるためである。併し反射爐製鍊を行へば鍍中に逃げる錫の量が多くなり操業も間斷的に行はねばならない缺點がある。實際我が國では大分縣の尾平鑛山では熔鑛爐製鍊によつてをり、兵庫縣生野鑛山では反射爐製鍊を行ふてゐるのである。

1. 熔鑛爐に依る粗錫の製鍊 熔鑛爐に依る粗錫の製鍊を尾平鑛山の實例について述べて見れば、塊鑛は先づ焙燒して揮發性不純物の一部を除き、鑛石を多孔質の還元され易い状態として熔鑛爐に投入し、選鑛場から來る精粉鑛には粘結炭を加へて製團を行ひ、これを燒いて恰も錫鑛の骸炭のやうなものを造り塊鑛と共に爐に投入してゐる。還元剤としては木炭或は骸炭を加へ、媒熔劑としては適量の石灰石を使用してゐる。熔鑛爐は丸形の前爐付の爐で内部の徑 1 メートル、高さは羽口水準以上の裝入物 2 メートルに達するもので、羽口附近のみ水胴式となり上部は煉瓦積のものが使はれてゐる。熔鑛爐製鍊の結果生ずるものは粗錫と鍍で、共に前床に於て錫は底に沈み鍍はその上部に浮んで分離されること銅鑛製鍊の場合と全く同様である。前床の底に溜つた粗錫は時々抜き取り、更に精製して市場に送る。

2. 反射爐に依る粗錫の製鍊 砂錫は勿論山錫でも不純物が多く品位が低いので、製鍊前に選鑛にかけられるから、製鍊場には粉狀の精鑛として供給されるのが普通で、従つて反射爐に依つて製鍊を行ふのが最も錫鑛製鍊に適當した方法である。一日に處理する鑛量の如何に依つて爐に大小があるが、内法で幅 2 メートル、長さ 5 メートル位のものが屢使用されてゐる。この反射爐は爐側の一方に仕事口が取付けられ、これと反對の側に熔錫の抜き口を設け、この熔錫流出口の直ぐ下方に受け鍋を置き、鍋の周圍には煉瓦の爐を築き下側から加熱することが出来るやうにして置く。鑛石に對して木炭或は骸炭を加へ、必要に應じて螢石及び石灰石のやうな媒熔劑を添加し熔解製鍊を行ふ。これ等の裝入物

を爐が前回の操業で暖められ未だ冷えない内に爐内に入れ、爐の溫度を十分にあげ新しい裝入物が熔融すればよく掻き交せ十分に還元作用が行はれるやうにし、錫と鍍とがよく分離すれば熔融して爐底に溜つた錫を抜き出し鍋爐の中に受ける。還元された錫が全部抜き出された後はこの流出口に栓をして鍍を流す準備をした後十分流動状となつた鍍を鍍受の他の鍋爐に抜きとること前の錫の場合と同様にする。この鍍の中には多量の錫が含まれてゐるから、再處理をしてその錫の回収を行ふ。即ちこの鍍には 20—40% の錫が入つてゐるから、同じ製鍊場から生ずる錫を含んだ種々の屑や滓をこれと共に混熔し、再熔融を行ふやうにする。この熔融製鍊には還元剤として骸炭粉、媒熔劑として鐵屑及び石灰石等を加へて還元製鍊を行ひ、鑛石の場合と同様の手數を経てその中の錫の回収を行ふのである。鑛石の直接還元によつて得られる粗錫はその品位 99.5% 位であるが、鍍の再製鍊の結果生ずる鍍は品位これより低く 95% 位のものである。尙この鍍製鍊に於て生ずる鍍の中には 25% 位の錫が含まれてゐるから廢棄することは出来ない。依つて更に適當な處理を行ふてその錫を回収しなくてはならぬ。併しこの時に生ずる錫は前の二つの場合とは異なりその品位甚だ低く約 80% 位の錫となるから、これは鑛石熔融の際に加へて再製鍊を行ひ、少くとも約 99.5% の品位に高めなければならない。

### 3. 粗錫の精製

製鍊された粗錫中の不純物は製鍊原料なる錫鑛の如何によつて異なるが、最も普通に混入して來るのは鐵、銅、鉛、砒素並にア

ンチモン等である。故に市場に錫を出すに先だちこれ等の不純物を出来るだけ抜きとらねばならぬ。その方法に二つある。第一の方法は火力精錫法<sup>くわうりくせいしやくはふ</sup>で、第二は電解精錫法である。この内前者は昔から行はれてゐた方法であるが後者は比較的最新のものである。

1. 火力精錫法 火力精錫法の製錬原理は、純度の高い錫は鐵や砒素等の不純物を含む錫よりも熔融點の低いことを應用した方法で、前述の粗錫を純錫の熔融點より稍高い位の溫度に加熱すれば純錫は熔融するけれども不純な部分はこの溫度では熔融せず單に半熔融状までとなるから、この差を利用して純錫を不純錫から分離することが出来るのである。この作業は鍋爐で行ふてもよし或は小形の反射爐で行ふてもよい。併しこの時に生ずる熔錫内には尙鉛や蒼鉛が入つてゐるから、これ等を抜くためにこの熔錫内に生木を入れてその分解のために生ずる蒸氣と瓦斯で熔錫を攪拌して不純物の酸化を盛んならしめる。それで不純物の大部分は酸化物となつて熔錫の表面に浮いて来る。この作業を **ポーリング** と稱してゐる。粗錫内にはこの外に不純物として鐵、銅 時としては タングステン のやうなものが混つてゐるが、その量は極めて少いから、この **ポーリング** で殆どこれ等の夾雜物を除去することが出来る。斯くして精製された錫は 99.9% 以上の純度であるから、その儘でこれを市場に出すことが出来る。

2. 電解精錫法 純粹の錫を得ようとするれば各種の他の金屬と同様に電解精製法で精製するのが一番よいのである。我が國で粗錫の精製法としては尾平鑛山でも大阪の三菱製錬所でも電解法を

應用してゐる。粗錫の電解法は銅などと同様に粗錫を陽極に鑄造し純粹なる錫の薄板を陰極とし錫を含む水溶液内で電氣分解を行ひ陰極に純粹錫を沈澱させる方法で、電解液には種々のものが使はれてゐるが、我が國の例では珪弗化水素酸の水溶液に硫酸の適量を加へ、添加劑として少量の膠<sup>にかは</sup>を加へたものが使はれてゐる。電解槽は總ての他の金屬の電解製錬を行ふ場合と同様に耐酸性の容器を用ゐ、漏電を防ぐ設備<sup>ろうでん</sup>を行ふてゐる。陽極として使ふ粗錫の成分は各製錬場で異なるが、錫の含有高 90—95% 位を普通とし、その夾雜物の主要なものは銅、鉛、鐵、砒素並にアンチモン等である。槽内電極の配置並に電解槽の工場内に於ける配置等は鉛の電解精製に於ける場合と全く同様である。即ち電極は並列式に電解槽内に配置し、電解槽その者は直列に配置して電解を行つてゐる。電解が進めば陽極内の錫は電解液中に溶け、陰極に純粹な錫が沈澱する。故に或時間電解を行つた後陰極を電解槽から引き出し、洗濯し乾燥した後これを熔解鑄造して製品となし、市場に出す。その純度は 99.96% 位のものである。陽極中にある錫以外の夾雜物即ち銅、砒素並にアンチモン等は、不溶の儘陽極澱物となるものであるが鉛は錫と共に溶解して電解液中に入つて来る。然しこれは電解中に含まれる遊離硫酸と化合して硫酸鉛の沈澱を生じ電解槽の底に沈下するから電解の邪魔をしない。電解の結果として生ずる極滓<sup>きょくさい</sup>の銅、砒素、アンチモン等は鉛の電解精製の場合と全く同じやうに、陽極原形のまゝの澱物となる。



## 第7章 金屬及び合金の性質 並にその用途

金屬は純粹のまゝではその質が軟<sup>やわらか</sup>かつたり脆<sup>もろ</sup>かつたりするため、その用途が比較的制限<sup>せいげん</sup>されてゐる。これに反し合金<sup>がよかん</sup>は金屬の有するこれ等の性質を補ふため考案されたもので、或種の合金は甚だ硬<sup>かた</sup>く粘<sup>ねん</sup>性も大で強いものが製造されてゐるのみならず、一般に金屬の通有<sup>つういうせい</sup>なる重さを軽くしてしかも強さを大にするやうな工夫なども行はれてゐる。輕合金<sup>けいごかん</sup>と稱する合金は即ちこの目的に造られたものである。従つて合金の用途は頗る廣範圍<sup>くわうはん</sup>で到底純金屬の用途の及ぶ所ではない。尙金屬は單に純粹のまゝ、或は合金として使用される以外に金屬と他の元素との化合物として各種の藥品が製造される。

### 1. 純金屬の用途

白金、金、銀、銅、鉛、錫、アルミニウム等は純粹な時にはその延性<sup>えんせい</sup>が極めて大であるか或は展性<sup>てんせい</sup>が非常に大である。故に延ばして細い針金にしたり或は展<sup>の</sup>べて薄い板又は箔<sup>はく</sup>にすることが出来る。換言すれば純金屬は加工<sup>かこう</sup>が極めて便宜であり、従つて種々の方面にそのまゝで使用されてゐる。殊に白金や金銀は所謂貴金屬と稱せられ、値も高く色艶も美しいため主として裝身具、裝飾器等の製造に使はれ、或は金箔、銀箔、白金箔などにして繪畫<sup>えいざ</sup>などにも應用されてゐる。銅、鉛、錫、アルミニウム等も板として各種の形狀を與へ、我々の日用家庭器具に使はれる。銅は特に電氣機械製作に缺くべからざる材料で、一方又送電線として廣く使は

れてゐる。鉛は鉛板、鉛管として用途廣く、錫は家庭器具、裝飾器具に、或は箔に、アルミニウムは家庭用實用器具に缺くべからざる材料である。これ等の金屬はその儘加工せらるゝ用途以外に鍍金<sup>とくかん</sup>の材料として今日缺くべからざるもので、白金、金、銀は主に裝飾用鍍金材料となり、銅、錫、亞鉛、ニッケル、クロム等は鐵<sup>てつ</sup>の錆止<sup>さびどめ</sup>等として用途甚だ大なるものである。

### 2. 合金の用途

一般工業界に於ける金屬材料は或特種な場合を除けば殆ど皆合金である。銑鐵、鋼鐵、特種鋼等が合金であることは己に述べた通りであるが、普通の合金と稱されるものは銅、亞鉛、錫、ニッケル、アンチモン等から成る合金<sup>けいごかん</sup>で、輕合金<sup>けいごかん</sup>と稱されるものはアルミニウム及びマグネシウム等を主體とする合金である。これ等の用途はその範圍頗る大で、日常の食器その他の器具を始め、各種の機械<sup>こうせいざいりょう</sup>の構成材料として銑鐵や鋼鐵等に劣らぬほど廣く利用されてゐる。

#### (1) 銅の合金

銅の合金はその種類極めて多く、各種の機械器具或は裝飾材料として今日一日も缺くべからざる必需品<sup>ひつじゆひん</sup>である。

(イ) 黃銅 黃銅は一名眞鍮<sup>しんちゆう</sup>とも稱せられ、銅と亞鉛とから成る合金で、その用途の如何で兩金屬の割合を異にしてゐる。主なるものを挙げれば亞鉛を10%内外含むものはトムバクメタルと名づけられ、30%の亞鉛を含むものは七三眞鍮、40%の亞鉛を含むものは四分六眞鍮と名づけられる。色は白色、赤色、黄色等各種のものがある。用途は器具、裝飾等各方面で甚だ

廣いものである。

(ロ) 青銅 青銅は一名唐金ともいはれ銅と錫との合金である。工業上に使用されるものは少量の錫を含むものから25%位含むものまでである。錫を10%内外含むものは砲金と名づけられて一般構成材料となり、20%内外含むものは鐘銅又は鏡銅といふ名があつて昔時各種の鳴物を作るため或は鏡を作るために使用された。錫の多い鐘銅は一般に良い音を出す。又銅像用の唐金には銅、錫の外に少量の亜鉛や鉛が入つてゐる。特殊機械の構造用唐金の中には銅、錫を主成分としたほかに磷や珪素のやうな非金属元素を加へたものもあれば、或はマンガンなどを混じたものもある。

(ハ) 四分一 四分一は別名を驪銀と名づけられ、銅を50%以上銀を10%以下含む所の一種の合金で、これを醋酸銅液或は膽礬の水溶液に浸せば灰白色の美しい色澤を呈するから、美術工藝品等の製作に歓迎されてゐる。

(ニ) 赤銅 赤銅は銅90%、金4%、銀1%位を含む合金でこれを四分一と同様に處理すれば黒色の美しい艶が出るから、我が國では非常に喜ばれ時計の鎖その他美術工藝品の材料とされてゐる。

(ホ) アルミ金 アルミ金は銅90—93%位にアルミニウム10—7%位を加へた合金で、金に類した色艶を持つたものであるから金の代用品として装身具その他の装飾品の材料となり、又一方では食器類、ポンプ等を造る材料などに使はれる。

## (2) ニッケルの合金

(イ) 洋銀 洋銀はニッケル、銅及び亜鉛から成る合金で、その組成は甚だ廣い範圍のものである。低級な洋銀を除けば皆銀白色の美しい光澤を持つてゐる。殊に18%以上のニッケルを含有するものは色艶はニッケルに優りしかも容易に酸化腐蝕されないで、船舶、客車、自動車内の設備器具、工場設備、装飾器具等に用ゐられ、又銀鍍金を行ふ地金としても盛んに使はれてゐる。

(ロ) モネルメタル モネルメタルはニッケルと銅との合金で、耐熱耐蝕性が強く、近來各方面にその用途が廣まつてゐる。殊にニッケル68%、銅29%、鐵及びマンガン3%のものは耐蝕性が極めて大である。

(ハ) 抵抗線又は銀 電氣 ストープ その他電力を熱にかへるにはニッケルとクロムとの合金即ちニクロムと稱する合金が使はれてゐる。ニッケル60%、クロム40%前後の割合のものが最も普通であるが、これよりも更に一般的なものにはクロムがこれよりも少くその代りに鐵、マンガン、珪素等を含んだものである。

抵抗線にはこの外にニッケル・鐵合金、ニッケル・銅合金、ニッケル・銅・マンガン合金等もある。

(ニ) 耐酸耐熱合金 耐酸耐熱合金にはニッケル・クロム系合金、ニッケル・クロム・鐵系合金並にニッケル・銅系合金の3種がある。これ等の合金は高温度に於ける酸化や燃焼瓦斯、種々の化學薬品の腐蝕に耐へる力をもつてゐる。

## (3) 鉛、錫及びアンチモン等の合金

(イ) **硬鉛** 硬鉛は鉛に アンチモン を加へて造つた合金で、硬度が大である。鉛と同様に耐酸性が大で、しかも鉛と異なり硬度が大であるから耐酸性鉛管の コック 或は酸用渦巻 ポンプ の羽などを作る時に使用される。

(ロ) **白目** 白目は鉛と錫の合金で、錫に 10% 内外の鉛を加へたものである。食器などを作つても無害であるから、この方面に広く使用されてゐる。

(ハ) **散弾** 散弾は鉛と砒素との合金である。即ち鉛 99% に砒素 1% を含ませたもので、これを熔融し細い流として水中に注げば、散弾状の小球となる性質が甚だ強くなる。散弾は即ちこの方法に依つて造つたものである。

(ニ) **半田** 半田は一名單に 半田 或は 白鐵 ともいふ。普通鉛と錫とから造られるが、若し熔融點の更に低いものを得ようとするればこれに蒼鉛或は カドミウム を加へればよい。斯くすれば鉛や亜鉛を鑲接するに使用することが出来る。普通半田は鉛工用に使用される外、眞鍮又は錫器などの鑲接にも使はれるもので、その用途如何に依つて鉛と錫の混合割合を異にしてゐる。即ち

- (1)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{鉛} = 67\% \\ \text{錫} = 33\% \end{array} \right\}$  鉛工用普通品である。また眞鍮の鑲にも適してゐる。
- (2)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{鉛} = 50\% \\ \text{錫} = 50\% \end{array} \right\}$  鉛工用鑲として優秀品である。
- (3)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{鉛} = 33\% \\ \text{錫} = 67\% \end{array} \right\}$  錫器並に眞鍮鑲接用として優良な性質をもつてゐる。

(ホ) **活字金** 活字金は鉛と錫と アンチモン との合金である。成分には種々あるが、普通は鉛 75%、アンチモン 22%、錫 2% を含んでゐる。活字の硬度を高めるために銅 0.7% 前後を加へたものもある。又蒼鉛を含んだものは凝結する時に膨脹する性質があつて、精密な鑄物の出来る利益をもつてゐる。

(ヘ) **減摩合金** 減摩合金は一名 軸承合金 とも稱せられ、或は **ホワイトメタル** とも名づけられる。これは鉛又は錫を主成分とする合金で、用途の如何によつて アンチモン や銅を加へたものが使はれてゐる。今數種の ホワイトメタル の成分の例を示せば次の通りである。

減摩合金 (軸承合金) の成分

アンチモン	銅	鉛	鐵	錫
4.52 %	4.56 %	0 %	0.05 %	90.87 %
6.90	5.65	0.09	0.05	87.31
10.50	2.95	25.05	0.05	61.45
10.30	0	84.95	0.05	4.70

一般に錫を主成分とする合金は鉛を主成分とするものに比較して軸に附着する恐少く、熔融温度高く強靱である。又温度の上昇に依つてその性質を失ふこと少く、従つて長時間高温に曝されても性質を損することが少い。

#### (4) 可融合金

自動消火栓又は フューズ 等に使はれる極めて熔け易い合金を可融合金と名づける。これは錫、蒼鉛、鉛及び カドミウム 等から成る合金でその成分の割合に依り熔融温度は甚しく異なるものである。今その一例を示せば次の通りである。

## 可融合金の熔融温度

錫	蒼鉛	鉛	カドミウム	熔融温度
4	15	8	8	65°
1	2	1	—	98°
8	8	12	—	132°

この合金は又鉛、錫或はそれ等の合金の半田鑲接の材料としても使用することが出来る。

## (5) 輕合金

輕合金の種類は非常に多いが、その主成分はアルミニウムか或はマグネシウムである。これ等の金屬に銅、珪素、亜鉛の何れか一つを混するか、或はその二三を混じたものか、或は又マグネシウムとアルミニウムと二つのみの合金である。これを造形方面から分類して見れば、鑄造用輕合金と鍛造用輕合金の2種となり、含有成分から分けて見れば

- (1) アルミニウム・銅系 (2) アルミニウム・亜鉛系 (3) アルミニウム・珪素系 (4) アルミニウム・マグネシウム系の4種となる。

この合金の用途は主として交通機關並に航空機用で、即ち自動車、航空機、艦船を始め、電氣機、紡績機、製紙用機等にまで使はれるが、近來更に一般日用品にまで使用されるやうになつてゐる。

(イ) アルミニウム・銅系輕合金 アルミニウムに銅を混すればその量に比例して抗張力及び硬度を増すが延伸率は急に減少する。今この種の輕合金の名稱並にその成分を示せば次の通りである。

## アルミニウム・銅系輕合金の名稱及び成分

名 稱	成 分					
	アルミニウム	珪素	銅	ニッケル	マグネシウム	マンガン
第十二番合金 (鑄造用)	残部	—	7—8	—	—	—
第八番合金 (鑄造用)	"	—	11—12	—	—	—
C 合金 (鍛造用)	"	—	5—6	—	—	—
デュラルミン (鍛造用)	"	—	3.5—4.5	—	0.5	0.5
Y 合金 (鑄造用)	"	2	4	2	1.5	—
ロータール (鍛造用)	"	2	4	—	—	—
ヒローミン (鑄造用)	"	4.5	3.5	—	0.1	—

(ロ) アルミニウム・亜鉛系輕合金 アルミニウムに亜鉛を加へた合金も亜鉛の量を増すに従つて抗張力を増すが、延伸率は減少する。今この種の輕合金の名稱並にその成分を例示すれば次の通りである。

## アルミニウム・亜鉛系輕合金の名稱及び成分

名 稱	成 分					
	アルミニウム	銅	亜鉛	マグネシウム	マンガン	リチウム
獨逸合金 (鑄造用)	残部	2—5	8—12	—	—	—
L5 合金 (" )	"	2.5—3	12.5—14.5	—	—	—
B 合金 (鍛造用)	"	3	25	—	—	—
E 合金 (" )	"	2.5	20	0.5	0.5	—
スクレロン (" )	"	3	12	—	0.6	0.1

(ハ) アルミニウム・珪素系輕合金 珪素はアルミニウムよ

りも一層軽い元素であるから、このアルミニウム・珪素系合金はアルミニウムのみよりも更に軽い特質を有する。又その流動性が大で腐蝕に対する抵抗も大であるから、肉薄鑄物や複雑な鑄物にくうすいものを造るに適してゐる。今その主なる合金の名稱並に成分を示せば次の通りである。

アルミニウム・珪素系軽合金の名稱及び成分

名 稱	成 分						
	アルミニウム	珪素	銅	ニッケル	マグネシウム	鐵	亜鉛
シルミン	残部	12-14	—	—	—	—	—
アルミニウム・珪素・銅	"	12-14	0.5-10	—	—	—	—
"	"	3-5	3-5	—	—	—	—
第132番合金	"	14-16	0.8	2.3	1.0	0.7	—
第八番合金	"	7.5-8.5	0.5-0.9	—	—	—	7.5-8.5

(二) アルミニウム・マグネシウム系軽合金 アルミニウム・マグネシウム系軽合金は、マグネシウムを主成分としこれにアルミニウム 3-10% 位を混じたもので、**エレクトロンメタル**と名づけられてゐる。その他の成分としては、マンガン、珪素、亜鉛等である。今主なるエレクトロンメタルの成分と名稱とを示せば次の通りである。

エレクトロンメタル (Mg-Al の合金) の名稱及び成分

名 稱	成 分					
	マンガン	珪素	亜鉛	アルミニウム	マグネシウム	應 用
エレクトロン VI	0.2-0.5	—	—	10	90	ダイキヤスチング

エレクトロン (ビストン用)	0.2-0.5	2-3	—	10	88-87	金型鑄物
"	0.2-0.5	—	—	10	89.5	鍛造
エレクトロン AZF	0.2-0.5	—	3	4	92.5	砂型及び金型鑄物
エレクトロン AZG	0.2-0.5	—	3	6	90.5	砂型鑄物
エレクトロン AZM	0.2-0.5	—	1	6-6.5	92-92.8	鍛造・壓延
エレクトロン AZ 31	0.2-0.5	—	1	8	95.5-95.8	鍛造
エレクトロン Z 16	—	—	4.5	—	95.5	鍛造
エレクトロン Z 3	—	—	3	—	97	壓延
エレクトロン AM 503	1.5-2.2	0.3以下	0.1以下	0.1以下	98.5-97.3	壓延

アルミニウム・マグネシウム系軽合金中に今一種 **ドウメタル**と稱するものがある。その成分は次の通りである。

ドウメタル (Mg-Al の合金) の名稱及び成分

名 稱	成 分					
	マンガン	カドミウム	亜鉛	銅	アルミニウム	マグネシウム
ドウメタル A	—	—	—	—	8.0	92.0
ドウメタル D	0.15	1.0	0.5	2.0	8.5	87.85
ドウメタル E	0.25	—	—	—	6.0	93.75
ドウメタル F	0.3	—	—	—	4.0	95.7
ドウメタル T	0.15	2.0	—	4.0	2.0	91.85

今日までに軽合金として考案されたものにはその種類極めて多く、約 450 種乃至 500 種に達してゐる。併し、その内実用的なものは僅々十數種に過ぎず、特殊の目的に使用されるものまでを數へて凡そ 20 種乃至 30 種であるが、その中で代表的なものは **デュラルミン** である。 (終)

昭和十五年七月一日印刷

昭和十五年七月五日發行

複不  
製許

冶金學大意

定價金四拾錢

編輯兼財團  
發行者法人國民工業學院

代表者 岩崎清七

東京市小石川區久堅町一〇八番地

印刷者 大橋松雄

東京市小石川區久堅町一〇八番地

印刷所 共同印刷株式會社

發行所

財團法人國民工業學院

東京市京橋區銀座六ノ四交詢ビル

電話銀座(57) 2.555番7.444番  
新 京 3.444番  
振替東京 10.555番

特 254

690



終