

本邦製鐵事業の過去及將來(承前)

野 呂 景 義

別子銅山濕式收銅法試驗報告(承前) (著者 今泉嘉一郎)

第二節 試驗の方法及結果

第一項 反射爐

試驗に用ひし反射爐は別子銅山濕式工場に於て從來使用せし所の者にして英國風焙燒爐なり、此者は二階を有し、瓦斯道相聯絡する者にして火焚口より生ずる燃燒瓦斯は先つ下階を熱し來り回りて上階に入り、上階を温めて爐側烟道及地下烟道より傾斜烟道に入り山嶺の半腹を攀ちて遂に直立烟道即烟突より空中に飛散する工合なり、爐の本體は爐中天井の高一尺七寸、爐内幅八尺三寸、長三十二尺七寸、爐側烟道は長二尺幅八寸の切口を有し、地下烟道は一尺八寸平方なり、火橋の幅一尺九寸二分、火床よりの高さ六寸六分、橋上の開き一尺〇四分、火焚場奥行六尺、幅二尺、工窓は階上に八個下階に七個ありて上下相反して爐の兩側に開く、一工窓より隣工窓迄四尺八寸の距離あり、兩階の界壁は、厚さ一尺三寸七分を中央に於て有する上面扁平にして上階の爐底を成し、下面穹窿にして下階の天井を成しつゝある所の耐火煉瓦壁なり、爐の周壁は煉瓦二枚の厚さあり、灰井の深さ火床以下に二尺六寸なり、爐底は上下階共一段の水平なれとも工窓の數に應じて上階に八個、下階に七個の工室を區分し得可し、各室幅四尺八寸、長八尺三寸なり、此廣さにては裝入鑛粉凡百貫より百二三十貫の處最も攪拌に便なり、下階の最も火焚場に接近せる所の工室を第七工室と名け、上

階上り口に接する所を第一工室とす、上階は爐側烟道に近き室を第一工室とし、下階よりの上り口に向て順次第八工室となる、下階第七工室の中央に長一尺五寸、幅一尺の徹出口ありて燒鑛を攪出するに便にす、其穴の下部に廣き穹窿室ありて燒鑛を受くるなり、此室の高二尺、幅一尺九寸三分深四尺五寸なり、表に示せるは試験の最後に施行したるものにして、初回の試験は凡て百貫目宛の小量を以て單に一工室に装入して施行せし故、反射爐の熱度上進すること能はず、從て焙燒作用充分なること能はず、燃料消費の具合も判然たらざるなり、故に稍大規模に聯日の試験を行ふために鑛石凡三千貫目を粉碎せしめ、凡百貫目宛を一工室に装入して下階各室は勿論、上階は第一乃至第二工室迄滿裝し凡八十七時間焙燒の操業を續け以て細微の監察を遂けたり、鹽化焙燒表及鹽化焙燒表中羅馬數字を以て記載したるは工室の番號にして、其下に横線あるは上階の工室を示せるなり、通常算用數字は焙燒の時間を示す、抑本試験の要領は已に別紙表中に於て發見し得る如くなり、雖も、今本試験の結果として得たる成績上の要點を擧げて左に之を列記せん。

第二項 鑛石

此方式に對して最も適當なるへきは、百分五以下の含銅ある硫化鐵鑛なる可し、百分七若くは八の含銅あるものと雖も、敢て之の式を應用し難きには非されとも適當なる滓渣を得んか爲めには焙燒作用等に於て、特別の注意を要するのみならず、鑛山の營利上此種の鑛石は以て乾式收銅法に附する方利益多かるへし、且濕式採銅法を施行して本來の目的を達するに最も便利なる彼の南海一帶無數の銅山にて産出する鑛石に在りては、百分七或は八の如き品位を有するもの寧ろ稀なるを以て將來此濕式採銅法に對する主要なる材料となる可きものは、百分五以下の含銅あるものなりと斷言するも可なるへし、現今別子銅山に於て濕式採銅法に投しつゝある所の鑛石は、概ね百分七乃至八の含銅あるものなりと雖も、元是同山銅鑛床中の最良なる一小部分の鑛石にして決して

平均の品位にあらず、抑も別子銅山は年々凡二百餘萬貫目の鑛石を濕式收銅法に依りて製煉しつゝありと雖も是皆自然坑内にて粉碎せられ、又は碎鑛の際粉狀となりたる者なるか故に、乾式製煉に附しつゝある鑛石と同等の品位を有し、何れも百分七以上の含銅あるなり、故に現時の如き簡單なる濕式法にありては、充分の收銅をなすこと能はずして、大抵百分三乃至五の含銅ある滓渣を生じ、其銅は全く廢物に歸しをるのみならず、器具操業の不完全なると鐵類などの甚不廉なるかため、之れより得たる所の沈澱銅を、型銅までに仕上げたる所にて乾式より得たる銅を型銅までに爲す所の入費と比較して、前者即濕式の方凡一倍八分の多額を要することなれども、他に前記粉狀の鑛石を取扱ふべき適當の方法を見出さざりしを以て、止む事を得ず濕式法を行ひつゝある如き實情なり、南海群の銅鑛床中、最良の鑛石を産出するの地として知られたる別子銅山も其勢況已に此の如く、鑛床全體の平均品位は、蓋し百分五以下に降る可きは論を俟たざる可し、況んや百分五以上の鑛石の如きは、其形の粉細なるにもせよ、尙比較上利益多き乾式の方法之れあるべき考案に乏しからざるか故に、此新式法か百分五以下の含銅ある硫化鐵鑛に對して最も適當なるは、偶ま是れ此法の貴重すべき一點なるか如し、試験に用ひたる鑛石は含銅百分三乃至五なり。

第三項 鑛石粉碎の度

現時別子銅山に於ては、搗鑛器スマンダを用ひ乾式搗鑛を行へり、予も亦此器を襲用したり、粉碎の度は十六乃至二十目を一インチ線内に有する網を用ゆるを最も適當と認めたり。

第四項 酸化焙燒時間

酸化焙燒に要する時間は、焙燒爐内の熱度適位に達せし上にて二十三時間半を要せり、即ち十五工室を有する爐に於て、一工室に凡一時間半強宛滞在せしめたる割合なり。

第五項 鑛石裝入一回の量

別子銅山に於て用ゆる反射爐は、長さ七尺五寸乃至八尺三寸、幅四尺八寸内外の廣表を有する工室十五乃至十七を有す、此廣さに順して一回装入の生鑛粉は、百貫より百二三十貫に至るの間を適當と認めたり、此量を装入するときは工室中に在りて四五寸の層をなせり。

第六項 酸化焙燒爐の燃料及其消費

燃料としては石炭薪木何れなりとも便宜に遵ひ用ゆることを得へしと雖も今回の試験には薪木を使用し、其消費額は前記の十五工室を有する反射爐を用ひて酸化焙燒を行ふ時は、二十四時間に二百八十貫乃至三百貫を要せり。

第七項 酸化焙燒爐工程

十五工室を有する反射爐にては二十四時間に、凡千八百貫の生鑛石を焙燒して凡千五百貫の燒上り鑛を得たり而して燒鑛は直に冷却せず、徐々に冷却して徹出前爐中にありし時、否可溶性の形なりしものも著しく可溶性に變ずることを得たり。

第八項 酸化焙燒鑛の浸出

酸化焙燒鑛石を溶銅桶に於て浸出せし時間は、凡三十時間にして前後三回の通水を行ひ、前二回の溶銅液は直に沈澱箱に導き入れ、最後一回の溶銅液は溶銅稀薄なるを以て更に次回の酸化焙燒鑛に導入せり。

第九項 酸化銅滓の取扱

酸化焙燒鑛に通水して得たる殘滓は殆ど溶化銅鹽を失ひをるへし、之を充分絞水し得る迄は別子銅山濕式工場に於て用ゆる、二重底溶銅桶にては凡三時間乃至四時間を要せり、絞水後は銅滓を取出して乾燥せり、之を成すには特別の乾燥室を用ゆるか或は反射爐の屋根を利用して可なりと雖とも、此の如き装置の設なきを以て、其儘反射爐末列の工室に装入し凡四時間を經其乾燥するを俟

て食鹽を加へたり。

第十項 鹽化焙燒に要する食鹽混合の量

装入鑛百分に就き八乃至十二の鹽化ソヂウムを加ふる割合を適當と認めたり、前已に述へし如く英國にては百分中二乃至五の含銅ある硫酸製造上の副産物、即酸化焙燒後の鑛石に對し百分十二乃至二十の食鹽を加へて鹽化焙燒を行ひ、之に清水及沈澱酸水を通入して百分六十以上の鐵、百分〇・一六乃至〇・二五の硫黃及百分〇・〇八乃至〇・二の銅を有する滓渣を得るを通例とすと云ふ、今回試験の結果に依て考ふれば百分の鑛石に對し、鹽化ソヂウム十を混合して充分の鹽化作用を行ふことを得たり、予か此試験に用ひし所の食鹽は極めて下等なるものにして砂石、炭末等の混合物甚た多く一見黒色を呈す、之を分析せしに百分八・二九は水に溶解せざる殘留物にして、鹽素は只僅に百分四十四あるのみ、今之を鹽化ソヂウムとし割合はせ計算するに、百分七十二・四五となる故に百分の鑛石(酸化焙燒濟鑛石)に通水して得たる銅滓に對し鹽化ソヂウム十分を加ふる割合にて前記食鹽十三・九分を混合して焙燒を行ひたり。

$$\frac{100}{72.45} \times 10 = 13.9$$

因に云ふ、別子銅山に於ては此下等食鹽より僅少の高價にて、百分八十五・六三の純食鹽を含有するもの之れあるか故に、若し之を用ゆる時は百分の鑛石に對し十一・七分にて充分なる可し。

$$\frac{100}{85.65} \times 10 = 11.7$$

第十一項 鹽化焙燒に要せし薪木の量

鹽化焙燒に要する薪木の量は、勿論酸化焙燒の際よりも多量なりと雖とも爐の熱度適位に達せる上は、二十四時間に四百貫乃至四百五十貫あれば充分なりし。

第十二項 装入鑛石一回の量

酸化焙燒の際よりも少しく多量にして前記の廣表を有する工室に對して百二十貫乃至百三十貫を適度と認めたり、是鑛粉爐中に在りて較、厚き層をなす方結果好き故なり。

第十三項 鹽化焙燒の時間

予か今回別子銅山にての試験中は別に適當なる鹽化焙燒爐も無きか故に、前記十五室二階構造の酸化焙燒爐を其儘使用し鑛石は充分溶銅桶中にて絞水したる後、前に述ふる如く乾燥室の設なきか故に、直に反射爐の上階第七工室若くは第八工室に装入し、夫より一時間乃至一時間半毎に一工室を登せて順次下階に徹下し、下階第一工室第二工室を歴て第三工室に至り、茲に初て食鹽を投入して混合せり、此時鑛石は已に大概乾燥して尙ほ稍や水蒸氣の發散しつゝあるを常とせり、夫より矢張一時間乃至一時間半毎に順次一室を登りて食鹽混合後、凡六時間にして徹出せり。

因に云ふ、別子銅山にて今日用ゆる所の酸化焙燒爐の如き構造を有する反射爐を以て鹽化焙燒を行はんと欲せば、他に乾燥の方法あるときには、六乃至七工室にて足るべく又反射爐中に於て其儘乾燥を行はんとならば八工室乃至十工室あらは充分なり。

第十四項 鹽化焙燒爐の工程

前項に述べたる如く、今回の試験には酸化焙燒爐を其儘使用し、廿四時間に千九百貫乃至二千貫の燒鑛を通過し得たり、若し兩階各別の火焚口を有する集合爐ならば、廿四時間に四千貫を焙燒し出すこと明かなり。

因に云ふ、今茲に述べたる別子銅山の集合爐は上下階共各別の火焚口を有し、上階の各工室は下階の工室とは別々に熱せらるゝ構造にして、現時第二回酸化焙燒に用ひられつゝある者なり。

第十五項 鹽化焙燒鑛の浸出

鹽化焙燒鑛を浸出するには、別製の液を以てせり、是は銅液より銅を沈澱し去りたる後の殘液、即

母液中の鐵の量を計り、鐵一分子に鹽素二分子を配して第一鹽化鐵を作る可き様に適當の食鹽を混合して之を熱し用ゆべきなり、今酸化焙燒濟鑛石を浸出せる銅液を驗せしに一リートル中二三・一二八グラムの鐵を有し、攝氏四十四度に於て比重一・一〇一あり依て

$$56:35.5 \times 2 = 231.28; \omega$$

$$\omega = 29.4 = 113.118 \text{ の鐵に對する鹽素}$$

$$35.5:58.5 = 29.4:\omega$$

$$\omega = 48.4 = 29.4 \text{ の鹽素に對する食鹽}$$

$$85:100 = 48.4:\omega$$

$$\omega = 57. = 48.4 \text{ の食鹽に對する通常食鹽}$$

一尺立方に付 $57.0 \times 27.826 = 1.586$ キログラム即一立方尺の本液に對して通常食鹽一・五八六キログラム或は四百二十目を加合して適用せり。

因に云ふ、今日別子銅山高橋沈澱工場にて溶解用液を沸騰すべきため一個の釜を使用せり、此者は長十尺幅二尺四寸深二尺二寸ありて、凡五十二立方尺の水を入る可し、故に「上り液」を沈澱桶より導きて之に入れ、清水等分を加へて大概前記の濃度となる故、之に食鹽凡そ $52 \times 420 = 21.840$ 二十一貫八百四十匁を加ふれば、鹽化焙燒鑛石を熔銅すべき適當の者となる。

今別子銅山の該母液(上り液と稱す)を分析したるに一リートル中に鐵四三・六〇グラム銅〇・三〇五五グラムありて、攝氏十七度半に於て比重一・一三四なり、依て此鐵に對する食鹽百〇七グラムを混して之を別製液と名け、以て鹽化燒上り鑛と共に取扱ひ其熔銅力を量りたり。

$$56:35.5 \times 2 = 43.6:\omega$$

$$\omega = 55.3 = 43.6 \text{ に對する鹽素の量}$$

35.5:58.5 = 55.3:a

a = 91.13 = 鹽素五五三に對する純食鹽の量

85:100 = 91.13:a

a = 107.1 = 純食鹽九一三に對する通常食鹽の量

右別製液は殆ど全量の鐵をして第一鹽化の形狀に存在せしむるものにして、所謂ハント、ドログラス熔銅液なり別紙試金表に別製液とあるは即此液なり、今此液の熔銅力を尋常の水と比する爲めに鹽化焙燒濟鑛石中より一標本を取り、之を正半して水及別製液を各別に加へ（二グラムの鑛石に付水及別製液各二十立方センチメートルを加へ各三分間沸騰して）熔銅力を比較せしに銅の全量即鑛石百分の四なる含銅中

別製液

不溶解銅百分〇・二六

全量の銅に對して百分六・五

溶解銅百分三・七四

全量の銅に對して百分九三五

水

不溶解銅百分〇・七八

全量の銅に對して百分一九五

溶解銅百分三・二二

全量の銅に對して百分八〇・五

右の次第なるを以て別製液は遙に常水に優るの溶銅力を備ふるものなり、然れとも右別製液は一・二六九なる比重を攝氏十四度に於て有する如き濃液なるか故に、溶銅桶中にて銅を溶解したる時少しく冷却するときは、三晝夜も滞在せしむる間には疑結して晶形を成すか、又は鑛粉と塊團を

成す、若し其溶銅力の強大なるを利し通水時間を短縮せんかため、強て此の如き濃液を使用する時は溶銅桶中にありて相當の温度を失はざる様注意肝要なるのみならず、此液が沈澱桶を通過して沸騰桶に送らるゝ迄には、愈益其濃度を益しポンプ管、桶縁等諸處に凝結するの畏あり、且此別製液が優れる所以のものは常水に溶けさる銅鹽即第一鹽化銅若くは酸化銅をも善く溶解するの力あるに由るなり、然るに此濕式法にては既に充分の鹽分を加合しをるのみか過熱の燃燒瓦斯を以て長時間焙燒することは始より之を許さゝるか故に、左迄多量の第一鹽化銅若くは酸化銅を混入しをらざる可きは既に清水に對する不溶解銅百分〇・七八なるを見ても知るべきなり、故に必しも前記の如き濃厚なる鹽液を要せざるも、時間の加減等によりて、之れと同等以上の溶解力を見はすものあるを忘る可からず。

第十六項 補損食鹽

一回食鹽を前項記述の割合を以て調合したる別製液は沈澱桶を順還し來りて、最初と同様の性質を有し來るべき者、即順還自然發の物なるか故に、次回以後は一尺立方の前項頭記述の別製液に凡四十二匁の割合を以て洩出等の損失を補ふ爲の所謂補損食鹽を混合し行けは充分なりと認む。

第十七項 鹽化焙燒濟鑛石浸出時間

鹽化焙燒濟鑛石を溶銅桶に入れたる時は、前記別製液を通入して二晝夜間靜止し、之を拔去りて沈澱桶に導き入れたる后、更に烟道酸水を通入して殘銅を溶解せり、此時間は通入排出等を合して凡七、八時間を要せり、次に清水を以て一二回の洗淨を行へり、是は各次僅に三四時間を要せしのみ。因に云ふ、元來通水は頻繁なる程可なることあり、又長く一回の溶銅用液を靜置するを可とすることあり、夫れは銅鹽の其液に對する溶解度の難易に依るべきこと勿論なれば、本法別製液即ちハント、ドーグラス式溶銅液の如きは、寧ろ徐々たる溶銅桶中の化學作用に由りて其溶銅力を

見はすものなるか故に、最初別製液を通入したる時は成へく長き間静置すへく、最後の洗淨水を通したる時の如きは、唯鑛粉間に附着しをる銅液を洗ひ取る丈の目的なれば、短時間にて之れを排出して可なり、洗淨水は溶銅稀薄なるを以て再三他回の洗淨に用ひ又は廢棄す。

第十八項 烟道酸水

烟道酸水とは烟道中に於て鹽化焙燒の際、發生したる亞硫酸及鹽酸瓦斯を凝結せしものを云ふ、今回の試験に於ては凡二インチの直徑を有する長十尺許の鉛管に壁面一、平方インチに凡九箇の小孔を穿ち之を傾斜せる烟道の中央に掛け、其下端は密閉し上端は烟道外に出てしめ、凡十二三尺の水頭を有する水を注入したるに、烟道内の構造已に朽敗に傾き、又下底の小池も酸水を溜置するに適すへき者にあらざりしなれとも、著しき酸性の凝結水を得たり、又銅の多少をも此酸水中に捕捉することを得たり、抑も此酸水は酸化銅を溶解し得るのみならず、生鑛の儘なる硫化銅鑛をも多少溶解するの力あるものなるか故に、別製液を通したる後ち、若し滓渣中に銅の殘留するときは、更に此者を通するは適當なり。

因に云ふ沈澱して烟道下底の小池に溜め得たる酸水は、自然烟道外に流れ出て、溶銅桶に入る様、溝道を設くるは便利ならん。

第十九項 產出物

生鑛(含銅百分三乃至五)一百貫目を此方式に投して左の產物を得たり。

沈澱銅 四貫目乃至七貫目

但含銅百分七十以上あるを常とせり

殘滓 八十貫目

但銅及硫黃を殘留すること極めて少量にして多くも百分〇・五を超へず、少きは何れも其痕跡を見るのみ。(未完)