

日光市文化財調査報告第3集

# 足尾銅山跡調査報告書3

平成23年3月

日光市教育委員会

あし お どうざんあと  
足尾銅山跡調査報告書3

2011.3

日光市教育委員会

## 序

明治以降の日本の近代化、産業化に大きく貢献した足尾銅山は、近世から続く在来の産業技術を継承しつつも、欧米の最新技術を積極的に導入しました。

現在、国内の多くの鉱山が閉山となり、その施設が役目を終えて解体、撤去される中、足尾銅山には鉱山施設を中心とした産業遺産が多く点在しています。

日光市では、これら貴重な産業遺産の保存と活用を図るため、継続的な調査研究を行っています。

平成20年7月にはその研究成果として、日光市文化財調査報告第1集「足尾銅山跡調査報告書」を、平成22年3月にはその第2集「足尾銅山跡調査報告書2」を刊行いたしました。

このたび、関係者のご協力により第3集「足尾銅山跡調査報告書3」を刊行する運びとなりました。

本書では4編の報告を掲載することができました。小峰新平氏は、足尾銅山における年代ごとの事業と銅製錬工程の概要を紹介しながら排ガス処理の歴史を論じています。本書第1集の調査報告書では、酒匂幸男氏により無公害製錬技術である自熔製錬法の導入とその発展経緯が論じられていますが、小峰氏はそこに至るまでの経緯を技術史から論じられています。青木達也氏、永井護氏は、引き続き足尾銅山の景観から見た産業遺産の包括的な保存・活用を研究されていますが、今回は、浄水施設を中心に廃水処理対策の変遷を報告されました。裕居宏枝氏は、旧帝国大学を中心に行われていた採鉱、冶金学科の学生による鉱山施設の実習の報告文を調査し、我が国における工業教育史に即した考察を行いました。また、本宮一男氏は、足尾銅山実習報文など史料を紹介しながら、足尾町の姿を追いました。本書が産業史研究の一助になれば幸いです。

最後になりましたが、調査報告書刊行に至るまで多大なご協力をいただきました古河機械金属株式会社並びに、ご指導、ご助言をいただきました文化庁文化財部記念物課、栃木県教育委員会事務局文化財課をはじめとします関係機関の皆様に深く感謝いたします。

平成23年3月

日光市教育委員会

教育長 前田 博

# 足尾銅山跡調査報告書 3

## 目 次

足尾銅山での銅製錬の変遷と排ガス処理の歴史	小峰 新平	1
足尾銅山の廃水処理対策の変遷に関する研究	青木 達也・永井 護	35
旧帝国大学等工学部採鉱・冶金学科学生による鉱山「実習報文」について	枡居 宏枝	51
史料紹介 足尾銅山実習報文に見る足尾町の姿	本宮 一男	61

本報告書の編集は、日光市教育委員会事務局生涯学習課 飯村孝文・鈴木泰浩・高橋敏明・宮本史夫が担当した。

なお、作成にあたり次の諸氏、諸機関にご指導、ご協力を賜った。記して謝意を表したい。

(順不同・敬称略)

佐藤正知・河東義之・小風秀雅・幸崎雅弥・池部清彦・山崎義宏・山岡英之

古河機械金属株式会社・古河機械金属株式会社足尾事業所

文化庁文化財部記念物課・栃木県教育委員会事務局文化財課

# 足尾銅山での銅製錬の変遷と排ガス処理の歴史

小峰 新平

## はじめに

既に歴史的な事実となっているように、足尾銅山の操業開始とその後の発展に伴い、渡良瀬川下流域で大きな公害問題が発生した。その原因物質は足尾銅山から流出した銅を始めとする重金属含有物であるとされている（なお当時の表現では、銅山起源の公害を鉱害、銅山排出物による汚染又はその原因物質を鉱毒と称していた）。

その有害な重金属含有物質の第一の発生源は、選鉱工程で出される尾鉱（選鉱滓）であったと考える。細粒あるいは粉状の選鉱滓は、現今の粗鉱に相当する1パーセント程度の銅を含んでいたが、当時は不要物として無処理のまま野積み状態で保管されていた。それらの選鉱滓は、酸性雨により容易に酸化され、一部は水溶性を呈するようになったと思われる。

第二の発生源は、製錬工程から出された含銅1パーセント程度の製錬鉱滓であったと考える。当時は選鉱滓と同じように、製錬鉱滓も処理不完全な状態で簡単に堆積保管されていた。その製錬鉱滓も、条件により水溶性物質に変化したであろうと考える。

第三に、製錬排ガスが集塵されることなく大気放出されていたため、揮発性重金属主体の煙煤飛散の影響があったものとする。その排ガス中の煤塵は自然沈降により周辺の土地に堆積し続けたと思われる。

これらの原因物質から発生した硫化銅を始めとする重金属を含む水溶性物質は土壌汚染を引き起こし、山々の樹木を傷め農作物に被害を与えた。さらに、河川に入りその生態系に対して有害性を発揮した。

次に、煤塵と共に大気放出されていた製錬排ガスには多量の亜硫酸ガスが含まれていたため、渓谷沿いの樹木の生育に被害を与え、大量の樹木を枯らす結果となった。

森林荒廃の原因は他にもあったことが指摘されている。そもそも当時の銅製錬工程においては、木材の燃焼で発生する熱で採掘銅鉱石中の余分な硫黄分を除去していた時期がある。即ち、銅鉱石を野焼き法で焙焼し鉱石から硫黄を分離して焼鉱として利用していた。

そのようなことで、鉱山業用の坑木や建設資材としてばかりではなく、製錬用燃料や木炭の原料として周辺から木材を切り出して消費した。

他方、その消耗を補うべく植林を行っても、漂いくる亜硫酸ガスや酸性煙煤降下物により苗木や幼木の葉や根が傷み、せっかく植林されたものがほとんど育成されないという悪循環に陥り、周辺の山林は急速に疲弊していった。

加えて、明治20年に発生した松木の大火災により山林の被害にさらに拍車がかげられたことで、渓谷沿いは表土がすっかり失われて禿山となってしまう、場所によっては岩肌が完全に露わとなり、周辺山林の保水能力が急速に低下していった。

そのような状態のところ、山間降雨による激流が発生したので、堆積場ほかで保管されていた選鉱滓や製錬鉱滓が流失し、あるいは煙煤起源の有害物質と共に渡良瀬川を下り、下流域

の河川や農地に至った。

その有害物質には、水溶性硫化物が多く含まれていたため、意図して流したわけではないが、結果として河川の水域を利用する漁業（魚介類）や、農業（農作物）に重大な被害を及ぼしたことは間違いのない事実である（文献8 P17）。

一方、当時の銅製錬排ガス中の亜硫酸ガス濃度が低く、かつ煙煤の高度捕集が可能な電気集塵装置が発明される前であったので、排ガスからの硫酸製造は不可能に近かった。

その製錬排ガスからの硫酸製造が可能となり、亜硫酸ガスによる大気汚染防止ができるようになったのは、古河・オートクランプ式自熔製錬技術が確立された結果、排ガス中の亜硫酸ガス濃度が格段に高くなり、しかも電気集塵法による安定した排ガス浄化が可能となってからである。

本書では、足尾銅山での年代ごと事業と銅製錬工程の概要を述べ、その時々々の排ガス処理対策の状況を解析し、如何なる理由で亜硫酸ガスと煤塵が大気中に放出され続けたのかという点について述べる。

そして昭和31年の自熔製錬技術の導入後、どのような技術開発の成果により煙害が克服できるようになったのかという理由の解析を試みる。

また本稿においては、銅製錬方法の変遷と製錬排ガス処理の関係を対比して述べることを目的とする都合上、製錬技術のターニングポイントと排ガス処理設備技術の発展過程を両立させて時代区分を行った。

なお、筆者は産業排ガス集じん技術の分野を専門とすることにより、銅製錬工程ほかの記述に関しては巻末に示す文献（出版書籍・専門書・雑誌ほか）の記述に従うことにした。

さらに付け加えると、金属に熱を加えて液状にすることを、「熔」と表記するようにし、氷やバターが液体になる（溶ける）ことと区別した。

同じく、熱エネルギーを使って鉱石から金属を抽出するプロセスを「製錬」と表記することで、電気分解や化学処理をして金属の純度を上げる操作である「精錬」と区別するようにした。

但しこれらの点では、常用漢字制限の関係から様々な書き物で、溶岩・溶損・溶接器・溶融炉などと表記されているように、現在の各種辞書ではさしたる区別はしていないようである。

同じように、用法が混同された結果であると思うが、辞書では区別している製錬と精錬も、一般図書では厳密な区別をしなくなっているようである。

さらに、引用文献中の本文の記述が「自熔炉」を「自溶炉」と表記しているものや、「製錬」を「精錬」と記述している場合は原著を尊重してこれに従った。

## 1. 銅製錬の概要

硫化銅と脈石であるシリカほかの岩石を含む銅鉱石中に存在している銅成分を抽出し、金属銅とすることで人類は古くからこの金属を身近なものとして利用してきた。

その原料となる銅鉱石は世界各地に存在している。地上に露出している所ではそのまま掘削することで、あるいは地中深く坑道を掘り進むことで銅鉱石を採集し、木材や木炭などを熱エネルギー源や還元剤とすることで、硫黄と酸化鉄ほかの不要な鉱物質を取り除いていた（製錬の開始）。

第1図に、江戸時代の銅製錬の様子を示す(文献9 P8)。この工程の中で説明されている鉞(カワ)とは、銅成分を高めた硫化金属のことで、この工程を経た後再度熔解して硫黄成分を除去し、純度を高めたものを金属銅として利用していた。



第1図 鉞(カワ)を熔解しているところ

このような銅製錬法は明治中期まで続き、その後工業が発達し水力や火力などによる動力を得ることが容易になる過程で、熔鉞炉や反射炉が現れてより多くの銅鉞石を熔解するようになり、続く転炉の出現でさらに大量の粗銅を作ることができるようになった。

明治中期までは塊鉞の熔解処理が主体であったが、後期になると塊鉞に代わって粒鉞や粉鉞が多くなったので、これらを団鉞化することで熔鉞炉に装入していた。その粒鉞や粉鉞の完全な団鉞化処理は困難で、自熔炉法が導入され熔鉞炉が廃止されるまで、様々な問題を投げかけ続けた非常に厄介な前処理工程であったといわれている。

現在の銅製錬の方に話を移せば、粉碎した銅鉞石を選鉞して得られる銅精鉞は、銅・鉄・硫黄をそれぞれ25~30%程度含み、ほかに少量のシリカや同類金属(鉛・亜鉛ほか)を含有している。その銅精鉞から、製錬工程を経て粗銅を製造している。

一方、金属の銅を得るには乾式法と湿式法があるが、世界の銅生産の9割以上は硫化鉞の乾式製錬法によっている。その乾式銅製錬工程では、精鉞の予備処理・鉞(マツ)熔錬・転炉製銅が行われた後、粗銅乾式精製又は電解精銅を経て製品化されている。

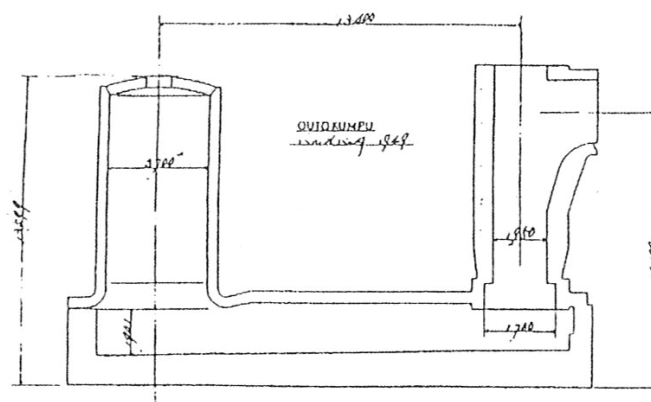
乾式銅製錬では、鉞石を熔かす方法として熔鉞炉法・反射炉法・電気炉法・自熔炉法および連続製銅法などを採用している。いずれも銅精鉞の予備処理とマツ熔錬に特徴があり、続く

転炉製銅以降の工程はほとんど同じである(文献5 P66)。

反射炉法は装入物に制限が無いいため、操業の安定性が高く評価されている。反面エネルギー消費量が大きく、加えて排ガス中の亜硫酸ガス濃度が低いため、硫黄の固定化という点(硫酸製造)では不利であり、公害対策上難があるといわれている。電気炉法はマグネタイトの制御が容易で、排ガス量も少ないのが有利であるが、多量の電力を消費する。また、熔鋳炉法は生産性が低く大規模生産には不向きである。

次に、自熔炉法は脱硫率の変更が容易で、反応速度が速く、エネルギー消費量が少なくて経済的である。さらに排ガス中の亜硫酸ガス濃度が高く、硫酸プラントによる硫黄の回収率も高いため、公害防止対策上からも大いに有利である。

第2図に、フィンランド国オートクンプ社の自熔炉の断面図を示す(文献10 P160)。



第2図 1949年 オートクンプ ハルヤバルタの自熔炉

## 2. 銅製錬の変遷

### (1) 明治20年(1887年)頃まで

〔事業の概要〕

古河による足尾銅山の経営は明治10年に開始され、明治20年にかけて西欧の近代的鉱山技術の導入をはかり、明治20年前後からは鉱業生産が飛躍的に上昇した(文献1 P44~P83)。

応じて銅製錬技術も大きく変化していった。旧式の手作業方式の製錬法から近代化がはかられ、直利橋製錬分工場を新設した後の規模は、「吹所6棟に炉48座を築造し、その16座には革鞆(ふいご)を備え、他の32座には3番型送風機(ルーツブロワー)2個を据えつけ大よそ8馬力を有せる径25尺の水車を以て之を運転」するというものであった(文献1 P85)。

〔製錬手段〕

「創業当時の製錬法は吹床、焼鋳土窯等による伝統的な方法であった」とあるように、きわめて初歩的な製錬手法を使っていた(文献1 P138)。以下、同文献から引用する。

「吹床の構造はきわめて簡単で、直径0.6m、深さ1mの円底炉であった。地中を掘りその周囲に石を積み、石片や粘土をもって外床を造り、炭粉をもって内床を塗付している。送風には明治12年までは吹子、13年以降には踏鞆を使用した。19年現在、・・・中略・・・などに48座を数えた。また使用土窯は60近くあり、16年には焼鋳炉も2座築造していた。」

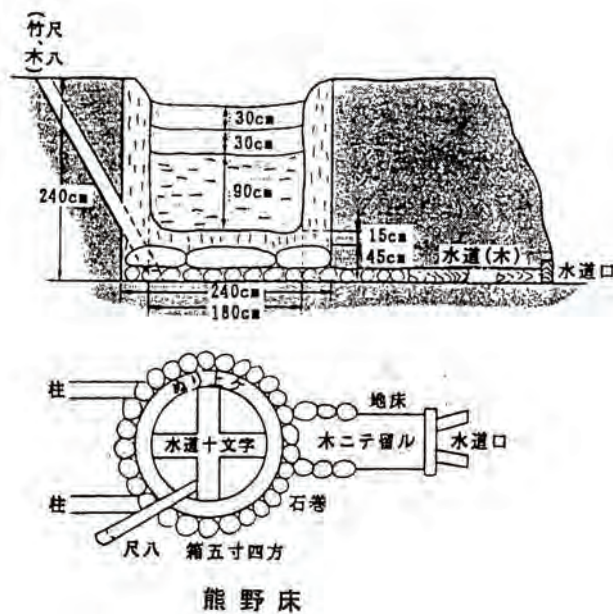


上の、吹床の記述に対する足尾銅山の絵図は見つかっていないが、他所の銅製錬炉を描写した絵図の一例を第3図に示す(文献11 P13)。非常に簡単な構造で、地面に掘り込んだ穴にこのような窯を構築して還元炉として使用していた。

このような炉が並んだところで、前処理として採掘した鉱石を野焼き法で焙焼し、硫黄成分を飛ばしてできた鉱石(焼鉱と呼ぶ)を木、炭と共に個々の吹床(炉)内に装入していた。これに、人力や畜力や水力による動力で炉内に送風して銅製錬(還元精製)を行っていた。

そのような次第であったので、各炉の銅製錬操作は一回限りのバッチ運転であった。その間、浮上した鍍(カラミ・滓)を手作業で何回も取り除き、製錬工程が終了した後に内部に残った鍍(マット)と一部の金属銅を取り出して、次の精製工程(二番吹き・三番吹き)にかけて粗銅を生産していた。

即ち、数十にも及ぶ各炉の製錬操作と工程は全てバラバラであり、従って各炉から出される排ガスの成分も量もまちまちであった。



第3図 明治前期までの粗銅生産炉

第4図にその当時の銅製錬プロセスの一例を示す(文献12 P99)。この時代の足尾銅山の製錬プロセスは、最上段(1890年代以前)の製錬法が該当する。

明治19年(1896年)になると、「吹床48座のうち8座を廃止し、代わりに水套式円形熔鉱炉1座を建設する計画をたて、20年3月これを完成した。また20年11月にはピルツ式熔鉱炉3座を新設するなど漸次改良につとめた。」とあるように(文献1 P138)、ここに至って製錬手法の近代化が開始された。

#### 〔製錬排ガス処理〕

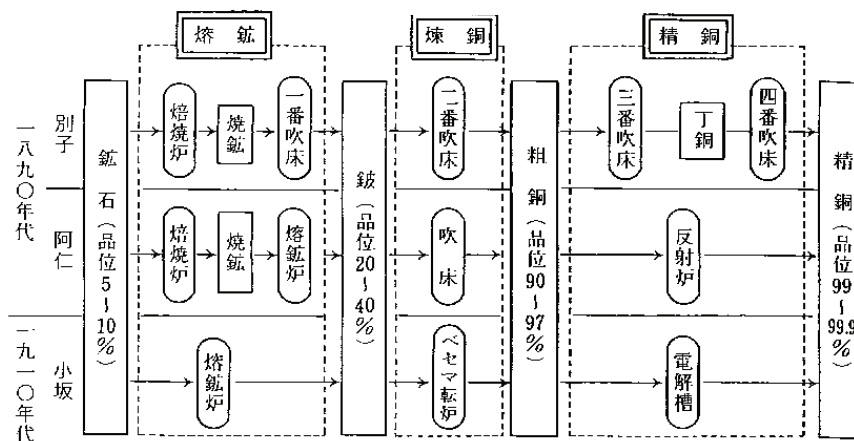
上述のように、数十にも及ぶ各炉の製錬操作は完全な手作業に近く、相互の関連が考慮されていないバラバラの運転であり、各炉から出される排ガスの成分も量もまちまちであった。そ

のため排ガス処理を行うことは非常に困難であり、亜硫酸ガスを含んだ排煙はそのまま大気中に放出させざるをえなかったといえる。

このように、その当時の製錬設備の程度や操業形態からみても、製錬工程から出される排煙処理は全くおぼつかない時代であったとみることができる。

加えて、1887年(明治20年)以前は生産量も少なく、製錬排ガスによる周辺山林への影響も少なかったものと思われる。

そのような意味からも、煙害が少なかった当時の状況では、公害防止・排ガス無害化という概念すら未だ社会に存在していなかったのではないかと考える。



日本工学会編『明治工業史 鉱業篇』より作成。

第4図 銅製錬法の変遷

(注) 鞆(ふいご)：手で押ししたり足で踏んだりして風を送り、火力を強める道具  
水套(すいとう)：水(みず)ジャケット

## (2) 明治23年～同26年(1890年～1893年)

### 〔事業の概要〕

明治23年(1890年)「本山製錬所はこの方式の採用を決定し、同年12月には水套式長方形熔鉱炉(長さ5尺6寸、幅2尺8寸)12座を築造するに至った。そしてこれに伴い旧式吹床およびピルツ熔鉱炉等を全廃し、ここに製錬所の内容を一新したのである。」としている(文献1 P139)。

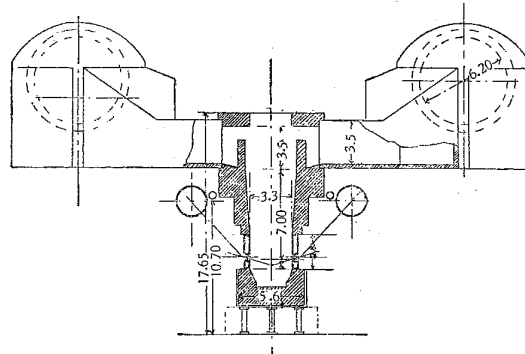
引き続き、ジャーデン・マジソン商会との粗銅納入契約を達成すべく、銅製錬技術の本格的な近代化に取り組んでいった。そしてついに、「明治26年5月末新製錬工場は完成して、・・・」とあるように、技術の近代化を押し進めたことにより、「従来、鉱石から製銅を得るには32日間を要したが、新製錬法(ベセマー転炉法)によってこれを2日間に短縮できるようになった。」とある(文献1 P143)までになった。

この近代化により、「第一に、粗銅品位が(99パーセント弱まで)向上した」、「第二に錬銅費の節約(約四分の一に減少)」、「第三に、規模の巨大化(1炉当たりの日生産量が45倍にも)」が達成されたとある(文献12 P97～P98)。

即ち、水套式角型熔鋳炉の採用とベッセマー転炉の導入により、銅製錬の手段（設備と方法）は大いに近代化され、生産量は増加の一途を辿っていった。

〔製錬手段〕

第5図に水套式角型熔鋳炉の構造図を示す（文献13 P271）。図面の熔鋳炉はサイドテーク式であるが、排ガス吸引が炉の真上で行なわれる、アップテーク式の熔鋳炉も存在していた。



第5図 水套式角型熔鋳炉の例

写真1. に足尾の水套式熔鋳炉の写真を示す（文献7 P42）。

そもそも水套式角型熔鋳炉とは、現在の鋳物産業で用いているキュポラ炉と同じ構造で、炉底部の空間に着火したコークス（木炭の場合もある）を配し、そこに予熱された加圧空気を送風することで激しく燃焼させる。

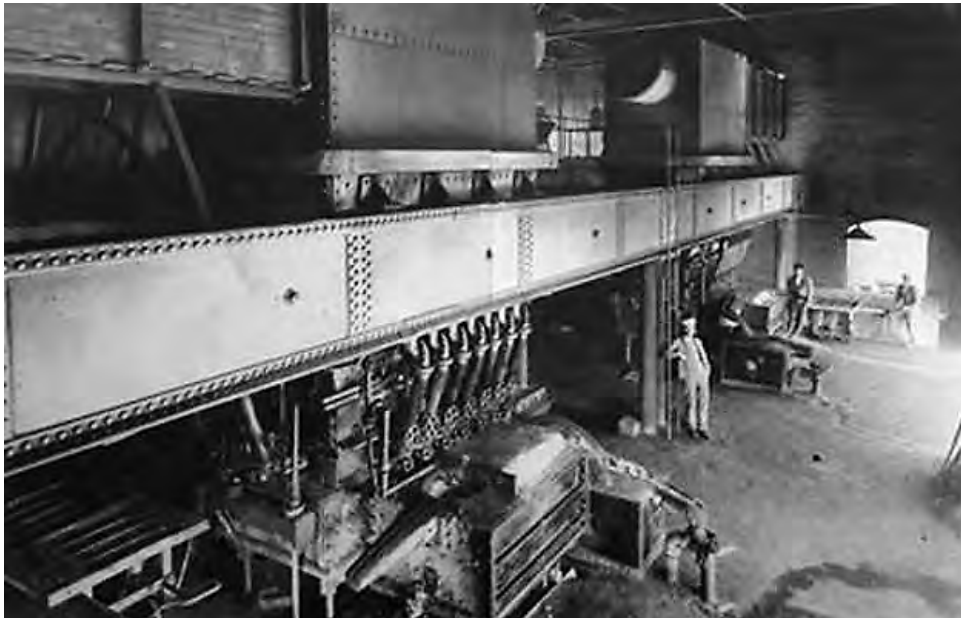


写真1 水套式熔鋳炉（明治23年）

そのような状態にすると、コークスの燃焼により炉内雰囲気温度は容易に1600℃に達する（但し当時の銅製錬では、操業時の炉内温度は1200～1300℃の範囲であった）。

キュポラ式熔解炉は、熔解部空間単位容積あたりの熱量負荷を大きく設定することができる

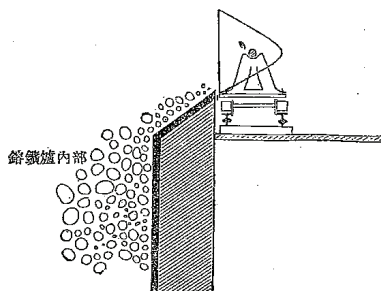
ので、燃料燃焼式熔解炉としては非常に効率よく対象物を溶かすことができる。この方式を大型にしたものが現在の製鉄用高炉で、基本的な構造と操業方法は当時も今もほとんど変わらない。

水套式熔鋳炉に話を戻すと、銅鋳石と燃料(コークス)は炉体最上部中心の開口部から炉内に投入される(この操作は装入と称される)。その装入の様子は第6図に示す通りで、人力法又は動力駆動による鋳車傾動法によったものと思われる(文献13 P273)。

装入されたコークスは炉底部で激しく燃焼し、その周辺にある熔解対象物(この場合は装入された塊状銅鋳石や団鋳)は、コークス燃焼により発生する一酸化炭素の還元作用と高温ガスによる温度上昇で速やかに熔解されてゆく。

次に、水套式熔鋳炉の機密性に言及すると、鋳石・コークス投入口には、当然高温ガスに対する何らかの策遮蔽物(カバー又はゲート類)が設置され、内部ガスの噴き出しと外気の漏れ込みを防ぐようにしていたであろうと考えるが、十分な機密性を確保するのは困難で、内部が負圧の場合には外気の流入が自由であったと思われる。

事実、最近までの鋳物用小規模キュポラ装置では、投入口には扉や蓋が無いが、それらが有ってもエアーシールの観点からは何も無いのも同然のような設備が多かった。そのようなことから判断しても、その当時の技術と認識では、投入部のエアーシールが考慮されたことはほとんど無かったとみることができる。



第145図 鋳車に依る鋳石装入の一例  
爐側に鋳車を押し來り、之を圖の様に傾轉して鋳石を装入する方法は一般に廣く用ひられてゐる。

第6図 鋳石・コークス装入の例

なお、銅製錬用熔鋳炉への原料装入においては、コークスを中心部へ、鋳石は炉壁に沿って落とすのが効果的であり、その当時の装入夫という作業員が手作業でその調整を行っていた。その調整の上手下手により燃料消費量が異なったので、個人ごとの労賃(手当て)も異なっていたようである。そのため、作業員は極力低温操業を続けるべく心がけていたそうである。

#### 〔製錬排ガス処理〕

粗銅増産の必要性から上述のように銅鋳熔解炉の近代化をはかったが、亜硫酸ガスを含んだ排ガス処理技術システムの構築は中々進展しなかった。

即ち、当時の工業技術水準においては、化学工業としての硫酸製造技術は存在していたが、製錬排ガスの公害防止対策として応用することはほとんど不可能であった。

その理由として、第一に硫酸製造に用いるためには排ガス中の亜硫酸ガス濃度が希薄であり、その希薄な亜硫酸ガスを効率よく硫酸に転化する技術が確立されていなかったということがある。

第二の理由として、大気汚染の面での公害防止という考えそのものが全般的に希薄な時代であったことがあげられる。

何れにせよ、足尾銅山では製錬技術の近代化を成し遂げ、粗銅の生産量を大幅に伸長させたが、銅製錬排ガスは何ら処理がなされることなく、大気中に放出拡散させていたものとする。

第1表に足尾銅山の産銅量の推移を示す(文献1 P82)。明治23年(1890年)以降、急速に産銅量が増加したことを示している。

(単位: トン)

年次	産銅量	年次	産銅量	年次	産銅量
明治10年	46	明治22年	4,839	明治33年	6,077
11年	48	23年	5,789	34年	6,320
12年	90	24年	7,547	35年	6,695
13年	91	25年	6,468	36年	6,855
14年	172	26年	5,165	37年	6,520
15年	132	27年	5,877	38年	6,577
16年	647	28年	4,898	39年	6,735
17年	2,286	29年	5,861	40年	6,349
18年	4,090	30年	5,298	41年	6,997
19年	3,595	31年	5,443	42年	6,278
20年	2,987	32年	5,763	43年	7,019
21年	3,783				

〔注〕単位未満4捨5入

第1表 足尾銅山の産銅量

### (3) 明治30年(1897年)

#### 〔事業の概要〕

前述のような過程で導入された熔鋳炉方式の銅製錬設備は、それまでの製錬方法に比べて優れたプロセスであったので、基本的な構造はそのままの形で踏襲され、その後は設備の大型化と操業手法の改良が施されつつ、かなり後の時代まで同じ方式での銅製錬が継続された。

即ち、足尾銅山・製錬所においては、熔鋳炉による製錬とベッセマー錬銅の組み合わせで長く粗銅生産を行っていたことになる。これに伴い、産銅量は増加を続け、明治20年に対し明治30年は約1.8倍となっている(第1表参照)。

そのような中で、明治30年5月27日になり、東京鋳山監督署長より第3回予防工事命令書が出された(文献1 P168)。

#### 〔製錬手段〕

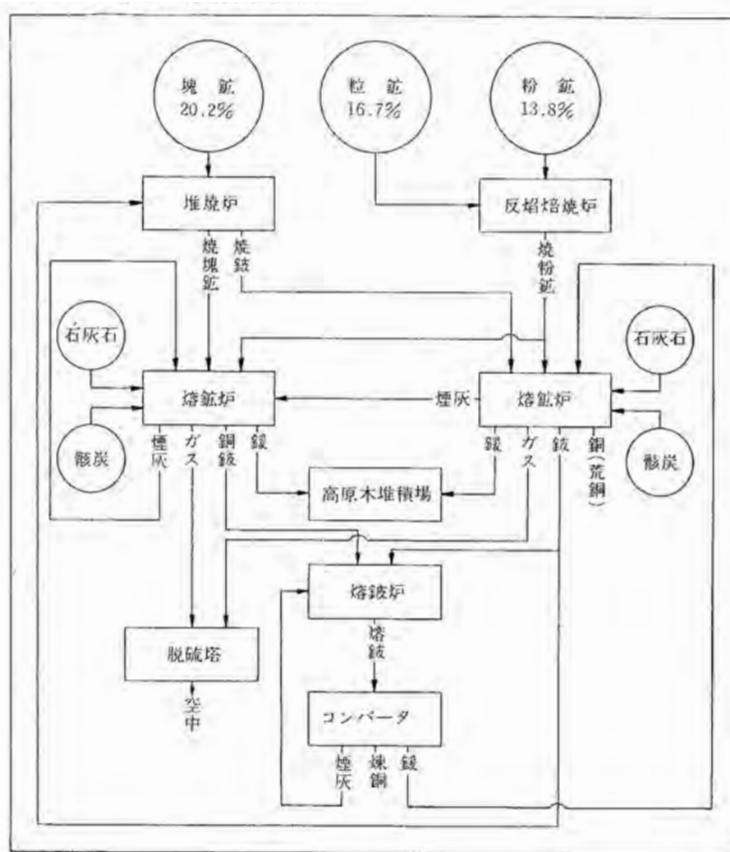
創業100年史によれば、「従来の小型長方形熔鋳炉4座を廃止して、あらたに大型熔鋳炉(羽口18個をもち、内径長さ7尺4寸、幅2尺8寸)を2座築造した。」とあり、熔鋳炉方式に絞りこ

み、かつ大型化に心がけていたことが分かる(文献1 P142)。

同じように、「明治26年5月末新製錬工場は完成して、・・・11月26日に操業を開始するに至った。・・・26日から30日までに28トンのベセマー銅を製出した。」とあるように、急速な製錬方法の改良が行なわれたことが分かる。またこれらの改良により、「従来、鉱石から製銅を得るには32日間を要したが、新製錬法によってこれを2日間に短縮できるようになった。」とある(文献1 P143)。ベセマー転炉の不純物除去効率がいかに高かったかが分かる記述である。

第7図に明治30年代の製錬操業プロセスを示す(文献1 P147)。これによれば、「塊鉱(径2分5厘以上)を堆焼炉で焼鉱し、粉鉱(径3厘以下)、粒鉱(径3厘以上2分5厘以下)は反焰焙焼炉により、鉱粉の一部は泥鉱と成形して錬焼窯によってそれぞれ焼鉱する。」とあり、熔鉱炉に装入する前に一旦焼いて硫黄を飛ばす前処理をしていたことが分かる。

また、焼粉鉱・焼粒鉱・錬焼鉱(粉鉱と泥鉱を成形したもの)は、一旦熔鉱炉で製錬され、再度別の熔鉱炉で熔解されていたことが分かる。さらに、堆焼炉・反焰焙焼炉・熔鉱炉・コンバーターの排ガスは脱硫処理対象になっていなかったことが分かる。



第7図 明治30年代の製錬操業方法

〔製錬排ガス処理〕

明治30年の鉱毒予防工事命令は、全37項目からなっており、その第30項目で製錬排ガスの脱硫処理を求めている。

その排ガス脱硫に関する部分を引用すると、「本山および小滝における製錬所の各煙突は、

煙道を以って之を連結し、煙室を設けて亜硫酸および煙煤を凝結降下せしめ、且つ硫酸製造その他脱硫の方法を以って、亜硫酸ガスを除去したる後、製錬所背後の山腹より、さらに大煙道により山頂指定の地に至り、本山においては高さ80尺(25.0m)、小滝においては50尺(15.1m)以上の煙突を設けて噴煙せしむべし。」としている(文献1 P171を一部現代文に改めた)。

その命令では7日以内で着工し、竣工期限は最小では30日、最大でも180日という厳しいものであった。そのため、「政府の予防命令に基づき脱硫装置の完成に全力を傾注した。(明治)30年5月上旬この予防工事に着手し、同年10月22日にこれを完成した。」と記述されている(文献1 P146)。

排ガス処理の観点から述べると、前項でも書いたように当時の化学工業界には硫酸製造設備は既に存在していたが、銅製錬排ガスのような希薄な亜硫酸ガスから硫酸を製造する、又は希薄な亜硫酸ガスを除去するという概念は存在しておらず、「その他脱硫の方法を以って」と命令されても、そのような方法が無かったという事情にあった。

事実、「脱硫塔については、政府は具体的設計を明示しなかったので、その建設に極めて苦勞した」とされている。そして、「このため市兵衛は、予防工事を督励して研究に当らせ、硫酸製造のゲールサック塔をモデルとして、塔中に石灰乳を雨下し、これに硫煙を導いて亜硫酸ガスを吸収させる装置を設計した。」とされている(文献1 P146)。

しかしながら、石灰乳(消石灰を水に溶いた液)を排ガス中に分散させるための、高性能スラリーポンプや二流体ノズル、あるいは液滴分散システム設置などといった、高度な技術が存在しなかったその当時は、多数の孔を開けた天板から吸収塔内に消石灰液を自然流下させるのが精いっぱい対策であった。

具体的には、「注水盤面積48.7㎡、15mm口径810この注水孔から(石灰乳を)滴下させ、ガスと向流反応させた」と記述している。同じく、「塔は煉瓦製、高さ12.7m、外側17.9m×5.5m、使用石灰量2.8~4.2t/d、使用水量・・・」とある(文献4 P12)。

その記述から類推するに、水盤から滴下させた石灰乳の噴出圧力の程度にもよるが、自然流下の元では液滴の直径はせいぜい2~3mm程度であり、目的のような気液接触反応をさせるために必要とされる微細な液滴径(0.2~0.1mm)の確保からは程遠かったものと容易に理解することができる。

その結果として、亜硫酸ガスとの中和性能(反応効率)が非常に低かったことはやむを得ないことであったと考える。その当時の脱硫塔の全景を、写真2に示す(文献4 P13)。

また、本項製錬手段項の末尾で述べたように、堆焼炉・反焰焙焼炉・熔鋳炉・コンバーターのガスが脱硫処理対象になっていなかったことなども、総合的な脱硫率の低さにつながっていたものと思われる。

次に、第2表に脱硫塔の成績とガス条件を以下に示す(文献4 P13)。

この時点では、未だ硫酸製造法を採択することはできなかった。即ち、第2表の塔下のガス温度が150~190℃とあることから分かります。炉から脱硫塔までに相当量の漏洩空気があったものと思われる。換言すれば、排ガスはかなり希釈されてしまっていたことが分かる。



写真2 脱硫塔全景

年次	SO <sub>2</sub> %		SO <sub>2</sub> 除去率	塔下のガス		他のガス成分%			煙突の排出ガス	
	借入口	出口		温度℃	速度m/sec	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	N 尺 <sup>3</sup> /分	N m <sup>3</sup> /分
明治31.5~12	0.69	0.48	30%							
32.1~12	0.66	0.44	33							
33.1~12	0.79	0.60	24							
34.1~12	0.92	0.70	24							
37.11~12	1.00	0.79	21						50,000	1,390
38.1~10	1.10	0.85	23						#	#
41.7	1.04	0.86	17	150~190	2.73	2.44			60,200	1,680
43.									70,000	1,950
大正2.2~3	0.96	0.77	20						85,900	2,390
4.1~8	0.92								109,700	3,050

第2表 脱硫塔の成績とガス条件

そのことにより、処理対象ガス中の亜硫酸ガス濃度が1パーセント前後（ほとんどは、それ以下）と低かったことに加え、排ガス中に含まれる砒素・アンチモン・ビスマスほかの硫酸転化反応障害物質を電気集塵などで高度捕集することが不可能であったことが加わり、硫酸製造工程はどうも組み込めなかった、というのが実情であったと思われる。

まとめれば、現在の時点であれば非常に容易である排ガス中の希薄亜硫酸ガスの中和無害化も、あるいは漏洩空気の根絶による亜硫酸ガスの高濃度状態の確保、及びその亜硫酸ガスからの硫酸製造も、当時の技術水準ではほとんど不可能であったといえる。

#### (4) 大正4年(1915年)

##### [事業の概要]

ベセマ製錬法が明治26年に導入された後、足尾銅山では幾多の技術改良を加えていった。

その第1は、転炉の改良により内壁の磨損を予防し、その交換時間を節約した。第2は、羽口の方向、数量、孔径の改良を行った。第3には、転炉用送風機の改良で、自山工作課の設計



製作にかかる機械装置を導入した。第4の改良は、転炉の操業方法に改良を加え、操業時間の短縮を達成した(文献1 P144~P145)。

合わせて生吹法の研究を開始するなど、主に製錬の手段と技術改良のための研究開発に力を注いだようである。

〔製錬手段〕

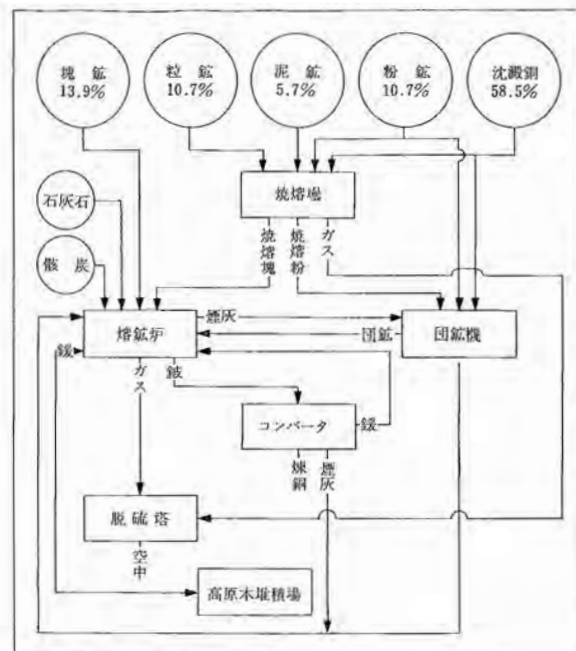
生吹法とは、鉱石(生鉱)を事前に焼鉱とすることなく、直接熔解してその鉱石中の硫黄と鉄を酸化させ、発生する熱を利用する高度な製錬手法である。明治34年から本格的な研究を開始したが、研究開始当初は試行錯誤も多く、ほとんど効果が見えてこなかった。

明治36年になり、生吹に使用するための大型熔鉱炉を新設するなどの努力を重ねていった。さらに漸進的に技術の改良・向上に努め、ついに明治39年に至り旧来の焼鉱吹を全廃し、全量生鉱吹を実施するまでになった(文献1 P147~P151)。

これらの技術改良の中には、粉粒鉱の団鉱化処理技術開発も含まれ、明治43年に実用化した足尾式自動製団機の製造開始につながった(文献1 P217)。

同じく、これらの改良により製錬工程が一層効率よく行なわれるようになり、従って産銅量も増加の一途を辿った(第1表及び第5表参照)。

第8図に明治43年当時の足尾製錬の操業方法を示す(文献1 P219)。明治30年当時の操業方法(第7図)と比較すると、粉鉱処理用の団鉱機が新たに導入されていることが大きく異なっている。かつ、その重要性が一段と増していることが分かる。



第8図 明治43年当時の製錬操業方法

熔鉱炉操業においては、炉下の羽口からの送風により銅鉱がガス中に飛散して行ってしまうので、粉鉱の製錬(熔解)は大いに不利であった。そのため、焼結法や団鉱法で粉鉱を一旦塊成化して装入することが不可欠であった。

排ガス処理の面で明治30年代のそれと比較すると、改善はされてはいるがここでもコンバーター排ガスは脱硫塔が通されておらず、相当量の亜硫酸ガスが未処理のまま放出されていたものと思われる。

#### 〔製錬排ガス処理〕

明治30年に竣工した脱硫装置も、前述のような理由で十分な機能が発揮されずに運転が継続されたが、「政府は明治42年以来、脱硫法よりさらに有効な方法をうるために、わが国の有名な関係学者、実地家に研究させてえた結論として、明治45年」に、希釈による排ガス無害化をはかるべく、希釈プロセス装置の設置を求めた(文献4 P14)。

設計図による希釈プロセス装置は、大正2年11月に着工され、同4年8月に竣工した。これにより、石灰乳滴下式脱硫塔の運転は終了した。

今回の政府による指示は、前回出した亜硫酸ガスの石灰による中和無害化(吸収反応)が期待したような効果を上げなかったため、亜硫酸ガスを含んだ銅製錬排ガスを上方空間に向けて勢いよく放出させ、高層大気中へ拡散させることを狙ったものである。

加えて、製錬排ガスを煙室に導入して通過させ、ガス中の煤塵を自然沈降(重力集塵)させることで、排ガスの清浄化をはかる目的も兼ね備えていたとなっている。

その結果は、少し長くなるが上記の文献を引用すると、「煙中の粗塵は大煙室に至るまでにほとんど沈下するが、塵中には1.0ミクロン～0.01ミクロンメートル径の微細塵も多く含まれ、これらは大煙室でも沈下率は低かった」とあり、「希釈鉍煙はより高く上空に上がり入道雲状になり、これがガス温の冷却につれ、静かに下降し、大空に円弧を描き着地する。一度高く昇っただけ煙の団塊は遠くに至って着地する」とある。

さらに気象状態や風向きによっては、「遠く中禅寺湖北岸の御料林の方まで煙害がおよび、被害拡大だと非難をうけるようになった」。そのため、「大正6年4月1日より、・・・、当局の内諾を得て運転を中止した」と記録されている(文献4 P17～18)。

この文献の記述は非常に明快な表現であると考え。まず亜硫酸ガスに注目すれば、硫黄1に対する酸素が2で構成される化合物なので、その気体分子量(気体の重さの指標)は64( $32 + 16 \times 2$ )であり、空気のそれは半分以下の29である。即ち、亜硫酸ガスは空気の2倍以上重い気体であり、温度・圧力などの物理量が同じ条件の元では、かつ強制的な攪拌が行われない大気空間にあっては、その下層部に溜まりがちとなるのは当然のことである。

一方、空気で希釈されて薄くなった亜硫酸ガスを含む製錬排ガスが大気中に勢いよく放出されているように見えても、その到達高度は僅かなものである。さらに、上空に放出されたガスは急速に冷却されるので、亜硫酸ガスは直ちに周囲の空気と同じ温度になってしまい、周辺地域に向かって降下を開始したのは当然のことである。

そのため、気象状態や風向きによっては近在に、あるいは風下の遠方に到達・着地する可能性が大きかった。足尾製錬所の背後には日光連山があり、その山並みを越えたところが中禅寺湖である。新たに導入した希釈拡散法によって、日光地域に亜硫酸ガスが到達するようになってしまったことが報告されている(上述)。

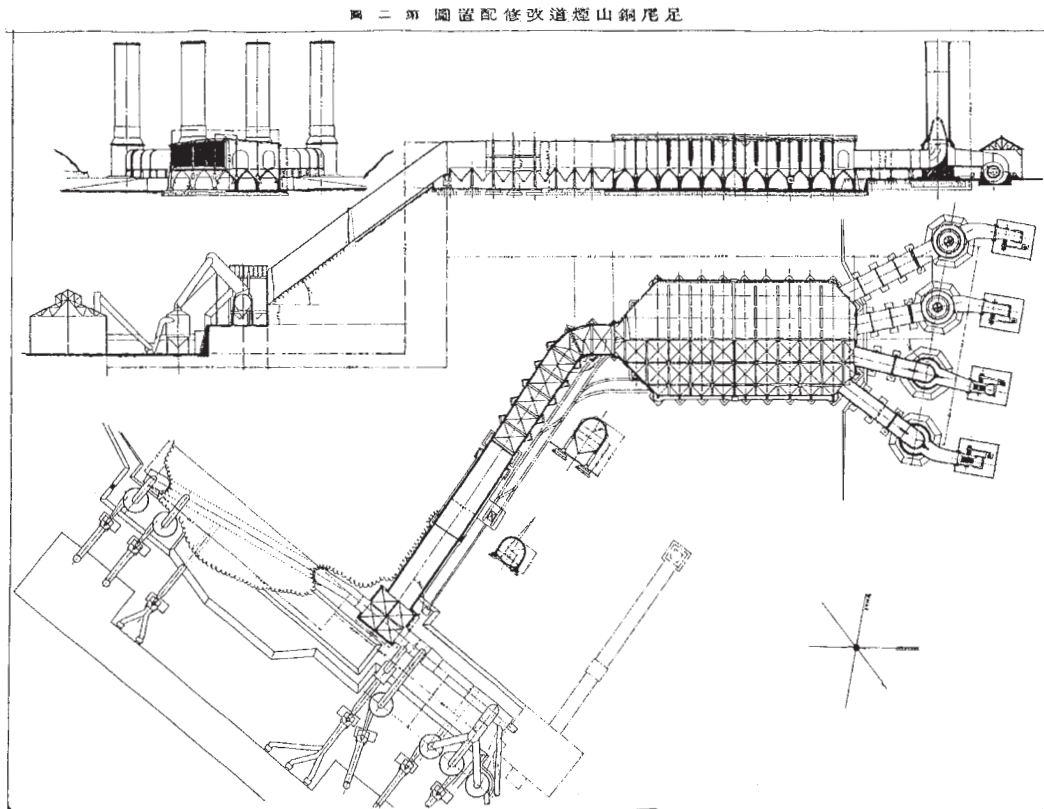
次に煤塵の沈塵についてみれば、製錬排ガス中に含まれる粒子の多くは、製錬工程での高温

雰囲気によるガス中への揮発と冷却による凝縮固化作用を受けているので、非常に微細なサブミクロン粒子(ミクロンメートル以下の粒子)であることが多い。特に熔鋳炉や転炉で発生する煤塵はその傾向が顕著で、その後の電気集塵装置の出現を待つまで、それらの煤塵を高効率で捕捉することは無理なことであった。

第9図に希釈法設計図(足尾銅山煙道配置図)を掲載する(文献14 P208-1)。

製錬所の配置に対する尺度、あるいは図中左上の煙突の総高が35mであったことから判断すれば、当希釈装置は非常に大型の装置であったことが分かる。

煙突の並びはほぼ直線上にあり、年中平均風向に対してほぼ直角に配して、なるべく排煙が拡散するよう考慮していた。また煙突が4本になっているのは、風向きによって排煙放出を制御するため、専用の気象観測所による測定を反映するものであった。



第9図 希釈法設計図

次に、操業状態を写真3に示す(文献4 P16)。この場合、排煙の流れは右上方向(北向き上方)であり、期待するほど勢いよく上方に向かっている様子うかがえない。

このことは、次の表3による希釈鋳煙データ(文献4 P17)からも明らかで、煙突よりの噴出速度は僅か248m/分(4.13m/秒)であり、現在の一般的な煙突出口での流速が16~20m/秒であるのに比べても遥かに遅い速度である。

なお、希釈法の失敗は足尾製錬ばかりではなく、日立ほかの製錬所でも起こってしまったことである。日立鋳山ではその不具合を克服するために、大煙突による上空拡散方式で対応しようとした。この例でも、被害を近隣農地等に及ぼさないことのみが目的となっており、根本的

な解決であるとはいえない状況であった。



写真3 希釈法操業風景

測定年月	ガスの温度 ℃	煙突よりの噴出速度		鉍煙量、NTP		煙塵含有量				
		尺/分	m/分	尺 <sup>3</sup> /分	m <sup>3</sup> /分	g/10 <sup>3</sup> 尺 <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	Kg/分	Kg/d	対処理鉍
大正4年 10月下旬	24	820	248	650,000	18,100	6.2	0.223	4.03	5,800	1.55%

第3表 希釈鉍煙

### (5) 大正7年～昭和4年(1918年～1929年)

#### 〔事業の概要〕

創業100年史においては、この年代の銅製錬事業に関する記述は少ない。特に、銅製錬技術の変遷を述べている部分は無いに等しい。代わって、石炭部門の動向に関する記述が多い。

即ち、この頃の日本経済は景気後退期にあり、銅製錬事業においては大きな変化が無かったものと思われる。代わりに、採鉍機械の開発や索道設備の充実による足尾銅山域内の輸送効率化に力を入れたことがうかがえる。

#### 〔製錬手段〕

上記と同じく、製錬手段の改善・改良・大型化は行なわれていたものと思われるが、創業100年史においては具体的な記述は無い。粉鉍の団鉍化処理による熔鉍炉の生吹操業の達成で、銅製錬技術としては完成の域に至っていたことによるものと思われる。

実際、昭和31年の自熔製錬技術導入の時点まで、熔鉍炉法による銅製錬が続けられていることから、当時の製錬技術の完成度の高さがうかがえる。

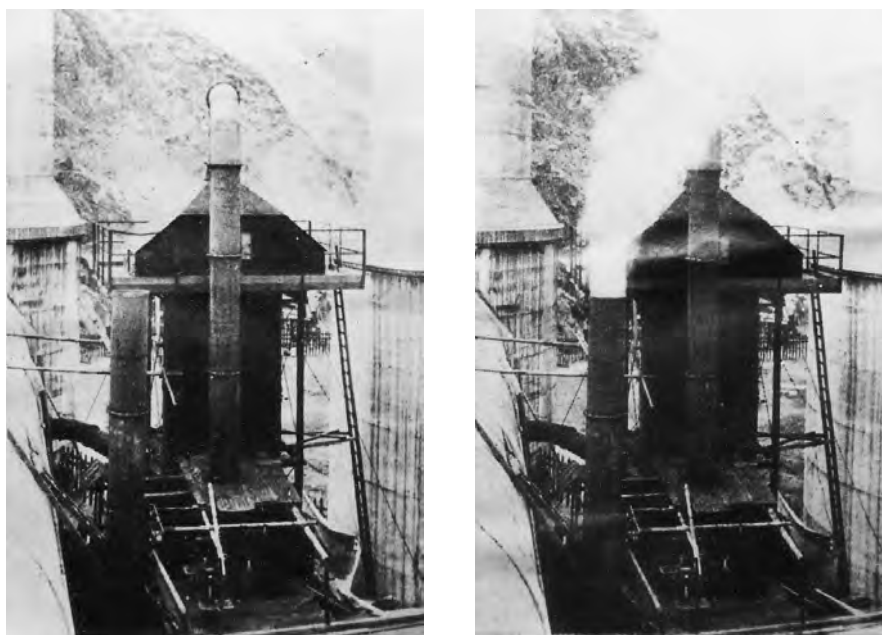
#### 〔製錬排ガス処理〕

「足尾での希釈法の結果が不成績であったので、大正5年(1916)当時鉍山懇話会を組織していた産銅7社、三井、三菱、古河、住友、久原鉍業、藤田組、田中平八鉍業は、共同出資して当時社会問題化していた、煙害問題解決のため、・・・、金属鉍業研究所を設立し、足尾の鉍

煙により、煙害除外の研究を行った。」とあるように(文献4 P18)、非鉄金属製錬所を持つ上記の各社は、何処も煙害の発生で困り果てていたことは明らかである。

その懇話会では、硫化水素による亜硫酸ガスの還元無害化と、コットレル式電気集塵法が注目されて研究対象とされた。中でも「コットレル式電気集塵法が工業的に実証しうることを確かめ、・・・、その後各所にこの装置が建設された。」とあるとおり(文献4 P18)、この時点に至ってようやく製錬排ガスの無害化処理技術の曙光が見えてきたことになる。

写真4に足尾で電気集塵を試験している様子を示す(文献4 P18)。



左：荷電中 右：電気を切る  
希釈法の分岐煙道、煙突の下部が見える

写真4 金属鉱業研究所の足尾鉱煙による、電気集塵法の試験

上記のような事情で始まった一連の研究で、大正5年に初めて電気集塵法の有効性が確認されたので、京子内工場(竣工大正7年)と反射炉工場(竣工大正8年)に第1号電気集塵機が建設された。

この時設置した電気集塵機は堅牢で、京子内工場のそれは「大正7年4月以降昭和31年3月まで、昼夜連続38年間使用し、その後も使用し続けた優秀頑強な設備であった。」とある(文献4 P21)。

その後、銅製錬排ガス煤塵特有の、多量のサブミクロン粒子の存在や、非鉄金属粉塵特有の高電気抵抗特性により、安定的な電気集塵ができないという状況に遭遇したが、高温ガス中に水を噴霧蒸発させてガスの示す絶対湿度を上げることで解決した。

その努力を評価した電気集塵機の発明者コットレルは、アメリカからわざわざ足尾を訪ね(昭和4年11月)、製錬所各設備見学と操業運転立会いを行い、努力した古河の技術者たちを称賛している(文献4 P26)。

写真5にその見学の様子を示す。

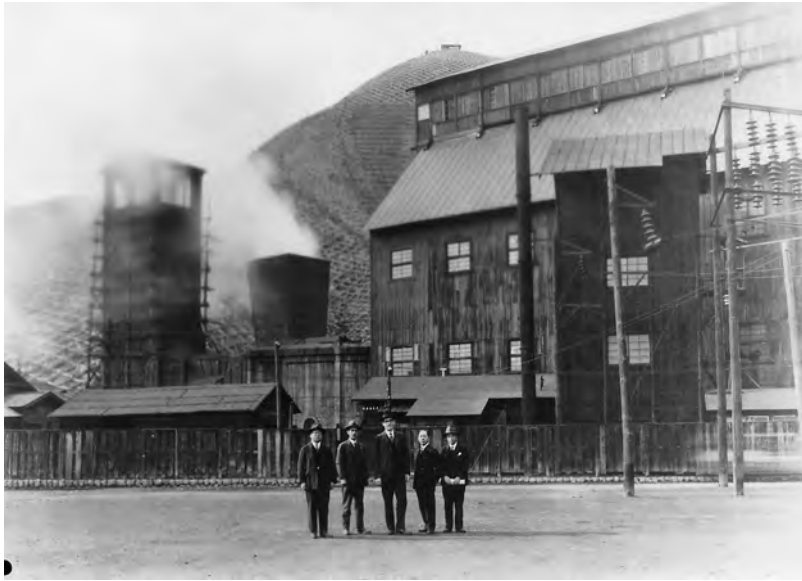


写真5 コットレル氏(中央)が訪問見学時の写真

同伴者は、当時の最高レベルの技術者たち

筆者は産業排ガス集塵技術者であることは述べたが、現在の技術水準にある電気集塵装置設計技術者の知見から述べれば、微細な粉塵を多量に含有するガスの集塵では、空間電荷現象という特殊な状況が現出し、電気集塵がうまく機能しなくなることは当然のことである。そのような場合、ガス中の水分パーセントを高くすることで粒子相互の凝集作用が強くなり、煤塵の見かけ粒子径が大きくなるので電気集塵しやすくなることは今ではよく知られている技術(ガスコンディショニング)である。

同じように、非鉄金属製錬や外国炭を用いる火力発電所からの煤塵、あるいはセメント産業プロセスガスの粘土系ダストは、ほかの排ガス中のダストに比べて電気抵抗(正確にはダスト固有電気抵抗値)が高く、集塵された電極上で逆電離という厄介な現象が現れる。一旦その現象が起これば、空間に必要な荷電(電圧)がかからなくなるので、当然電気集塵機能は阻害される。

このような場合、ガスを酸性化させた上で水分を付加してやると、粒子の電気抵抗が低下するので簡単に集塵することが可能となる(但し、非鉄金属製錬排ガスは酸性なので、通常は水分を添加するだけでよい)。

このようなことを、当時の技術者は文献や経験が無い中で、試行錯誤を繰り返しつつ解決していった。その間には、過剰あるいは不適切な水吹きによる水濡れで、内部電極腐食やダストの固着トラブルが多発したことをうかがわせる記述がある(文献4 P24・P25)。

当時の技術者は、それらの社内説明や問題解決にも振り回されたはずであり、それらのことを合わせた一連の苦労を思うと、彼らの努力には頭の下がる思いがする。

一方、例えば現在程度の知見があったとしても、当時の工業製品の技術の程度では、解決することは簡単ではなかったと考える。

その理由は、その技術をサポートする周辺機器技術のレベルの問題である。即ち、安定した熔鉱炉の操業と排ガス量の確保、非常に優れた温度検出センサーと演算・制御システム、同じ

く優れたポンプシステムと精密な流量制御機器の存在、ノズルの噴霧液滴分布とその安定性の保持、同じく厳しい条件下で長時間の使用に耐える各機器の堅牢さなどが求められるからである。

筆者が昭和47年に入社した当時は、上の何れの技術も未だ不十分であり、ごみ焼却炉用電気集塵装置のための排ガスの精密な温度管理では苦勞したものである。

話を戻すと、今までほとんど集塵することなく大気放出していた製錬排ガスが、足尾銅山で初めて電気集塵されたわけであり（効率92～93パーセント）、これにより周辺地域への粉塵の飛散は大幅に低減されることとなった。合わせて、この排ガス高度集塵の達成により、それまで不可能であるとされていた銅製錬排ガスから硫酸製造への明るい道が開けることとなった。

写真6と写真7に排ガス集塵有無（荷電有り・荷電無し）の比較を示す。当時の非常に貴重な写真である。



写真6 電気集塵を行っていない排ガス（昭和2年2月6日）  
右側煙突頂部の陣笠も見えない程の煤塵濃度である



写真7 電気集塵を行っている排ガス（日付、同前）  
煤塵濃度が低く、雪景色の背景の山肌も見えている

なお、この当時の足尾銅山の製錬における半期ごとの平均排ガス成分を第4表に示す(文献4 P40)。

これによれば亜硫酸ガス成分は0.7パーセント前後であり、第2表に示す明治時代後期のそれと同等かそれよりも低い値になっている。

このデータからも、銅製錬排ガスから硫酸製造を行うことはできなかったであろうことを理解することができる。

期 間	集塵機入口煙道								出口煙道			集塵率		6ヶ月の
	ガス成分 (vol. %)					温度	ガス容積	含塵	温度	ガス容積	含塵	%		集塵量
	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	℃	Nm <sup>3</sup> /分	g/Nm <sup>3</sup>	℃	Nm <sup>3</sup> /分	g/Nm <sup>3</sup>	分析	目測	t
大正14.5~14.10	0.77	0.59	19.5	2.37	76.1	65	4,890	1.456	54	5,000	1.023	29.31	33	376
14.11~15.4	0.66	0.73	19.5	2.05	77.1	59	4,250	1.428	41	4,340	0.728	51.96	46	676
15.5~15.10	0.74	0.69	19.6	4.07	75.0	67	4,680	1.440	53	4,740	1.016	28.51	27	471
15.11~昭2.4	0.61	0.74	19.6	1.99	77.1	43	4,840	1.347	30	4,900	0.286	79.37	82	1,138

第4表 半期平均ガス分析表

#### (6) 昭和8年~昭和10年(1933年~1935年)

##### 〔事業の概要〕

創業100年史においては、この年代の銅製錬事業に関する記述も少ない。前節記述と同じように、石炭増産の記述や海外事業展開が詳しく述べられているのみである。

そのような中、足尾では積極的な探鉱に努めたことや、新たな豎坑の開さく、坑内外運搬の機械化、新型ダイナマイトの開発、低品位鉱対策としての選鉱関係設備の改修・新設による、副次的な産銅事業強化が次々に行なわれたことが詳しく述べられている(文献1 P421~P425)。

##### 〔製錬手段〕

製錬手段の改良としては、製銅工程の酸性転炉から塩基性転炉への転換と、大型転炉の塩基性転炉操業への移行により、産銅量を僅かではあるが上昇に転じさせた。また、亜硫酸・蒼鉛・錫鉛合金などの副製品生産を目的として、錫鉛合金から錫と鉛を分離する工場の操業が開始された(文献1 P424・P425)。

即ち、前節で述べたことと同じく、製錬手段の改善・改良・大型化は行なわれていたものと思われるが、銅製錬技術としては完成の域に至っていたので、製錬設備の大幅な変更は行なわれなかったものと思われる。

実際、住友金属鉱山四阪島・三井金属鉱業日比・日本鉱業佐賀関・同和鉱業小坂では熔鉱炉による銅製錬を行っていたし、古河鉱業足尾でも昭和31年の自熔製錬技術導入時点までは、熔鉱炉法銅製錬が続けられていた。このことから、当時の銅製錬手段としては、熔鉱炉法の技術的な完成度は非常に高かったものと考えられる。

##### 〔製錬排ガス処理〕

創業100年史によれば、「排煙中の亜硫酸ガス回収を目的に、硝酸法による塔式の硫酸製造試験工場の建設」が行われ、「ボーメ50度の硫酸を1日に1.5トン製造する設計に基づき昭和



8年12月硫酸製造工場を起業し、10年試験操業を開始した。」とある(文献1. P425)。同じことは、「除塵の問題が完成したので、約2トン/日の硫酸試験工場を建設し、塔式、接触式硫酸製造、・・・等による、亜硫酸ガスの吸収強化を試験した。」と記述されている(文献4 P29)。

即ち、多段電気集塵方式の完成により、製錬排ガスのさらなる高度集塵(完全除塵)が達成されたので、亜硫酸ガスを硫酸に転化させる技術の応用が可能となり、ついには「転炉ガス亜硫酸ガスから、・・・高純度硫酸を生産することができることが確認された。」とあるとおり(文献4 P xv)、この時点に至って初めて転炉排ガス中の亜硫酸ガス対策が可能となってきた。

これらの一連の手法は、現在の化学プラント開発においては常道であるが、当時としては迅速なパイロットプラントの建設であった。しかしながら、この時点でも銅製錬工程では熔鉱炉方式が継続使用されていたため、依然として硫酸製造プラントとの結合はなされていなかった。

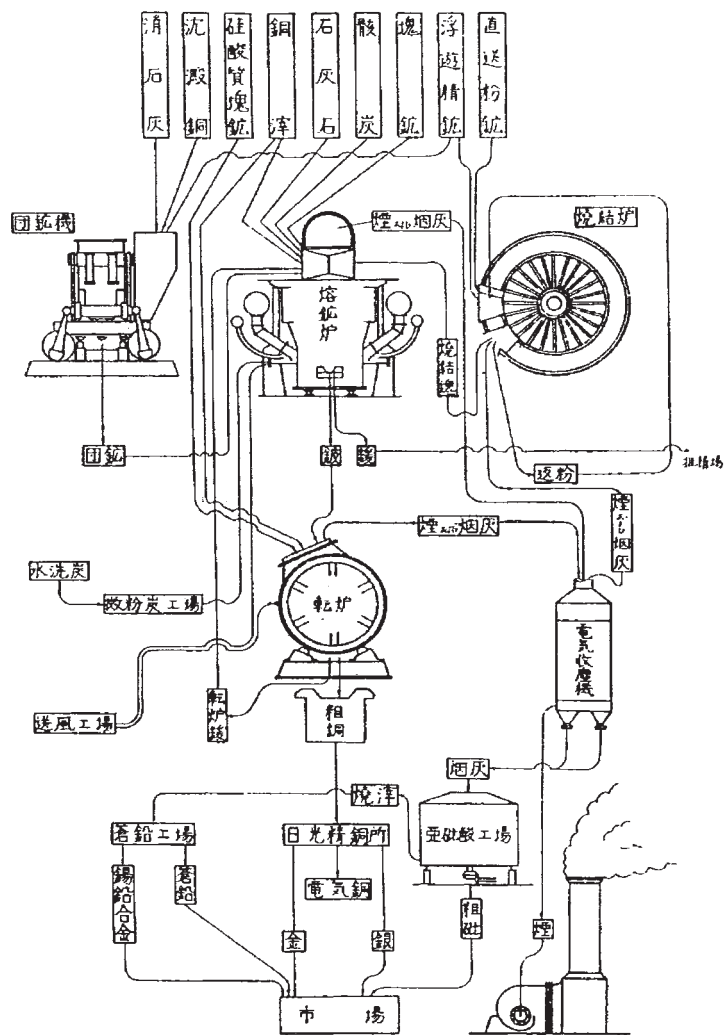
即ち、「足尾で採用されていた熔鉱炉製錬は、塊鉱を目的としていたため、粉鉱処理の場合はその前処理として団鉱焼結等を必要とするが、その工程で一部脱硫が行われるため熱の不足

をきたす原因ともなった。さらに熔鉱炉においては、一部硫黄分は燃焼しないまま炉外に排出されてさらに熱源が失われ、鉱石自体は多大な熱量を保有しながらも、石炭、コークス等の補助燃料を必要とし、「装入物が塊状であるので、反応速度が遅く、過剰の空気が混入するため、排ガス中の亜硫酸ガス濃度はきわめて低くなり、この排ガスを利用した硫酸製造は非常に困難であった。」とあるとおりであった(文献1 P603)。

いわば、次の製錬手段である自熔製錬設備が出現するまで、製錬排ガス中の亜硫酸ガスの完全回収(全量硫酸製造達成)は不可能であった。足尾では、その完全回収を目指した技術開発に心血を注いでいたことになる。

図10に、自熔製錬技術導入前の銅製錬工程「足尾鉱業所の系統図」を示す(文献2 P19)。前処理としての団鉱機と焼結炉があり、熔かす手段である熔鉱炉と仕上げ製錬である転炉が主要設備であることが分かる。

### 足尾 鉱業所 製煉 系統 図



第10図 足尾鉱業所系統図

合わせて、表5に操業開始来の製錬所粗銅生産量を示す(文献2 P17)。昭和10年前後の製錬状況がよく展望できる。

年別	自山鉱出	その他出	計	年別	自山鉱出	その他出	計
明治				4	12,182		12,182
10年	47		47	5	15,142		15,142
11	48		48	6	15,735		15,735
12	91		91	7	14,464		14,464
13	92		92	8	15,460		15,460
14	174		174	9	13,200		13,200
15	293		293	10	12,920		12,920
16	653		653	11	12,970		12,970
17	2,807		2,807	12	13,419		13,419
18	4,127		4,127	13	13,991		13,991
19	3,629		3,629	14	12,507	1,219	13,726
20	3,024		3,024	15	12,919	1,340	14,259
21	3,821		3,821	昭和			
22	4,889		4,889	2	12,488	1,298	13,786
23	5,846		5,846	3	12,938	1,328	14,266
24	7,613		7,613	4	13,063	997	14,060
25	6,533		6,533	5	13,815	782	14,597
26	5,671		5,671	6	14,704	492	15,196
27	6,453		6,453	7	14,779	453	15,232
28	5,498		5,498	8	12,884	509	13,393
29	6,578		6,578	9	10,783	796	11,579
30	5,947		5,947	10	10,933	1,210	12,143
31	6,604		6,604	11	12,750	1,155	13,905
32	6,791		6,791	12	12,121	1,940	14,061
33	6,653		6,653	13	10,420	3,920	14,340
34	6,706		6,706	14	9,693	3,026	12,719
35	6,899		6,899	15	8,444	4,111	12,555
36	6,938		6,938	16	8,169	3,332	11,501
37	6,569		6,569	17	7,036	4,126	11,162
38	6,648		6,648	18	7,530	5,567	13,097
39	6,787		6,787	19	5,811	3,729	9,540
40	6,402		6,402	20	1,556	1,812	3,368
41	7,294		7,294	21	1,242	1,411	2,653
42	7,486		7,486	22	2,178	645	2,823
43	7,537		7,537	23	2,120	2,673	4,793
44	8,120		8,120	24	1,915	3,103	5,018
45	10,101		10,101	25	3,225	5,673	8,898
大正				26	3,009	6,403	9,412
2	10,431		10,431	27	3,331	6,309	9,640
3	10,811		10,811	28	3,603	5,859	9,462
				29	3,676	5,618	9,294
				計	591,736	80,836	672,572

第5表 操業開始来の製錬所粗銅生産量

### (7) 昭和31年(1956年)前後

〔浮遊選鉱の発達による原料精鉱化の問題〕

今までに述べてきたように、この頃までの日本の銅製錬産業にあつては熔鉱炉法が主流であつたが、浮遊選鉱法の発達により原料の精鉱化が進んでからは、熔鉱炉に装入するために精鉱を塊状に加工することを余儀なくされていた。その鉱石前処理の面から、熔鉱炉法の不合理

性を当時の足尾銅山の案内書「足尾鉱業所概要」では以下のように明快に説明している（文献2 P20）。

「熔鉱炉製錬法は元来塊鉱処理を目的とし、往時のように高品位の塊鉱が採掘された時代には極めて優秀な製錬方法であった」が、「浮遊選鉱法の著しい発達によって製錬処理鉱石の大部分が浮選精鉱となった現在では熔鉱炉法そのものの諸種の欠陥が指摘されるようになった。」としている。さらに、「即ち、大量の粉鉱を団鉱又は焼結によって之を塊状にする必要があるが、粉鉱の団鉱は極めて不完全で熔鉱炉装入物としては不適當である」としている。

#### 〔熱収改善の必要性〕

同案内書では、次に「焼結の場合は鉱石中に含有される硫黄の大部分が失われる。又炉の構造上炉内に於いて鉱石より遊離する硫黄は不燃焼のままガスと共に炉外に排出され」、「このため鉱石そのものは多量の熱源を保有しながらも、之を十分に利用出来ず、コークス、石炭等の多量の補助燃料を必要とする」として、熔鉱炉法の熱収支の不利益性を指摘し、その改善の必要性を述べている。

#### 〔亜硫酸ガス回収の問題〕

さらに、「又装入物が塊状であるため空気との接触面積が比較的小さいのみならず、冷風を用いるため炉の反応速度が遅く過剰の空気が混入する」ことにより、「排ガス中の亜硫酸ガスの濃度が低下して排煙の利用が困難であり」として、排ガスからの亜硫酸ガスの回収の上からも熔鉱炉法は不適當な鉱石熔解法であると断定している。

#### 〔新方式銅製錬への取り組み〕

上のような数々の条件に加え、昭和16年9月に新設された熔鉱炉を一旦停止した後、昭和21年に再稼動したが、操業メンバーの不慣れほかで生産が上がらず、足尾製錬所では熔鉱炉法に代わる新しい銅製錬法の導入に取り組む必要性が出されていた（文献17 P21）。

そこで、粉鉱処理の簡単化・煙害の絶滅・安全確実・清潔低コスト操業の達成を目的として、日光発電所の電力を利用することができる、電気炉を主体とする製錬設備への転換を目的とする技術検討に入った（昭和24年中頃）。

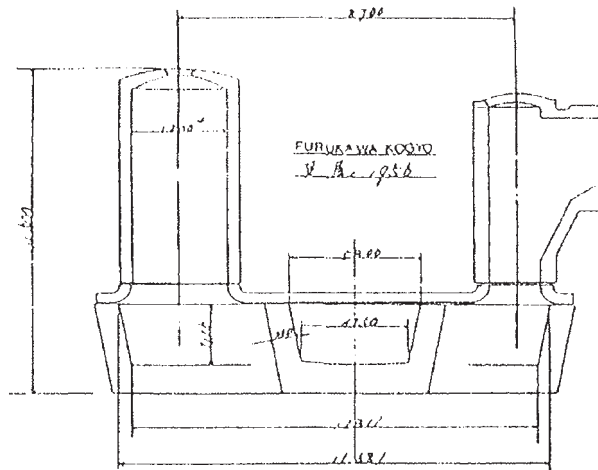
そのため、電気炉製錬に関する経験の豊富な、フィンランド国オートクンプ社に照会したが、「同社では既に電気製錬を止めており、代わりに自熔製錬が満足すべき結果で実施されていることを知り、昭和27年末に岡添徳助が現地の実情を視察し、自熔製錬法の採用を可とする結論に達した（文献3 P691）。

#### 〔自熔製錬法の特徴〕

上のような事情で導入された自熔製錬法の特徴を、「自熔製錬法は粉鉱処理を目的とし、鉱石自体に含有される硫黄と鉄の酸化熱を高度に利用して無燃料操業を原則とする新製錬方式であり」、「コークス、石炭等の補助燃料又は電力が不要で」、「鉱石が閉ざされた自熔炉内で焙焼と熔錬が瞬間的に行なわれ過剰空気が混入しないため、排ガス中の亜硫酸ガス濃度が高く

(13~15%) 且つ安定し、之を100%回収できるため硫酸製造に極めて有利で」あったとしている(文献2 P20)。

第11図に第1号自熔炉の図面を示す(文献10 P160)。



第11図 第1号自熔炉外形図(昭和31年)

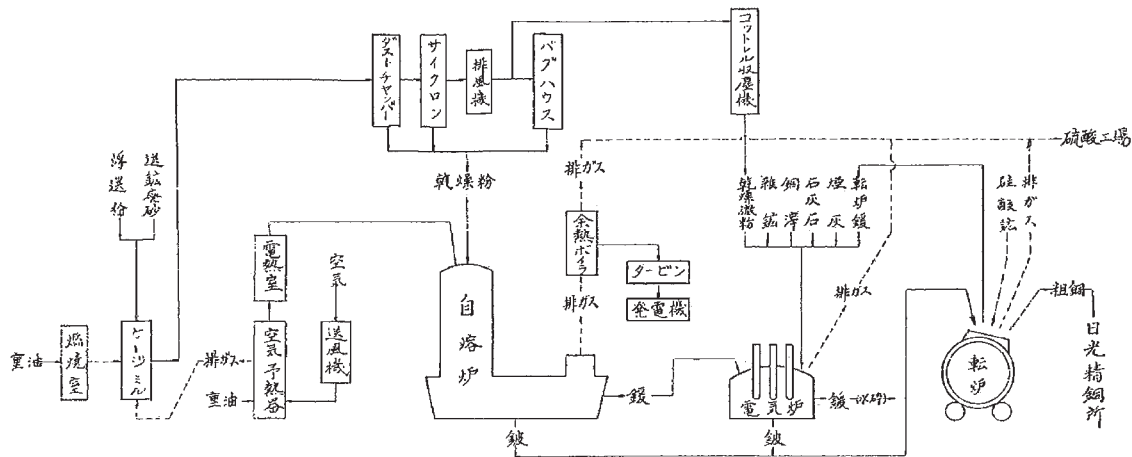
〔排ガス処理〕

同じく、上のようなことで自熔製錬法を取り入れたことにより、排ガス中の亜硫酸ガス濃度を極めて高くすることが可能となり、加えて前節で述べたような多段電気集塵法の採用により(排ガス加湿調整等含む)、初めて銅製錬排ガスからの硫酸製造が可能となってきた。

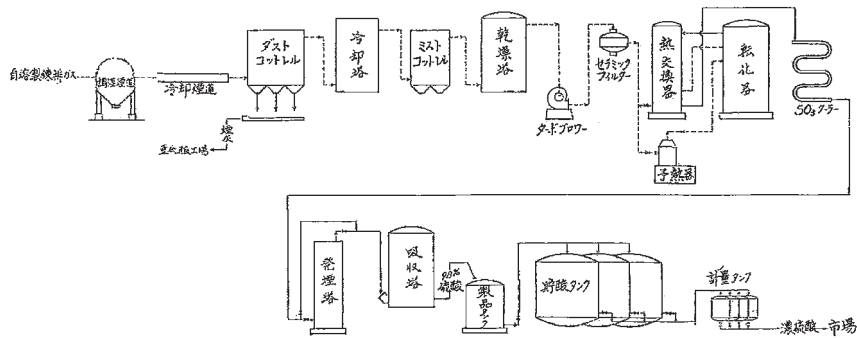
そこで古河は、アメリカ・モンサント社より触媒3パス法硫酸製造技術を導入し、全量製錬排ガスからの濃硫酸の製造を開始した(文献4 P xv)。

このように自熔製錬技術の完成により、亜硫酸ガスを含む製錬排ガスの大気放出と拡散が防止され、製錬排ガスから容易に濃硫酸を製造することが可能となり、ここにおいて銅製錬排ガスによる環境汚染を完全に停止させる技術の完成をみることとなった。

第12図に自熔製錬設備の系統図を、第13図にその排ガス無公害化処理を可能ならしめた、硫酸工場の系統図を示す(文献3 P684)。



第12図 自熔製錬系統図

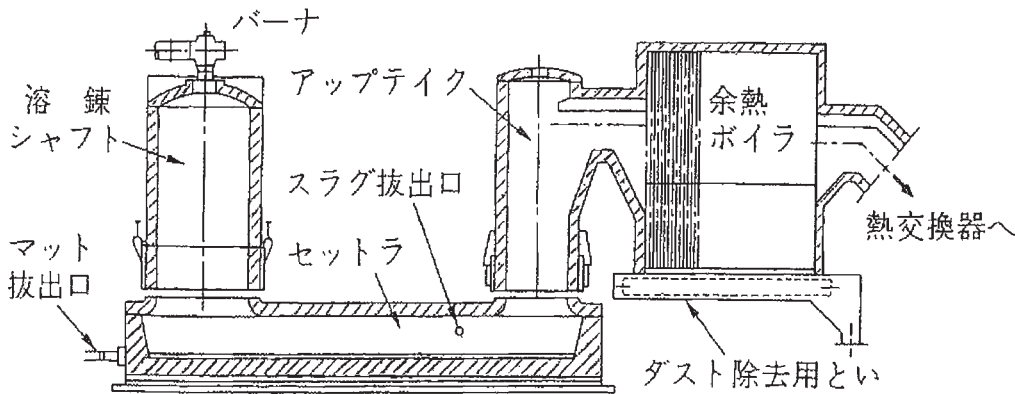


第13図 硫酸工場系統図

〔自熔炉の操業概要〕

自熔炉では、高度に分散された精鉱微粒子が、1300℃の雰囲気中を懸垂状態で落下しながら瞬時に酸化熔錬されていく。そのため熱効率が高く、鉱石成分によっては無燃料で操業することができる。つまり、精鉱が含有する鉄と硫黄の酸化反応熱により鉱石が自ら熔けることができるので、自熔炉と呼ばれるようになったとのことである。

第14図に自熔炉の概念を示す(文献15 P22)。



第14図 自熔炉概念図

自熔炉は第14図に示すように、鉱石の酸化反応を行なう反応シャフト(リアクションシャフト・熔錬シャフト)と呼ばれる燃焼反応塔と、熔体であるマットとスラグを保持して分離するセッター、排ガス出口である立ち上がり煙道のアップテイク、および付帯設備である廃熱ボイラと電気錬鍍炉から構成される。

第12図に示す、ケージミル式気流乾燥装置により、水分0.3%以下に乾燥された銅精鉱は、反応シャフト頂部から高温熱風および酸素と共に精鉱バーナによって炉内へ吹き込まれる。

精鉱粒子は気流中に均一に分散浮遊し、雰囲気温度で容易に着火し、酸化反応が瞬時に完了する。この反応熱により炉内は高温に保たれ、着火・酸化反応が連続的に行なわれる。

熔融した精鉱粒子はセッター内に沈降し、比重差により熔けたマットとスラグに分離される。通常の自熔炉操業では、マット中の銅成分を50～60%にとどめ、次の転炉工程に送ってさらに製錬している。マット中の銅品位を上げると、スラグ中への銅損失(逃げ銅)が多くな

るからであるといわれている。

自熔炉から出たスラグは電気鍊鋅炉に送られ、フラックスとコークスが添加され、さらに脱銅処理を受けた後に抜き出され、水砕されてセメント原料などとして販売されている。また、排ガスの有するエネルギーは廃熱ボイラで高温水蒸気として回収し、これを空気予熱またはタービン発電に利用する。

当初足尾に導入された自熔炉は、その後幾多の改良が加えられていった。その代表的なものは、銅精鉱の調合方式の開発・大型気流乾燥装置の開発・反応シャフトの高さの変更・精鉱反応用高温熱風の使用・複数精鉱バーナの採用・耐熱シャフト立体冷却方式の開発・セトラー特殊天井およびシャフト接合部など炉体構造の改善・廃熱ボイラの位置と大きさ構造変更によるダストトラブルの解消・電気鍊鋅炉操業の改善・超高濃度酸素富化操業などである(何れも足尾製鍊所が日本で最初に行なった)。

これらの改善により、国内の産銅各社に納入する炉の大型化と高効率操業が可能となり、生産量の増加・プロセス総熱量の減少・ダストトラブルの減少・環境対策の向上など、格段のメリットをもたらした。そのようなことで、日本の産銅業界における自熔製鍊技術発展に対し、足尾銅山の功績は非常に大きいといわれている。

この項の説明は、文献5「金属」別冊(1986年9月号)より抜粋転用させていただいた。

### 3. 自熔製鍊技術の改良と普及

一部再述すると、足尾銅山では明治以来熔鉱炉法による銅製鍊を行ってきたが、排ガス公害防止的の観点からは十分ではなかった。浮遊選鉱技術の発達により、粉鉱が圧倒的に多くなってきたことや、鉱石中の硫黄や鉄の発熱を有効利用することの必要性から、新方式の銅鉱熔解手段を模索していた時代であった。

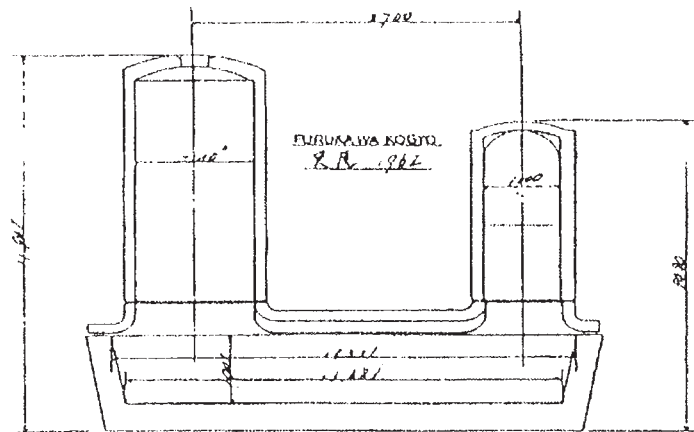
そのため、昭和29年に自熔炉導入を検討し、同31年3月15日には完成した自熔炉に火入れ式を行い、同3月17日に鉱石を装入し試験操業を開始し、同年7月31日に竣工式を行なった。

様々な試行錯誤を経て、昭和36年転炉の大型化が完成した後、同年3月にオートクンプ社設計の第1号自熔炉の解体を行い、同年7月直ちに古河独自設計の第2号自熔炉の建設を開始した。ここにおいて、自熔製鍊技術は古河独自のものとなり、完全無公害の銅製鍊技術が日本で初めて確立された(文献16 P17~22 同P28~34)。

ついに第2号自熔炉(新自熔炉)が昭和37年5月に完成した。同時に、新鍊鋅炉と新気流乾燥設備(30トン)が完成した。諸調整工事を経、同年8月になって新自熔炉への鉱石装入を開始した。なおこの間の詳細な経過は、足尾銅山跡調査報告書(平成20年)を参照願いたい(文献17 P21~29)。

次に、第15図に第2号自熔炉の外形を示す(文献10 P160)。当第2号自熔炉は、古河・足尾銅山で開発された独自技術が数多く盛り込まれており、自前技術の自熔炉であるという意味を含め、この自熔炉以降は古河・オートクンプ式自熔炉(自熔製鍊技術)あるいは古河式自熔炉、さらには足尾式自熔炉と称することが日本国内で定着していった。

その後、古河・オートクンプ式自熔製鍊法の優位性が認識されるに従い、日本国内産銅6社の内の、三菱金属鉱業を除く産銅5社が技術導入することとなった(古河鉱業足尾製鍊所を含む)。



第15図 古河鋳業 足尾製錬所 古河・オートクンプ式自熔炉 (昭和37年)

具体的には、「この間当社が導入した自熔製錬法は、導入技術に当社が長年にわたり涵養した技術を注入してさらに改良を加え、古河式自熔製錬法として完成させたものである。そして、この実績が評価され、とくに昭和40年代にはいって、製錬設備増強と鉱害問題への対応を迫られた業界大手の産銅会社は、ひとしく自熔製錬法の利点に着目し、・・・」として、以下の(B)から(G)までの自熔製錬設備建設の経緯を詳しく紹介している(文献1 P604・P652)。

合わせて、「この建設に当って、オートクンプ社の要請を受けた当社は、同社にかわって設計・建設・操業指導の全分野を担当し、大きな成功をおさめた。」として、それらの自熔製錬設備建設は全て古河鋳業足尾製錬所の主導により行なわれたことを述べている(文献1 P652)。

#### (A) 古河鋳業足尾製錬所(古河・オートクンプ式自熔炉の発祥)

昭和37年に足尾製錬所に、新自熔製錬設備(精鉱乾燥能力30トン/時間・装入量20トン/時間=乾燥能力の1/1.5・以降の数値も全て精鉱乾燥能力基準)を建設した。

この新製錬設備の建設と操業成功をもって、古河・オートクンプ式自熔炉又は足尾式自熔炉の発祥とする考えが定着していった。

#### (B) 同和鋳業小坂製錬所

次に、同和鋳業小坂製錬所に昭和42年、早くも古河式自熔製錬設備を外販納入した(能力は、足尾製錬新自熔炉の1.5倍の30トン/時間：精鉱乾燥能力45トン/時間)。

#### (C) 日本鋳業佐賀関製錬所 I 期

第3番目は、日本鋳業佐賀関製錬所に納入した。かなり大型の自熔炉を早くも昭和45年に納入したことになる(能力は足尾の3倍弱：精鉱装入量55トン/時間)。

#### (D) 住友金属鉱山東予製錬所

第4番目は、昭和46年に住友金属鉱山東予製錬所に向けて納入した。精鉱装入量40トン/時間(足尾の2倍)である。

(E) 日比共同製錬玉野製錬所(自電炉)

第5番目は、日比共同製錬玉野製錬所であり、昭和47年に納入した。その規模は、精鉱装入量で40トン/時間(住友東予と同規模)の自電炉方式である。自電炉とは、自熔炉と電気錬鋅炉が一体となった新方式の熔錬炉である。

(F) 日本鉱業日立製錬所

第6番目として、日本鉱業日立製錬所に向けて昭和47年に精鉱装入量45トン/時間の自熔炉を納入した。

これだけ大規模な製造設備を、同じ会社(ユーザー)が同じ会社(メーカー)から買い付けることなど、通常の間接ではあり得ない。古河の技術陣が相手側から絶大な信頼を勝ち得ていた証拠ではないかと考える。

(G) 日本鉱業佐賀関製錬所Ⅱ期

第7番目は日本鉱業佐賀関製錬所第二設備で、昭和45年に納入した自熔炉と全く同規模の自熔炉(精鉱装入能力55トン/時間)を納入した(昭和48年)。

上の項でも述べたが、当時の製錬業界にあって客先がこのような選択をしたことは、古河の技術に対して驚くべき高さの信頼性を持っていた結果であると考えられる。

(H) 住友金属鉱山經由中国貴溪製錬所

第8番目は中国貴溪製錬所で、昭和55年に住友金属鉱山社を經由して、精鉱装入能力47トン/時間の自熔炉(住友東予規模の7トン増し)を納入した。



(南東から北西方向を見る)



(南西から北東方向を見る)

写真8 PASARの自電炉棟(左)と気流乾燥設備遠景(右)

1982年 筆者が撮影



(I) 丸紅經由比国PASAR社レイテ島製錬所(自電炉)

第9番目の納入は、フィリピン国PASAR社(PHILIPPINE ASSOCIATED SMELTING AND REFINING CORP.)で、昭和56年に精鉱装入能力60トン/時間(玉野の1.5倍)の自電炉と気流乾燥設備(精鉱乾燥能力90トン/時間)、および気流乾燥・自電炉・転炉の各排ガス処理用電気集塵装置(合計乾式EP6基)を、レイテ島にある同社の製錬所に納入した。

(J) メキシコ国MDC社ラカリダド製錬所

第10番目の納入実績は、メキシコ国ソノラ州のMDC(MEXICANA DE COBRE SA.)社LA CARIDAD製錬所に、自熔炉建設におけるエンジニアリング業務で協力している(精鉱乾燥能力110トン/時間)。気流乾燥設備はハード装置も納入した(昭和56年)。

(K) トルコ国KBI社サムスン製錬所

最後となるが、第11番目の自熔炉はトルコ国KBI(BLACK SEA COPPER WORKS CORP.)社SAMSUN製錬所向けとして、精鉱乾燥能力60トン/時間の自熔炉建設エンジニアリング業務を行った(平成元年)。

#### 4. 考察

これまで述べたように、足尾銅山銅製錬事業の拡大に伴い、足尾周辺と渡良瀬川下流域で大きな公害問題が発生した。

その被害を与えた原因物質は、選鉱作業や製錬過程から出された滓(かす)に含まれた重金属含有物質、及び製錬排ガスからの降下煤塵であり、度重なる洪水により渡良瀬川に流出した。

その洪水の原因は、製錬排ガス中の亜硫酸ガスの拡散による樹木の傷みと、木々の過剰伐採や山火事による周辺山林の疲弊で足尾の山々が禿山同然となってしまったことがあげられる。

では、何故旧来の銅製錬法では亜硫酸ガスが放出され続けたのか、同じく自熔製錬法を導入した結果いかなる理由でその公害が解消されるようになったのか。

この点では筆者も大きな疑問を感じていたところであった。そのため、環境設備分野・排ガス処理部門・電気集塵装置・その機械技術者というキーワード範疇にある筆者は、金属製錬分野の技術者ではない観点から今回の一連の解析を試みた。

その結果、以下のようなことが明らかになったと考える。

- (1) 銅製錬プロセスに熔鉱炉法が導入される前は、小規模な製錬工程の組み合わせであり、排ガスの一元管理が不可能であった。また、当時は排ガスを無害化する技術はもとより、そうした概念が確立されていなかった。
- (2) 銅製錬に熔鉱炉法が取り入れられても、濃度的に希薄な亜硫酸ガスを固定する方法が完成されていなかった。同じく、製錬排ガス中の煤塵の捕集をする技術(集塵)も確立されていなかった。
- (3) その後電気集塵法が発明され、煤塵の高度捕集技術は確立されてきたが、熔鉱炉法は石炭やコークスといった外部燃料を大量に使用するので排ガス中の亜硫酸ガス濃度を高く

することができなかった。そのため、全製錬排ガスを硫酸製造に結び付けることはできなかった。

- (4) 国内銅鉱山から採集される鉱石が、量的に乏しくかつ次第に低品位となり、浮遊選鉱による粉鉱製錬が主体となってきた。その結果前処理工程(団鉱化・焼結鉱化)の占める割合が大きくなり、粉鉱を直接製錬できる技術が求められるようになってきた。
- (5) 足尾製錬所が、フィンランド国オートクンプ社から真っ先に自熔製錬法を導入し、これを日本の実情に合わせつつブラッシュアップした結果、鉱石中の硫黄や鉄分の燃焼熱だけで銅製錬工程の熱収支を完結させることができるようになった。
- (6) その結果、製錬排ガス中の亜硫酸ガス濃度が格段に高くなり、ここに至って初めて硫酸製造プラントとの完全合体が可能となった。その陰には、硫酸製造を阻害する亜硫酸ほかの重金属フューム類を高度に除去する操作を可能とした、電気集塵技術の発明とその進歩という側面的技術の貢献が大きかったことは勿論である。
- (7) 国内化学工業分野が多量の硫酸を必要としたので、銅製錬工程でのバイプロダクトとしての硫酸の製造が強く求められるようになり、製錬排ガスからの濃硫酸製造が急速に普及した。

筆者のように、関連分野の技術に長く携わっていると、技術の躍進とそのステップアップのためには、種々の周辺技術の進歩が伴わなければならないということが良く分かる。

即ち、明治時代の中ごろにあって、製錬排ガス中に石灰粉を溶かした水(ミルク・白濁状の液体)を分散させて亜硫酸ガスを吸収させようと意図しても、その中和用のアルカリ性液体を微粒化するための高圧にする技術(高性能スラリーポンプ)、その高圧水をガス中に最適な状態で分散させる技術(高性能二流体ノズルや大規模コンプレッサーの存在)、排ガスの状態量(ガス量・温度・亜硫酸ガス濃度・水分濃度ほか)を正確に測定する技術(排ガス分析・計装システムの確立)、それらの諸量を瞬時に演算して液体の噴霧量を的確に制御するシステム(通常はマイクロコンピュータを使用する)ほかの高度な技術などの組み合わせを無くしては、排ガスの無害化達成には程遠い。

このような観点からも、当時の技術水準で亜硫酸ガスの排出を停止することは、事実上不可能であったと言わざるをえないと考える。

上記は当該会社の社員として過去の出来事の言い訳をしているわけではない。歴史的な事実を踏まえつつ技術的な解析を行なって演繹した結果であると考えている。

## 5. おわりに

金属学的にみると、銅製錬技術の中身は現在も大発展を遂げているという。自熔製錬技術においても、高濃度酸素富化操業により、更に排ガス量を減少させることが可能となり、後段の硫酸製造工場も非常にコンパクトになってきていると聞く。

その銅製錬現場では、通常の操業を続ける限り非鉄金属製錬所は無公害であることが当然視されている。しかしながら、製錬排ガス中の煤塵は辛うじて捕集していたとはいえ、僅か半世紀余前には、一部製錬設備(転炉など)の排ガスを除き、亜硫酸ガスに関しては無害化処理が

不十分なまま大気中に放散させざるをえなかった。

そのような情勢下、古河鋳業がフィンランド国オートクンプ社から自熔製錬技術を導入し、製銅コストの低減をはかりつつ完全無公害プラントへと技術を高めていった。

では、その自熔製錬設備（自熔炉）が導入される前の銅製錬技術はどうであったのか、何故自熔製錬法に切り替えたら亜硫酸ガス公害が出なくなったのか、それ以前にも硫酸製造工業が存在したにも関わらず何故銅製錬プラントに組み込むことができなかつたのか、などということに関する疑問がふつふつと生じたものであった。

そのような中、足尾製錬所技術者であった猪俣一郎さん（故人）の書かれた、「足尾銅山に於ける鋳煙処理の推移と各種銅製錬法全排ガスからの接触硫酸製造」という私家版技術図書（その後猪俣二平氏復刻出版）に出会い、それを改めて読み進める内に感じることもあり、今回の技術解析を行うこととした。

そのようにして銅製錬の変遷に関する解析を始めてみると、僅か100年前から現在に至る銅製錬技術の変遷、特に排ガス処理の観点で見た技術の進歩に関して述べている文書は非常に少なく、初心者には手に余るほどであった。

このような中での執筆であったので、足尾銅山に関して詳しい村上安正さん、硫酸製造技術ほかに関して詳しい猪俣二平さんには多くの点で教えていただいた。製錬技術に関しては、筆者の詳しくないところを斎藤雅典さんに補っていただいた。

また貴重な古い写真に関しては、小野崎写真館・小野崎一徳さん（故人）の子孫である、小野崎敏さんが保管するライブラリーからの転載を快諾して下さった。

その間に、実際の自熔炉の設計に携わった、元小山工場社員の安達豊さんと関口勝雄さんに、銅製錬設備としての自熔炉と付帯設備に関する考えほかをお聞きした。

このように多大なご協力を惜しまなかつた諸先輩方に感謝しつつ、かつ記載が不十分であったことをお詫びしつつ当稿を結びたいと考える。

## 付記 図面・表・写真の初出頁

### 〔図面〕

- (P3) 第1図 鉞(カワ)を熔解しているところ
- (P4) 第2図 1949年 オートクンプハルヤバルタの自熔炉
- (P5) 第3図 明治前期までの粗銅生産炉
- (P6) 第4図 銅製錬法の変遷
- (P7) 第5図 水套式角型熔鋳炉の例
- (P8) 第6図 鋳石・コークス装入の例
- (P10) 第7図 明治30年代の製錬操業方法
- (P13) 第8図 明治43年当時の製錬操業方法
- (P15) 第9図 希釈法設計図
- (P21) 第10図 足尾鋳業所系統図
- (P24) 第11図 第1号自熔炉外形図(昭和31年)
- 第12図 自熔製錬系統図

- (P25) 第13図 硫酸工場系統図  
第14図 自熔炉概念図  
(P27) 第15図 古河鋳業 足尾製錬所 古河・オートクランプ式自熔炉(昭和37年)

〔表〕

- (P9) 第1表 足尾銅山の産銅量  
(P12) 第2表 脱硫塔の成績とガス条件  
(P16) 第3表 希釈鋳煙  
(P20) 第4表 半期平均ガス分析表  
(P22) 第5表 操業開始来の製錬所粗銅生産量

〔写真〕

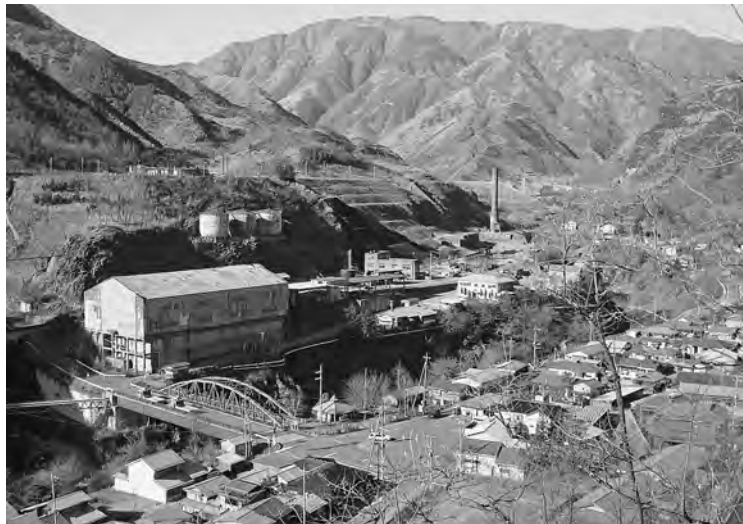
- (P7) 写真1 水套式熔鋳炉(明治23年)  
(P12) 写真2 脱硫塔全景  
(P16) 写真3 希釈法操業風景  
(P17) 写真4 金属鋳業研究所の足尾鋳煙による、電気集塵法の試験  
(P18) 写真5 コットレル氏(中央)が訪問見学時の写真  
(P19) 写真6 電気集塵を行なっていない排ガス(昭和2年2月6日)  
写真7 電気集塵を行なっている排ガス(日付、同前)  
(P28) 写真8 PASARの自電炉棟(左)と気流乾燥設備遠景(右)

参考文献

— 古河関係以外はほぼ本文現出順 —

- 1) 創業100年史  
古河鋳業株式会社(1976年)
- 2) 足尾鋳業所概要  
古河鋳業株式会社足尾鋳業所(1955年)
- 3) 日本鋳業会誌  
足尾製錬所の自熔製錬(1956年12月号) P691 岡添徳助
- 4) 足尾銅山に於ける鋳煙処理の推移と各種銅製錬法全排ガスからの接触硫酸製造  
猪俣一郎(1966年) 猪俣二平 平成16年11月復刻
- 5) 自熔炉  
金属誌 別冊(1986年9月号) P66 高松剛毅・藤井 治・島 政雄・渡辺泰史
- 6) 足尾銅山史  
随想舎(2006年) 村上安正
- 7) 小野崎一徳写真帳 足尾銅山  
新樹社(2006年) 小野崎 敏
- 8) 鋳毒に消された谷中村  
随想社(2008年) 塙 和也
- 9) 銅のおはなし  
日本企画協会(1874年) 仲田進一
- 10) 非鉄金属製錬技術の伝承の調査研究 成果報告書  
独立行政法人 日本技術振興会(2005年) 素材プロセッシング第69委員会
- 11) 考古学と金属生産 —遺跡調査の指針—  
クオリ コインボックス<20>(年不明) 葉賀七三男

- 12) 日本産銅業史  
東京大学出版会(1987年) 武田晴人
- 13) 金銀銅採鉱冶金学  
修教社書院(1934年) 小浪 博
- 14) 日本鉱業発達史 上巻  
鉱山懇話会 編・刊(1932年)
- 15) 技術の系統化調査報告  
VOLUME 6 MARCH 2006 国立科学博物館  
銅製錬技術の系統調査(2006年) 酒匂幸男
- 16) 村尾と自溶製錬(上・下)  
鉱山(1988年5・6月号) 秋吉 真
- 17) 日光市文化財調査報告第1集  
足尾銅山跡調査報告書(平成20年) 日光市教育委員会



現在の足尾製錬所（平成 22 年）

# 足尾銅山の廃水処理対策の変遷に関する研究

## － 浄水施設を中心に －

青木達也・永井護

### 1. はじめに

これまでに、土木学会による近代土木遺産の調査<sup>1),2)</sup>、文化庁記念物課による近代遺跡調査<sup>3)</sup>、文化庁補助で全国的に行われた近代化遺産(建造物等)総合調査<sup>4)</sup>、建築学会による日本近代建築物のリスト化<sup>5)</sup>など、地域に現存する遺構の掘り起こしが進められてきた。近年ではこれらの遺構を活用したまちづくりが積極的に進められようとしている。次のステップとしては、これら遺構は地域が有する特有の歴史を語る証として機能し、それら歴史を彩る要素となることが求められている<sup>6),7)</sup>。また、遺構の歴史的な経緯を整理することで、未だ地域に埋没しているであろう遺構に対し光が当てられることも期待されている<sup>8)</sup>。そのため、遺構の技術的高さや、様式などの意匠の素晴らしさのみならず、最近では経済産業省による近代産業遺産群33など<sup>9),10)</sup>にも見られるように、地域の特有な歴史と遺構との関係づけも重要視されてきている。

日光市足尾町においては、近代において急速な発展を遂げた産銅業の歴史やそれにより培われた文化を今後のまちづくりに活かそうと、町内に現存する遺構をリスト化し取りまとめてきた。リスト化された個々の遺構はその規模や年代、珍しさなどの情報を伴い粗方整理されたと言える。今後、町の資源として活用されるために、これらの遺構は、足尾銅山が有するどのような歴史的側面を語り得るものであるのか、また、地域の成り立ちにおいてどのような役割を担ったのかなど、地域史的な観点からの特徴付けがなされていくことが望まれている。

### 2. 研究の目的・構成・位置づけ

#### (1) 研究の目的・構成

本研究は足尾銅山の鉱害対策の歴史を物語る一つである廃水処理システムに関する遺構、特に浄水施設に着目し、それらの施設と足尾銅山の歴史と変遷を整理することで、これら遺構が担った役割やシステムの有する特徴を明確にすることを目的としている。

以降の構成は次のとおりである。3章において、第五回予防命令に至るまでの原因の認識と水処理対策の変遷を整理し、続いて4章で浄水施設の有する特徴を水処理のネットワークおよび施設の変遷、配置、選鉱技術との関連や他鉱山の廃水処理施設との比較、水質の変化等の観点から整理する。5章において、以上から得られた特徴より、足尾の廃水処理対策に関する知見をまとめ、その後、今後の課題を論じる。

#### (2) 既存研究と研究の位置づけ

既往の研究については、歴史の把握や整理から、産業や土木遺産が有する特徴を解釈したもの<sup>11)-13)</sup>がある。また、足尾の鉱毒水問題を扱ったものは多数あり、被害民、政府、古河の動きを論じているもの<sup>14)-20)</sup>がある。前者については遺産を特徴づける際の歴史として未だ公害史が扱われておらず、後者については、鉱害の発生に関して、その被害や対応、制度などの経

緯を論じたものであるが、対応のために導入された技術や建造物などの特徴をつぶさに見るものではない。特に小風ら<sup>21)</sup>との比較についていえば、それは第三回予防命令で出された対策について、日本の公害史上の観点からその命令自体の意味を論じているが、建造された施設のその後の経緯、および、足尾における産銅業との関連を詳しく論じているものではない。本研究は、鉱毒の原因の特定に至るまでの経緯とその後の施設の変遷を整理することで、足尾の産銅業との結び付きを明らかにし、施設の有する特徴を論じようとするものである。なお、扱う情報としては、これまでの既存の史料<sup>22)-34)</sup>の中で示されたものの他に、古河の社内文書<sup>35)-42)</sup>の調査から、このたび新たに発見できた情報<sup>43)</sup>を加えている点が異なる点である。

### 3. 第五回予防命令に至るまでの原因の認識と水処理対策の変遷

#### (1) 予防工事命令以前の原因の認識と廃水処理対策

1890年(明治23年)8月に起きた洪水が大きなきっかけとなり、渡良瀬川下流域の農民たちから被害に対する請願書が栃木県に、足尾銅山の鉱業中止の申告が農商務省大臣に出された<sup>44)</sup>。さらに1891年(明治24年)12月の第二回帝国議会において、田中正造から同問題についての質問がなされ<sup>45)</sup>、以前より報告されていた鉱毒問題はさらに大きな社会問題となった。その後、被害民と古河の間に栃木県や郡役場などが仲裁に入り、1892年(明治25年)8月に藤岡町、野木村、部屋村、生井村と足尾銅山の鉱業主である古河市兵衛との間に示談契約が結ばれ、古河は示談金の支払、洪水対策、廃水処理対策を行うこととなった<sup>46)</sup>。廃水処理対策については、この間の同年5月において、古河市兵衛は鉱山局長である和田維四郎に対して、今後の予防策として鉱滓中の銅分<sup>47)</sup>を採減すること、そのために米独の両国から粉末銅採集機(選鉱過程での一作業である洗鉱の際に流出する銅を採取する機器)を購入することを示し、1893年と1894年(明治26年と明27年)に渡り本山と小滝に導入、さらに沈澱池を各選鉱所に設けた。また、群馬県の持矢場の両堰水門と粉鉱の流入の虞のある場所にも沈澱場が設置された<sup>48)</sup>。これらのことから、当初は鉱毒水の原因は選鉱過程での廃水にあるものだと認識がなされており、その毒を回収する手段が対策として打たれたものと考えられる。

#### (2) 第一回および第二回予防工事命令時における原因の認識と廃水処理対策

1896年(明治29年)9月に発生した洪水は近年稀にみる大洪水となり、渡良瀬川下流域では破堤氾濫により村々の農作地は洪水被害を受け、先に述べた1890年(明治23年)8月の洪水以上の被害がもたらされた。これにより鉱毒問題は再燃し、堤防の改良、足尾銅山の鉱業停止、租税の減免の請願が被害民から政府に出された<sup>49)</sup>。事態を重く見た明治政府は、対応を農商務省に指示、同省は1896年(明治29年)12月22日に足尾銅山特別調査委員を任命、鉱毒の原因探求と今後の対策を検討するため、足尾に調査に向かわせた。その報告において、将来において適当な(鉱毒予防に対する)方法を実施すれば、被害が拡大しないであろうとの見解がなされ、足尾銅山の鉱業を停止する必要はないとしながら、同年同月の25日にその予防方法が提言された<sup>50)</sup>。農商務省はこれを受け、東京鉱山監督署長に内訓し、同監督署は即日、第一回予防命令を古河市兵衛に対して発した。その要旨は、選鉱所の廃水中に含有されている粉鉱と土砂、さらに同じく選鉱廃水と坑水(坑内からの排水)中の可溶性銅鉄塩類および遊離酸



類、そして鍍、捨石、及び先砂の流出を防ぐことであった<sup>51)</sup>。このことから、示談時と比べると鉍毒の原因は銅成分や酸であると認識が広がったことがわかる。また、廃水処理対策としても選鉍廃水、坑水へと扱う対象が増え、鉄片を用いた装置による還元や石灰と反応させ沈澱させることなどが行われた（沈澱池に石灰乳を投入する試みはすでに明治28年12月の東京鉍山監督署からの命令で行われたとされている<sup>52)</sup>）。さらに水以外の廃棄物ではあるが、鍍、捨石、先砂などの処理も鉍毒問題解決のために求められた。なお、第二回予防命令は1897年（明治30年）5月13日に出されるが、これは第一回予防命令の内容を古河に徹底させるために出されたものであり、鉍毒の原因や廃水処理についての認識や対策に特段の違いは見られないといえる<sup>53)</sup>。

### （3）第三回予防命令時における原因の認識と廃水処理対策

農商務省により組織された足尾銅山特別調査委員とは別に、政府は1897年（明治30年）4月に内閣の直下に足尾銅山鉍毒事件調査委員会（以降、鉍毒調査会（第一次）と記す）を組織した。

同委員の渡邊渡と細井岩彌による報告では、

図-1に示すように鉍毒の原因が産銅の作業過程（採鉍、選鉍、製錬）ごと、そして理学的状態（固体、液体、気体）ごとに整理され、さらにそれらの原因が含有する成分が細かく示された。また、先に述べた鉄片による還元、粉末銅鉍採集機、それぞれの選鉍所近辺に設けた沈澱池が対策として十分に機能しなかったことが示された<sup>55)</sup>。鉍毒の原因物質を詳細に解明するとともに、これまでとられてきた対策が十分でなかったことを明らかにしている。そして、同じく委員の小寺房次郎の報告では、坑水や洗鉍後の廃水の成分などの分析結果が示され、沈澱池の拡張とそこへの良質な石灰乳の投入が、廃水の処理に大きな効果をもたらすとの見通しが示された<sup>56)</sup>。

以上のことなども加味され、鉍毒調査会（第一次）による報告（意見）が内閣に提出された。そして1897年（明治30年）5月27日に第三回予防命令が東京鉍山監督署長から古河市兵衛宛に出された。これにおいて指示された廃水処理の方策は、本山坑（有木坑）および小滝坑からの坑水（その他旧坑から排出されていた坑水は現行の坑

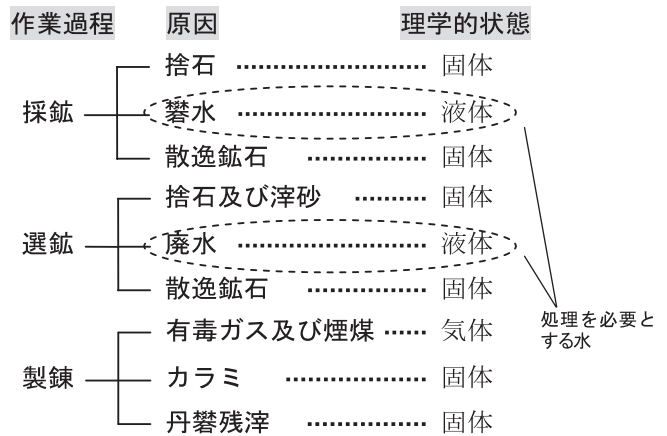


図-1 鉍毒の原因<sup>54)</sup>

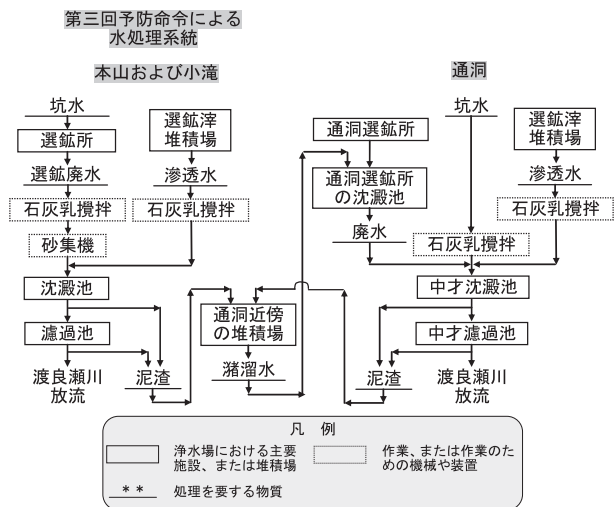


図-2 第三回予防命令による廃水処理の流れ<sup>58)</sup>

道に落とし、坑口から排出後）は選鉱用に供し、石灰乳と攪拌した後、砂集器を通過させ沈澱池に導くこと、通洞の坑水は石灰乳と攪拌させ中才沈澱池に導くこと、通洞選鉱所の沈澱池からの廃水は中才沈澱池に導き再び沈澱させること、本山、小滝、通洞における従来の選鉱滓堆積場からの滲透水は各沈澱池（間藤、小滝、中才の沈澱池）に導くこと、各沈澱池および濾過池より出される泥渣は通洞近傍の指定の堆積場に堆積すること、また、そこからの溜溜水は通洞選鉱所の沈澱池に導くことであった<sup>57)</sup>（図-2参照）。そして古河は方策に従い、本山、通洞、小滝のそれぞれにおいて、沈澱池、濾過池を主要施設として備えた浄水場を整備した（表-1および図-3参照）。

#### （4）第四回および第五回予防命令にかけての廃水処理対策

第三回予防命令による工事の後、鉱毒の予防をより徹底させるため、1901年（明治34年）4月26日には第四回予防命令が出され、石灰乳の加え方や、沈澱池や濾過池の掃除方法などが規定された（「水煙掛規定」と「水煙処理規定」の制定<sup>61)</sup>。1903年（明治36年）7月21日には第五回予防命令が出され、本山においては、本口坑（本山坑口地並よりも上にある坑道）からの坑水を本山坑の坑道に落として、本山坑からの坑水とともに処理を行うこと、また、京子内堆積場や本口坑澤からの滲透水を間藤沈澱池で処理することが指示された。小滝については、小滝坑口の位置を変更すること、文象澤大切坑口を除く各坑口を密閉すること、文蔵澤からの滲透水は小滝の沈澱池に導くことが指示された。通洞においては、中才の沈澱池および乾泥池の拡張が指示された<sup>62)</sup>。

表-1 第三回予防命令により建造された主な浄水施設<sup>59)</sup>

本山（間藤）			
浄水施設	平面(坪)	浄水施設	平面(坪)
第一号沈澱池	80.00	甲號 濾過地	135.00
第二号沈澱池	800.00	乙號 濾過地	135.00
第三号沈澱池	300.00		
第四号沈澱池	300.00		
第五号沈澱池	300.00		
合計	1,780.00	合計	270.00

小滝			
浄水施設	平面(坪)	浄水施設	平面(坪)
第一号沈澱池	96.00	甲號 濾過地	148.17
第二号沈澱池	275.74	乙號 濾過地	148.17
第三号沈澱池	341.17		
合計	712.91	合計	296.34

通洞（中才）			
浄水施設	平面(坪)	浄水施設	平面(坪)
第一号沈澱池	315.00	甲號 濾過地	210.00
第二号沈澱池	315.00	乙號 濾過地	210.00
第三号沈澱池	158.81	丙號 濾過地	194.25
第四号沈澱池	158.81	合計	614.25
第五号沈澱池	158.81		
第六号沈澱池	158.82		
合計	1,265.25		

上記各所には、堆積場への運搬中に泥渣が飛散しないよう、一旦乾燥させるための、500坪から800坪の泥渣乾燥場が作られていた。



図-3 主要産銅施設と浄水施設の位置<sup>60)</sup>

#### 4. 浄水施設の有する特徴の整理

##### (1) 廃水処理のネットワークおよび施設の変遷

第三回予防命令を受けての対策では、全山の有毒物質を含む廃水を処理するためのネットワークが形成されたこと、また、浄水施設については、沈澱池および濾過池から発生する泥渣を（堆積場への運搬の際、飛び散らないように）乾燥させるための乾泥池の建設は指示されていないが、古河は「乾泥場」と称して浄水場敷地内にその場を設けたこと、さらに、沈澱池や濾過池の規模は命令よりも370坪ほど広く作ったが、竣工の届出の際は、施設の規模については沈澱池と乾泥池のものを挙げるのみで乾泥場の規模を挙げてはいないこと<sup>63)</sup>（表-1参照）などが特徴として挙げられる。浄水施設の建造にあたっては、古河は命令事項に従い、これになるべく則るよう、大変注意を払っていたことがわかる。

第三回以降から第五回予防命令までの対策では、坑内の排水ネットワークに関しては、幾つかの坑口を塞ぎ、坑水の出口を纏めることで、坑内で坑水を集約させ、坑水が排出される坑口の数をなるべく少なくしようとしていること、また、坑外のネットワークに関しては、沢治いや堆積場からの滲透水の処理を沈澱池で処理するように明確に指示がされていること、これらのことから、鉱毒水をより厳密に集めようとしていたこと<sup>64)</sup>が挙げられる。

浄水施設については、前記の二つの規定の制定の他、間藤および小滝においても沈澱池の拡張および改修がみられること（表-2参照）、「乾泥池」が命令および報告文書の中で明記される

表-2 浄水施設の変遷<sup>65)</sup>

年	月	場所	事柄
1892年(M25) M26~M27?		間藤	選鉱場に粉末銅鉱採集機の取付および沈澱池の築造
		小滝	選鉱場に粉末銅鉱採集機の取付および沈澱池の築造
1897年(M30)		間藤	沈澱池及び濾過地の拡張
		小滝	沈澱池及び濾過地の拡張
		中才	通洞の沈澱池を廃止し、中才に沈澱池及び濾過池を新設
1898年(M31)	9月	小滝	沈澱池改築の許可を得る
1900年(M33)	12月	間藤	沈澱池増設
1901年(M34)	4月	小滝	旧沈澱池を濾過地に改修
1902年(M35)	6月	小滝	乾泥地改修
1907年(M40)	7月	間藤	濾過地1個増設
	11月	小滝	沈澱池において文象坑口以上の坑水を処理を開始
1908年(M41)	2月	間藤	本山坑水路改修
1908年(M41)	8月	中才	集砂池新設
	12月	間藤	本山第三選鉱場との隧道完成
1909年(M42)	2月	中才	中才集砂池2個新設
	2月	中才	通洞第二選鉱排水路改修
	9月	本山	脱硫酸排水路改修
1911年(M44)	7月	中才	通洞坑水路改修
	4月	切幹	沈澱池2個、制水池1個、濾過地3個を新設
	9月	間藤	沈澱池及び乾泥池を拡張
1912年(M45)	7月	小滝	小滝選鉱廃水処理変更
	7月	小滝	選鉱廃水を切幹の沈澱池において処理するための水路を新設
		間藤	本山第三選鉱場内から石灰攪拌器を移設
1913年(T2)	2月	間藤	沈澱池と濾過地の改良工事実施、先砂機の設置
	7月	中才	通洞の選鉱廃水を切幹沈澱池で処理することに変更、そのため中才集砂池を廃止、あわせて通洞発電所付近にあった石灰攪拌器を中才に移設
		小滝	石灰攪拌器を移設
	11月	間藤	下間藤に乾泥池増設
1914年(T3)	3月	本山	脱硫酸排水路変更
	5月	中才	沈澱池側にポンプを新設
		間藤	下間藤に乾泥池増設
1915年(T4)	4月	砂形	乾泥地4個増設
	7月	切幹	小滝坑水を切幹の沈澱池において処理を開始
	9月	間藤	第五号沈澱池を濾過地に変更
		本山	選鉱廃水路を改修
		小滝	小滝水梨沢間の滲透水路を改修
1916年(T5)	2月	中才	坑水隧道を改修
		中才	濾過地1個増設
	3月	通洞	選鉱廃水路を変更し足尾鉄道線路に沿って敷設
1917年(T6)	5月	小滝	切幹沈澱池修理のため滲透水が再び小滝沈澱池で処理される
	5月	本山	松木滲透水路新設
	5月	切幹	浸漙機新設
	6月	本山	選鉱廃水路改修
	10月	小滝	切幹間の水路を改修
1918年(T7)		中才	濾過池を1個増設
		通洞	有越澤の滲透水路を改修
	11月	切幹	小滝の坑水、滲透水が再び切幹の沈澱池にて処理される
		本山	高原木滲透水路および橋を改修
		通洞	通洞選鉱廃水路を中才の攪拌所より小滝廃水合流点まで変更
1919年(T8)	7月	砂形	砂形に濾過池を1個増設
1919年(T8)	7月	切幹	浸漙機を改修
1921年(T10)	3月	中才	沈澱池のポンプを移設
1923年(T12)	3月	小滝	坑水路を改修
1926年(T15)	1月	間藤	濾過機を新設
	7月	中才	石灰焙焼炉新設
		小滝	浄水施設廃止
1927年(S2)	2月	切幹	浸漙機の槽を改修
	5月	間藤	石灰攪拌器を改修
		中才	石灰攪拌器を改修
1928年(S3)	7月	通洞	選鉱廃水路を木樋であったものをコンクリート管に変更
	8月	間藤	回転乾燥炉を新設
	10月	砂形	乾泥池内に濾過機を新設
1929年(S4)	12月	砂形	砂形反射炉増設
	12月	砂形	乾泥貯蔵場設置
		砂形	乾泥池内に濾過機を新設
1930年(S5)	4月	砂形	回転乾燥炉設置
	5月	砂形	乾泥池内の濾過機を増設
1932年(S7)	6月	砂形	乾泥池増設
1935年(S10)	10月	間藤	乾泥池及び利水池改造
	10月	中才	乾泥池及び利水池改造
	10月	砂形	乾泥池及び利水池改造
1936年(S11)	11月	中才	浄水場改造
1936年(S11)	9月	砂形	乾泥池増設
1937年(S12)	1月	切幹	フィルタープレス工場増設
1942年(S17)	10月	切幹	沈澱地堰堤増築
1952年(S27)	10月	切幹	ギルドライヤー新設

ようになったことなどから、浄水施設の実際の管理を通して、必要な事項が加わり、改良がなされたこと<sup>66)</sup>が挙げられる。

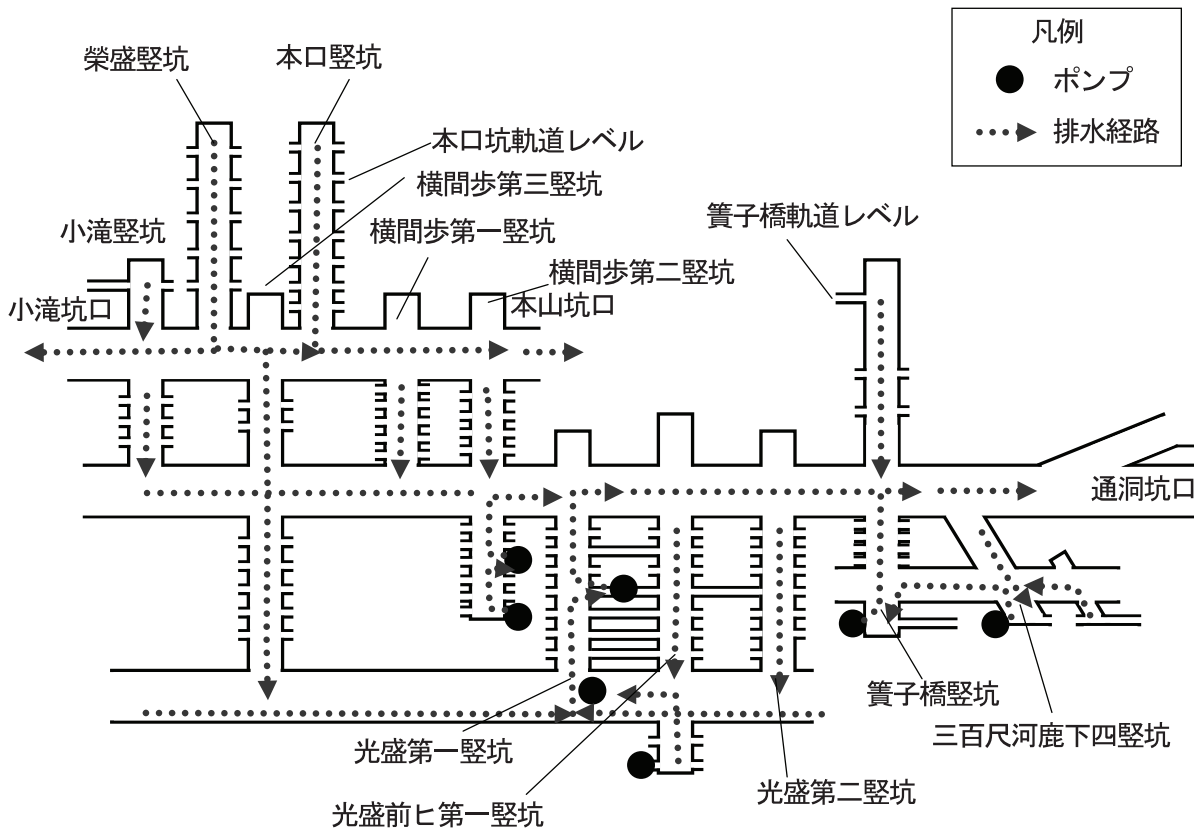


図-4 坑内水の排出方法<sup>68)</sup>

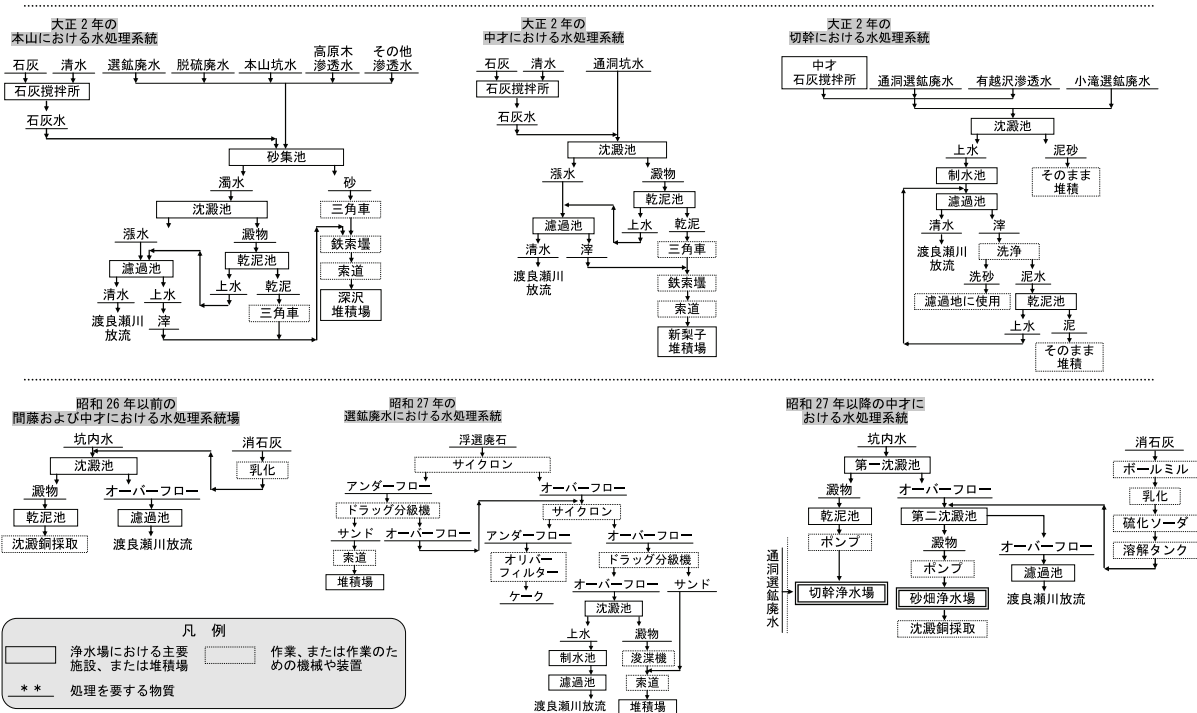


図-5 廃水処理の流れの変遷<sup>71)</sup>

第五回予防命令以降の対策では、坑内の排水ネットワークにさらなる集約が見られる。本山方面の本山坑地並以上の湧水は、本山坑地並の樋に集められ、小滝方面の小滝地並以上の湧水は小滝地並の樋に集められた。また、本山坑地並および小滝坑地並以下の湧水は横間歩第二豎坑や光盛第一豎坑またはその他の豎坑に設置されたポンプによって通洞地並にまで押し上げられ、通洞坑口奥にある疎水坑道へと導かれた<sup>67)</sup> (図-4参照、図は昭和初期の頃)。

坑外の排水ネットワークについて見ると、1912年(明治45年)に小滝における選鉱廃水を、1913年(大正2年)に通洞の選鉱廃水を、さらに1915年(大正4年)に小滝の坑水を切幹の浄水場に担わせるようになっていった<sup>69)</sup>。これまで、本山は間藤の浄水施設が、小滝は小滝の浄水施設が、通洞は中才の浄水施設がというように地区ごとに一箇所の浄水施設が廃水処理を担っていたが、その第三回予防命令以来の役割分担に変化が現れたことが見られる。さらに1952年(昭和27年)になると戦後の選鉱方法の改良に伴い、中才の浄水施設の廃水処理系統に改良が加えられ<sup>70)</sup> (図-5参照)、間藤、中才、切幹、砂畑のそれぞれの分担に変化が見られるようになった。

浄水施設の変遷に関して見ると、前記のネットワークの変化が本山、小滝、中才、切幹、砂畑の規模の変化に影響を与えていることがわかる(図-6参照)。1912年(明治45年)から1926年(大正15年)までの

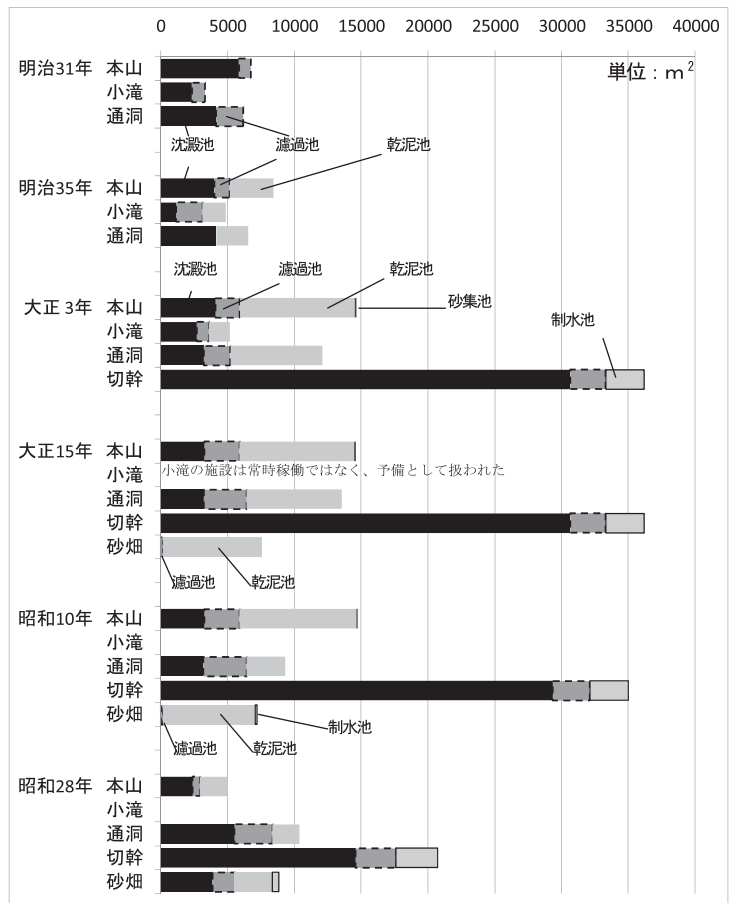


図-6 浄水施設の規模の変遷<sup>72)</sup>

表-3 堆積場の変遷<sup>73)</sup>

No.	堆積場名	建設時期	堆積物
1	京子内	明治30年の予防命令(第三回)による建造	鏝、捨石
2	宇都野	明治30年の予防命令(第三回)による建造 明治43年堆積物変更	泥渣、廃石 小瀧泥渣及廃石
3	文象	明治30年の予防命令(第三回)による建造	坑内廃石(捨石)
4	砂形	明治30年の予防命令(第三回)による建造 昭和3年増設	坑内廃石 砂形泥渣
5	新梨子	明治30年の予防命令(第三回)による建造	二番粗鏝(捨石)
6	水山	明治30年の予防命令(第三回)による建造	選鉱廃石(捨石)
7	高原木	明治31年~35年の間に建造 明治43年増設	鏝及廃石
8	通洞下	明治31年~35年の間に建造	
9	文象沢大切	明治31年~35年の間に建造	
10	廣道地	明治31年~35年の間に建造	
11	切幹	明治40年新設 明治42年増設 明治44年増設	中才及間藤泥渣 同上 泥渣
12	銀山平	明治40年新設 明治43年増設	選鉱、廃石 坑内及選鉱廃石
13	小瀧大曲	明治40年新設	坑内廃石
14	水梨子澤	明治40年新設	選鉱、廃石
15	杉名畑澤	明治40年新設	坑内廃石
16	栗畑	明治44年新設	坑内廃石
17	有越	明治45年新設 大正5年増設	通洞小瀧選鉱廃石、中才泥渣 同上
18	松木	明治45年新設	鏝及坑内廃石
19	深澤	大正3年新設	間藤泥渣
20	原	大正5年新設 昭和3年増設	捨石、泥渣 選鉱廃石
21	天狗沢	昭和12年から使用	捨石
22	旧小瀧	昭和32年から使用	捨石
23	檜平	昭和18年から使用	捨石
24	砂畑	昭和28年から使用	捨石、沈殿物
25	畑尾	昭和33年から使用	捨石
26	源五郎	昭和18年から使用	捨石
27	糞子橋	昭和35年から使用	沈殿物

小滝の浄水施設の縮小分を切幹の浄水施設が担っており、その分沈澱池が大幅に拡張されている。さらに、1952年(昭和27年)における廃水処理ネットワークの変化が、本山の浄水施設の縮小、中才(通洞)、切幹、砂畑における各施設のバランスの変化に表れている。なお、各浄水場における施設規模の変化(廃水処理量の変化)は排出される泥渣の量に関係するため、明治末頃からの間藤浄水場(本山)の拡張、中才・切幹・砂畑(通洞)の拡張などが、深澤堆積場、有越堆積場、檜平堆積場、源五郎堆積場などの新設に影響を与えたといえる。これは表-3からも確認できる。

## (2) 施設の配置

本山における選鉱廃水、坑水、製錬所からの廃水、堆積場からの排水、周辺の沢からの滲透水等は図-7の間藤浄水場で処理され、その後、松木川へ放流された。松木川の上流側から沈澱池、乾泥池、濾過池の順で建造されており、それぞれの位置の高低差も考慮されていることがわかる。また、沈澱池の浚渫泥を乾泥池に運ぶ必要があること、濾過池でそれら二つの施設からの水を濾過し松木川へ放出することなどから、乾泥池が沈澱池のすぐ隣に位置し、さらにその下流に濾過池が位置している。廃水処理の作業の流れが考慮された配置となっていることがわかる。なお、濾過池より下流の位置に乾泥池があるが、これらは濾過池から出る泥と上流にある乾泥池の容量を超えた場合に使用されるものであると思われる。

小滝における選鉱廃水、坑水、堆積場からの排水、周辺の沢からの滲透水等は図-8の小滝浄水場で処理され、その後庚申川へ放流された(後に切幹の浄水施設がその役割を担った)。沈澱池と乾泥池が隣接し、その下流方向に濾過池が配置されているのは本山や通洞の浄水施設と似ているが、沈澱池や乾泥池の面積に比べ濾過池の面積の割合が大きい。これは文象沢周辺からの滲透水等が多く含まれることなどから処理すべき水の量に比べ、それが含有する沈澱物の割合が少なかったことが影響していると推測される。処理する水の成分の違いなども配慮され、建造されたことがわかる。

通洞における選鉱廃水、坑水、堆積場からの排水、周辺の沢からの滲透水等は図-9の中才の浄水場で処理され(選鉱水は後に切幹と砂畑でも処理され)、その後、渡良瀬川へ放流された。1920年(大正9年)と1921年(大正10年)において立て続けに小滝と本山の選鉱場が廃止され、選鉱作業が通洞の選鉱場に集中されるようになった。さらに坑内から排出される坑水は、ポンプの導入に伴い通洞に集中させて排出するようになったため、通洞における処理量は格段に増加した。切幹の浄水施設は小滝からの廃水および通洞選鉱所からの廃水処理量の増加分を処理する役割を担ったことから、小滝からの廃水と通洞からの廃水の両方を処理するのに有利な位置にあり、受け入れのための沈澱池が大きく作られている。また、対岸の砂畑にある(後に沈澱池と濾過池も有し、一つの浄水場となった)乾泥池が、作業上不利な対岸にあることから、中才や切幹が担った廃水の処理量に比べ、この周辺で土地の広さが充分ではなかったことが読み取れる。

本山、通洞、小滝の各施設に共通して見られることは、河川沿いに立地し、生産拠点よりも下流域に建設されており、処理前の水の導水と処理後の水の排水が考慮されて立地されていること。また、各池は敷地の上流側から沈澱池、乾泥池、濾過池の順番で並んでおり、水処理の

工程や沈殿物の処理なども考慮された配置となっていることである。



図-7 本山の浄水施設(間藤)<sup>74)</sup>



図-8 小滝の浄水施設<sup>75)</sup>



図-9 通洞の浄水施設(中才と切幹)<sup>76)</sup>

### (3) 選鉱技術との関連

古河は1876年(明治9年)に足尾銅山を買収し、翌年から経営を開始した。1881年(明治14年)には神保じ、そして、1883年(明治16年)には横間歩大直利と立て続けに大鉱脈を発見し、産銅の前提条件となる原料を確保した<sup>77)</sup>。

明治16年(1883年)より前の産銅技術は、未だ旧来の方法が採られており、採鉱においては、品位の高いものだけが切羽で採取され、その他品位の低いものはその場に破棄されていた。また、選鉱と製錬についてみると、人力により篩わけが行われ、品位の高い鉱石のみが製錬に回され、篩わけの後に出来るより品位の低い下鉱は丹礬として回収されていた<sup>78)</sup>(図-10参照)。

明治16年(1883年)から明治18年(1885年)では、選鉱技術においては洋式の選鉱法が採用され、その工程に洋式の機械(砕碎鉱機、粉碎ロール、跳汰機)が導入された。これまで行われていた人力による箒揚選別と比べ、鉱石処理量の大幅な増進と、品位の低い鉱石(二番粗鉱)の取り扱いが行われるようになった。さらに明治22年(1889年)には、動力に電力が用いられるようになり、明治23年(1890年)の間藤水力発電所の建設による電力の確保に伴って、鉱石の大量処理が行われるようになった<sup>80)</sup>(図-11参照)。明治26年(1893年)になると、二番選鉱後のより低品位の泥水からも銅の採取が行われるようになった。この当時の選鉱作業を見ると、二番粗鉱および三番粗鉱の処理の際に出される鉱尾や中鉱、下鉱などが沈澱池において採取され、再び選鉱過程に戻され繰り返し銅の採取がなされている様子が見られる。明治42年(1909年)の選鉱作業においては、滓(泥渣)と廃水の分別がさらに明確にされながら銅の回収が行われていたことが見られる。さらに、大正13年(1924年)からは浄水施設から出さ

れる澱物からも銅の採取が行われるようになった(大正13年以前の沈澱銅の採取は、坑内水からの採取や高原木や水山などの廃石堆積場からの採取分である)<sup>82)</sup>(図-12参照、沈澱銅の採鉱量の増加が著しい)。

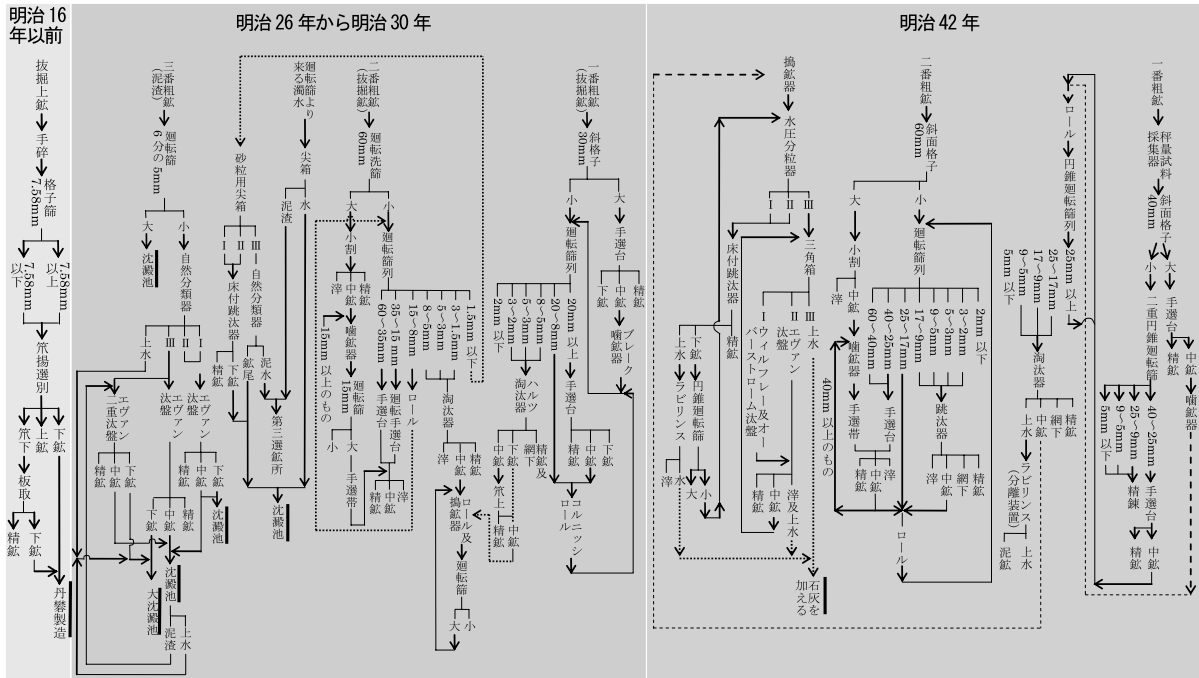


図-10 選鉱工程の変遷<sup>79)</sup>

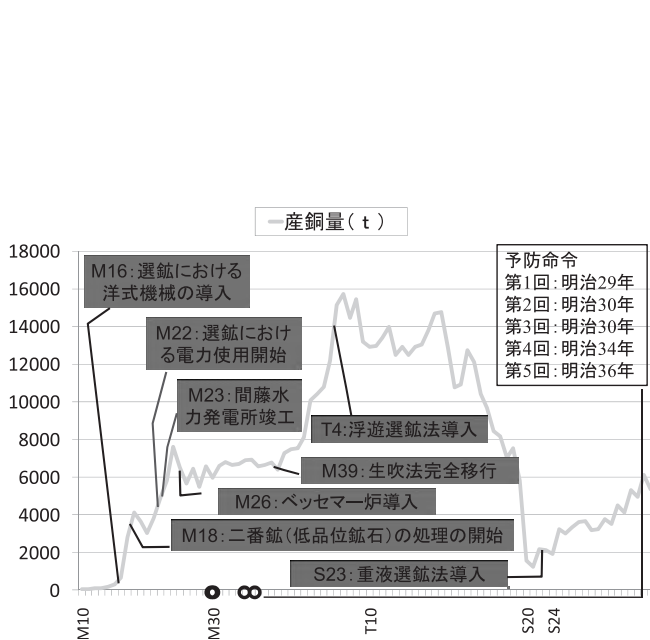


図-11 選鉱技術の導入と産銅量との関係<sup>81)</sup>

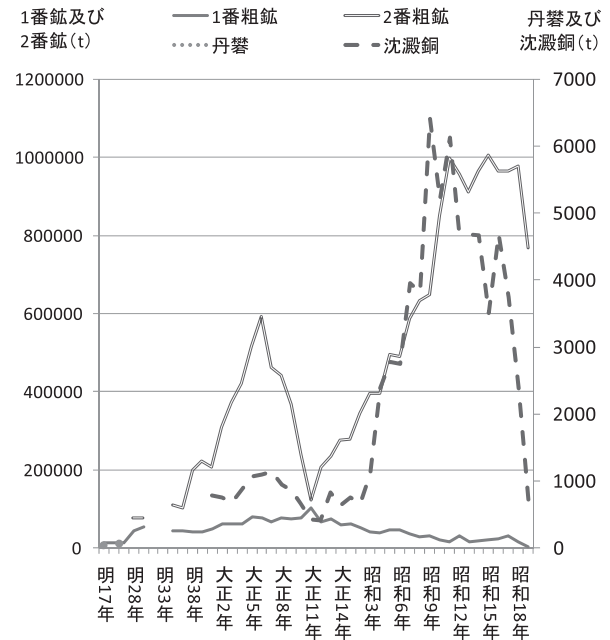


図-12 採鉱量(粗鉱量)の推移<sup>83)</sup>

これらの変遷から言えることは、明治16年(1883年)まではその選鉱技術が未熟であったために鉱毒の原因となる物質の発生は多くはなかったこと、その後の選鉱技術の向上が、鉱石の処理量を増大させ、鉱毒の原因となった廃石、礮水、選鉱廃水、泥渣の大量発生をもたらしたこと<sup>84)</sup>、予防命令が発せられる以前の沈澱池は、浄水施設としての位置づけではなく、選鉱



作業の端末の施設で、銅の採取を目的としたものであったこと、明治30年の第三回予防命令以降の沈澱池は鉱毒の予防を目的とし、浄水施設として建造されたが、さらにその後に生産（選鉱）と結び付き、銅の採取（沈澱銅の採取）も兼ねた施設へと変化したことなどである。

（４）他鉱山の廃水処理対策との比較

それぞれの鉱山における除害施設の開始時期について見ると（表－４参照）、1897年（明治30年）から開始している足尾が最

表－４ 全国の鉱山における処理施設<sup>85)</sup>

も古く、除害方法は、殆どの鉱山において石灰乳による中和が採用されている。このことから、足尾における施設が日本の鉱山において先駆的な例であったことがわかる。石灰の使用量を見ると、小坂に続いて二番目に多い。しかし、除害前の水に含まれる銅成分や酸度が他鉱山と比べ著しく高いとは言えないこと、さらに除害後の数値が他鉱山と比べ大変低いことから、足尾における浄水は他鉱山と比べてより厳しい結果を求められていたことがわかる。

また、選鉱過程で使用されるシックナーを除害のための施設として位置付けている鉱山が多く見られる。シックナーは選鉱過程で微細に砕かれた粗鉱、泥石を沈降させて回収するものである。選鉱過程で鉱石が微細に砕かれて発生する泥砂の流出が鉱毒の主要な原因であったことをこれらのことから再認識できる。

鉱山名	除害設備開始時期	除害方法	主要設備	処理鉱水毎分立方尺	石灰量ヶ月(t)	除害前鉱水分析		除害後		使用人数(沈澱銅採集人員も含む)
						銅(g/l)	全酸(g/l)	銅(g/l)	全酸(g/l)	
足尾	明治30	石灰乳中和	沈澱池、濾過地、乾泥池、浚渫機	659	260	間 藤 0.04723 中 才 0.03381	間 藤 0.46900 才 0.64230	間 藤 0.00007 中 才 0.00016	間 藤 0.39160 中 才 0.57960	196
別子	明治31	明治39年迄石灰乳中和を以降中和を行わず	泥土沈定タンク、乾燥タンク、坑水路	75	なし			0.00550	1.77760	18
小坂	明治38	石灰乳中和	シックナー4台、濾過槽	110	282	0.01127	1.92400	痕跡	0.67848	121
花岡	大正3	石灰乳中和	沈澱池	30-50	80	0.00400	4.00000	なし		70
尾去澤	明治43	石灰乳中和	砂沈定池、沈澱池、乾泥池	124	78	0.01250	1.20370	痕跡	0.83790	48
荒川	明治34	石灰乳中和を行わず	沈澱池、石灰石槽	300	なし	0.01060	0.01530	0.00397	0.00920	16
土畑	昭和4	石灰乳中和	沈澱池、濾過地	7	10	0.40000	1.50000	なし	なし	2
吉乃	大正12	昭和3年以降石灰乳中和	シックナー4台、沈澱池、乾泥池、クレーン	50	30	0.03100	4.11600		3.6360	42
日立	明治42	石灰乳中和を行わず	石灰石、濾過槽	237	なし	本 山 0.00310 大 雄 0.00500	1.20960 1.02870	0.00260 0.00420	1.11910 0.90310	18
神岡	明治37	石灰乳中和を行わず	シックナー1台、沈澱池	142	なし					4
尾小屋	明治38	石灰乳中和	シックナー3台、沈澱池	78	8	本 山 0.02500 大 曲 0.03500	0.01000 0.05500	0.00100 0.00100	0.00100 0.00100	9
生野	明治42	石灰乳中和	シックナー、沈澱池	74	18	金 香 瀬 0.05964	2.87250	0.00600	0.59360	11
明延	明治44	石灰乳中和を行わず	澄水槽、沈澱池		なし					
飯盛	明治40	毎年6月より9月末まで石灰乳中和	沈澱池、濾過地	30-50	25	0.00500				35
東山	明治44	石灰乳中和	沈澱池、濾過地	23						
鴻之舞	大正7	硫酸鉄溶液中和	沈澱池		なし					

（５）水質の変化

入水量（図－13）について見ると、小滝の浄水場の廃止と切幹浄水場の役割の増大がグラフの増減に表れており、入水量から各施設の役割の度合いが読み取れる。

入水中の銅成分（図－14）について見ると、選鉱廃水の処理を担った切幹浄水場のものが多く銅成分を含んでおり、これは選鉱所からの廃水に多くの銅成分が含まれていることを示している。浄水場が設置される（第三回予防命令）以前では、選鉱過程で採取しきれなかった銅が

河川に流出していたことが改めて想像できる。また、浄水施設からの泥渣(特に砂畑)から沈澱銅が回収されるようになったことも理解できる。

石灰の使用量(図-15)について見ると、通洞(中才)における時間当たりの投入量が最も多く、次いで本山(間藤)投入量が多くなっている。これは施設の入水量(特に坑水量)にあわせて投入量をコントロールしていたものと推測される。

浄水場から排出される銅成分の変化(図-16)について見ると、1902年(明治35年)までは、その後のものとは比べ数値も高く、変動に安定した状態が見られない。また、1902年(明治35年)から1928年(昭和3年)の間は数値が低くなっていく傾向が見られる。1928年(昭和3年)以降はどの浄水場でも数値が大変低く、変動に安定した状態が見られる。これらのことから、足尾の廃水処理対策は次の3つの時期に分けられる。

- ・ 試行錯誤期：国および古河にとって、鉍毒対策は初めてであり、浄水場の規模や操業方法などにおいて試行錯誤が繰り返され、それが水質の変動に表れている時期。
- ・ 努力期：浄水施設の拡張などにより、より水質の改善が図られ、それが銅成分の減少傾向に表れている時期。
- ・ 安定期：浄水施設の改造、廃水処理の系統の変更などにより改善が図られ、銅成分の流出を極めて少なく、かつ安定的に抑えた時期。

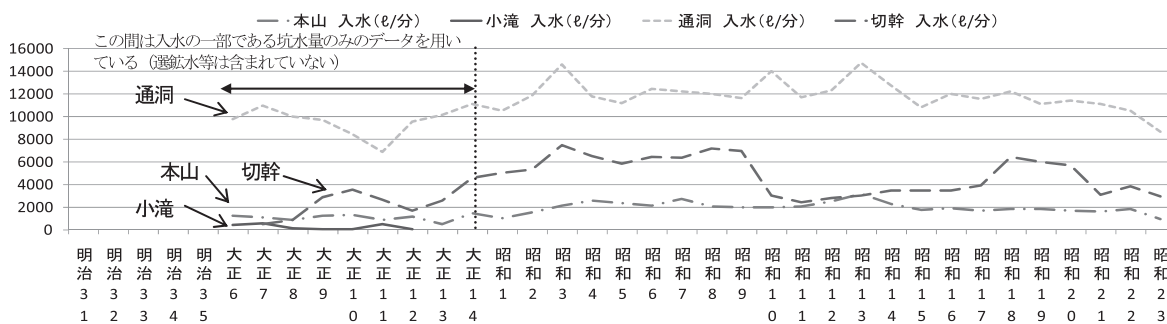


図-13 浄水施設への入水量の変化<sup>86)</sup>

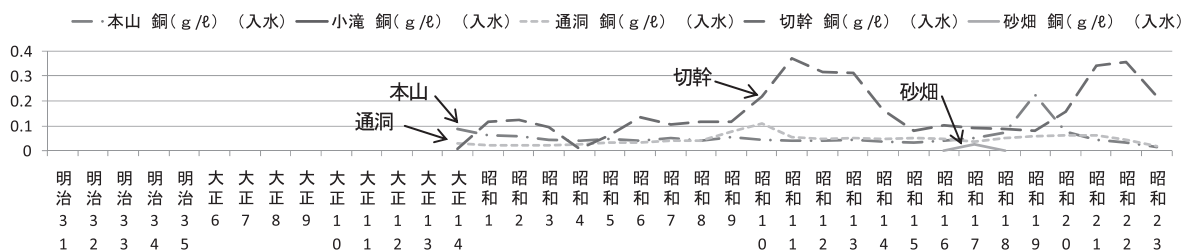


図-14 入水中の銅成分の量の変化<sup>87)</sup>

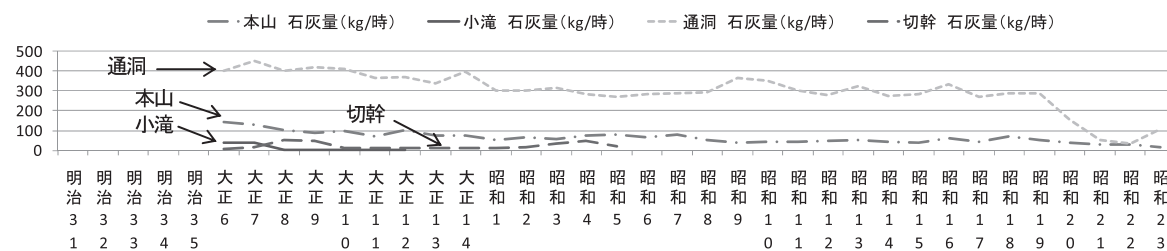


図-15 石灰使用量の変化<sup>88)</sup>

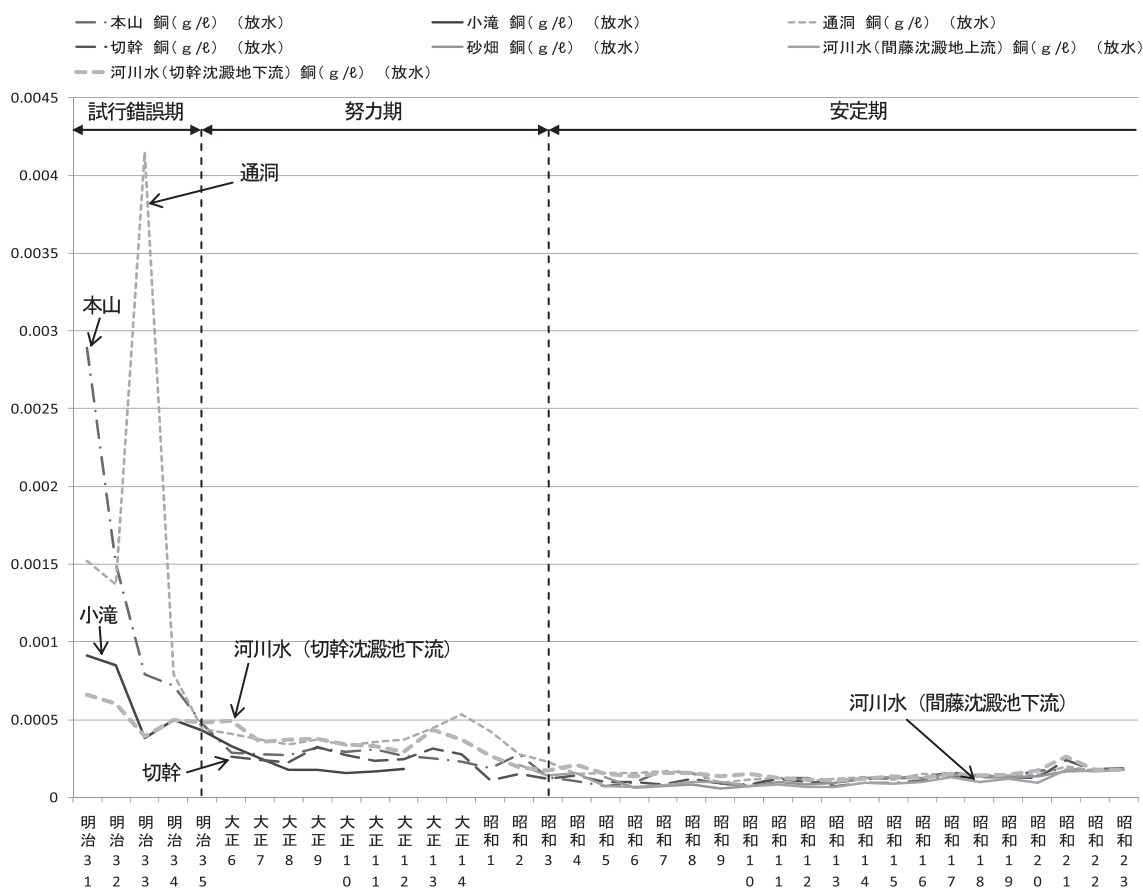


図-16 各浄水場からの放水および河川に含まれる銅成分の変化<sup>89)</sup>

## 5. まとめ

### (1) 足尾銅山の廃水処理対策の特徴

以上の整理をとおして、足尾銅山の廃水処理対策に関する知見は以下のとおりまとめられる。

- ・足尾銅山の浄水施設とそれを中心とする廃水処理のネットワークは鉱毒の原因が徐々に解明されていくことで、生み出されたものであった。
- ・採用された廃水処理対策の柱は、沈澱池、濾過池、乾泥池を主要な施設とする浄水場を整備することと、鉱毒水の排出口となる坑口、選鉱場、堆積場などの鉱山施設とそれら浄水場を結ぶネットワークの形成であった。
- ・浄水場と廃水処理のネットワークは、生産拠点である本山、通洞、小滝の時代ごとの変化に対応しながら変容を遂げてきた。
- ・それぞれの浄水場の立地場所は、坑口や製錬所や選鉱所といった主要施設の位置との関係から決められており、沈澱池、濾過池、乾泥池の配置は、処理作業上の流れを考慮されたものであった。
- ・足尾銅山の廃水処理対策の変遷は、鉱毒水の発生が産銅技術、特に選鉱技術と関係が深いことを実証的に表している。
- ・水質の経年変化から見ると、廃水処理対策の変遷は試行錯誤期、努力期、安定期と三つに分けることができる。

## (2) 今後の課題

海外において、足尾より以前に、鉱害対策が行われていたかどうかを調べ、行われていれば、それとの比較を行うことで、より特徴を明らかにできると考えられる。

## 謝辞

本研究の取り纏めに際しては、幸崎雅弥氏（古河機械金属株式会社）から御指導を頂いた。記して謝意を表したい。

## 参考文献

- 1) 土木史研究委員会：「日本の近代土木遺産-現存する重要な土木構造物2000選-」，土木学会，2001.
- 2) 土木学会土木史研究委員会：「日本の近代土木遺産 現存する重要な土木構造物2800選」，土木学会，2005.
- 3) 文化庁記念物課：「近代遺跡調査-鉱山-」，ジヤース教育新社，2002.
- 4) 栃木県教育委員会事務局文化財課：「栃木県の近代化遺産(建造物等)総合調査報告書」，栃木県，2003.
- 5) 日本建築学会：「日本近代建築総覧 各地に遺る明治大正昭和の建物」，技報堂出版，1983.
- 6) 星野裕司，小林一郎：「明治期の砲台跡地にみる土木遺産の保存・活用について」，土木史研究，21巻，pp.89-100，2001. では、遺構はその働きとして身体性と物語性を有しており、活用の際、遺産の持つ物語性が地域の語り部として機能するとともに、地域学習を促進するとしている。
- 7) 清水慶一：「近代化遺産をめぐる動き」，建築雑誌，Vol.113，pp.042-043，1998. で述べられている。
- 8) 樋口輝久，馬場俊介：「産業・交通史から見た土木遺産」，土木史研究，20巻，pp.379-389，2000. では、現存する遺産のみからの調査では地域に埋没している遺産を漏らす恐れがあるとされ、未だ地域に埋没している遺産を掘り起こすためには郷土的な分析なども必要であるとしている。
- 9) 「近代化産業遺産群33」，経済産業省，2007.
- 10) 「近代化産業遺産群 続33」，経済産業省，2009.
- 11) 前掲6)。
- 12) 前掲8)。
- 13) 石崎正和：「文献から見た品川台場」，土木史研究，12巻，pp.403-408，1992.
- 14) 内水護：「資料足尾鉱毒事件」，亜紀書房，1971.
- 15) 鹿野政直，「足尾鉱毒事件研究」，三一書房，1974.
- 16) 宇井純：「技術導入の社会に与えた負の衝撃」，技術の移転・変容・開発—日本の経験 プロジェクト研究報告，国際連合大学，1982.
- 17) 東海林吉郎，菅井益郎：「足尾銅山鉱毒事件」，技術の移転・変容・開発—日本の経験 プロジェクト研究報告，国際連合大学，1982.
- 18) 東海林吉郎，菅井益郎：「通史 足尾銅山鉱毒事件 1877-1984」，新曜社，1984.
- 19) 宇井純：「合本 公害原論」，亜紀書房，1988.
- 20) 小風秀雅：「足尾銅山に対する第三回予防工事命令の再検討-公害対策史の視点から-」，足尾銅山跡調査報告書，日光市教育委員会，pp.49-71，2008.
- 21) 前掲20)。
- 22) 「足尾銅山予防工事一斑」，足尾銅山古河鉱業所，1898.
- 23) 「足尾銅山鉱毒予防工事現況一斑」，古河鉱業事務所，1902.
- 24) 日本工学会：「明治工業史 鉱業編」，啓明会，1930.
- 25) 鉱山懇話会：「日本鉱業発達史」，上巻，鉱山懇話会，1932.

- 26) 鉱山懇話会：「日本鉱業発達史」，下巻，鉱山懇話会，1932.
- 27) 日本経営史研究所：「創業100年史」，古河鉱業株式会社，1976.
- 28) 栃木県史編さん委員会：「栃木県史 史料編 近現代九」，栃木県，1980.
- 29) 栃木県史編さん委員会：「栃木県史 通史編 近現代三」，栃木県，1984.
- 30) 二村一夫：「足尾暴動の史的分析 鉱山労働者の社会史」，東京大学出版，1988.
- 31) 村上安正：「足尾銅山史」，随想舎，2006.
- 32) 渡良瀬遊水地成立史編纂委員会：「渡良瀬遊水地成立史 通史編」，国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所，2006.
- 33) 渡良瀬遊水地成立史編纂委員会：「渡良瀬遊水地成立史 史料編」，国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所，2006.
- 34) 産業環境部 環境政策課：「環境白書」，太田市，2008.
- 35) 庶務係保存書類：「足尾銅山鉱害予防二関スル命令并ニ予防設備ノ概要」，古河機械金属所蔵，発行年不明.
- 36) 経理課庶務係：「浄水施設 沈澱銅採取設備二関スル綴」，古河機械金属所蔵，1916.
- 37) 庶務係：「東京鉱山監督局大庭彦右エ門氏提出書類」，古河機械金属所蔵，1926.
- 38) 庶務係：「浄水施設二関スル綴第五 自大正十二年二月至昭和三年十二月」，古河機械金属所蔵，1928.
- 39) 「鉱水綴 自昭和四年一月至同十年十二月」，古河機械金属所蔵，1935.
- 40) 鉱業課：「監督局提出書類 自昭和七年至昭和十一年」，古河機械金属所蔵，1936.
- 41) 庶務課：「浄水関係綴 自大正六年至昭和二十六年」，古河機械金属所蔵，1951.
- 42) 庶務課文書係：「官庁提出 鉱煙害調査資料綴八冊」，古河機械金属所蔵，1955.
- 43) 前掲 35) - 42) により、新に得られた情報により纏められたものとして、表-2、図-4、図-5、図-6、図-7、図-8、図-9、図-13、図-14、図-15、図-16がある。
- 44) 前掲 15)、p.35、前掲 29)、p.693、前掲 32)、p.257において鉱毒問題が顕在化した時期を明治23年としている。また、鉱業中止については前掲14)、p.6を参考とした。
- 45) 前掲 15)、pp.31-33、前掲 29)、p.693を参考とした。
- 46) 前掲 29)、pp.743-748、前掲 32)、pp.258-262を参考とした。
- 47) 前掲 29)、p.734、前掲 32)、pp.223-224、前掲 33)、p.443。1891年(明治24年)における農科大学教授の丹波敬三の分析およびその報告として銅分が有毒であることが明言された。同時に原因の流出が足尾銅山(古河)からであるされた。
- 48) 粉末銅採取機、および各選鉱所への沈澱池の設置については前掲 32)、p.210を参考とした。また、群馬県における沈澱場の設置については前掲 33)、p.462を参考とした。
- 49) 前掲 33)、p.309を参考とした。
- 50) 前掲 32)、p.266を参考とした。
- 51) 前掲 33)、p.495を参考とした。
- 52) 前掲 32)、pp.208-210を参考とした。
- 53) 前掲 33)、p.506から考察した。
- 54) 前掲 33)、p.315のものを基にし、加筆した。
- 55) 前掲 33)、pp.314-324を参考とした。
- 56) 前掲 32)、p.212を参考とした。
- 57) 前掲 22)、pp.4-8、前掲 33)、pp.521-524で確認した。
- 58) 前掲 22)、pp.4-8の記載内容から作図した。
- 59) 前掲 22)、pp.11-13から引用した。
- 60) 昭和4年の全山図を基に作図した。
- 61) 前掲 23)、pp.20-23、前掲 33)、p.545で確認した。
- 62) 前掲 33)、pp.751-752を参考とした。
- 63) 前掲 22)、pp.9-13から引用した。

- 64) 前掲 62) と同様。第五回予防命令の内容から判断できる。
- 65) 前掲 23)、pp.5-6、前掲 26)、pp.288-292、前掲32)、p.211、前掲 42) の情報を用いて作成した表。  
なお、前掲 32) では粉末銅鋳採集機の導入は明治26年～27年にかけてとされ、前掲 42) では明治25年とされている。
- 66) 前掲 23)、pp.6-10、pp.17-23から判断できる。
- 67) 前掲 33)、pp.751-752、前掲 40) より確認した。前掲 40) からは昭和に入っても行われていたことがわかる。
- 68) 前掲 40) 掲載の図を基に作図したもの。坑内の図面は昭和初期（おそらく、昭和7年から昭和11年の間）の様子を表すものであると考えられる。
- 69) 前掲 26)、p.290で確認した。
- 70) 前掲 42) で確認した。
- 71) 前掲 36)、前掲 42) から引用し作図した。
- 72) 明治31年は前掲 22) より、明治35年は前掲 23) より、大正3年は前掲 36) より、大正15年は前掲 37) より、昭和10年は前掲 39) より、昭和28年は前掲 42) よりそれぞれ引用した。
- 73) 前掲 22)、p.18、前掲 23)、p.15、前掲 18)、p.245、前掲 26)、pp.288-293、前掲 31)、p.299、前掲 34)、pp.41-42の記載内容を基に作成した表。
- 74) 前掲 68) と同様。昭和7年から昭和11年にかけての浄水場の様相を表すものと考えられる。
- 75) 前掲 38) に掲載されている図を基に作図した。大正12年から昭和3年にかけての浄水場の様相を表すものと考えられる。
- 76) 前掲 74) と同様。
- 77) 前掲 27)、pp.83-84で確認した。
- 78) 前掲 24)、p.252、前掲 31)、pp.151-152で確認した。
- 79) 明治16年の図は前掲 24)、p.252掲載の図を引用し加筆した。明治26年から明治30年の図および明治42年の図は前掲 28)、pp.104-107掲載の図を引用し加筆した。
- 80) 前掲 31)、pp.135-137を参考とした。
- 81) 産銅量は前掲 31)、p.628のデータを使用した。導入技術は前掲 31)、p.627および前掲 30)、pp.150-152から引用し、作図した。
- 82) 前掲36) で確認した。
- 83) 明治39年までのデータは前掲 30)、p.216から、大正1年から大正15年までのデータは前掲 31)、p.269から引用し、作図した。
- 84) 前掲 30)、pp.211-215では、丹波敬三の調査報告、長岡宗好の主張、渡邊渡の主張などから、選鋳過程の機械化が回収しきれない多くの粉鋳を生み出したことが鋳毒の発生につながっているとの見方をしている。また、前掲 33)、pp.318-312においても、渡邊渡、細井岩彌の報告で、鋳毒の原因が種々あるが、最も重大な関係を有しているのは選鋳業と断言できるとしていることが確認できる。
- 85) 前掲 26)、p.266の表からデータを引用し、作図した。
- 86) 前掲 22)、p.34、前掲 23)、p.19、前掲 26)、p.283、pp.296-298、前掲 41) から得られたデータを使用した。なお、前掲 41) のものは古河から東京鋳山監督局長に毎月提出されていた月別の水質データである。
- 87) 前掲 86) と同様。
- 88) 前掲 86) と同様。
- 89) 前掲 86) と同様。

本研究は「土木計画学研究・論文集 No.27」に掲載されたものを再編集したものである。

# 旧帝国大学等工学部採鉱・冶金学科学生による鉱山「実習報文」について

杉居 宏枝

ここでは、旧帝国大学<sup>1)</sup>をはじめとする採鉱・冶金学科の学生が、足尾銅山で行った鉱山実習の報告書の所蔵状況について、今年度得られた成果と次年度への展望を報告する。各大学に所蔵されている報文については末尾に掲載した。併せて参照されたい。

## 1. 「実習報文」の概要

### (1) 「実習報文」の史料的性格

実習報文は、時期や大学によっては実習報告、実習報告書と称される場合もあるが、ここでは「実習報文」に統一して呼称する。

まず初めに鉱山実習とは、角哲氏らの研究<sup>2)</sup>によると「旧帝国大学や工手学校の鉱山(採鉱)・冶金学科の学生が主に夏期休暇を利用し、各自割り当てられた鉱山や精錬工場などで生産システムを体得する現地実習である。」とされている。そして実習報文は、「大学生が実習期間中に収集した採掘法などの各種データ、採掘機械や坑内外の図面などの資料を整理し、大学に提出した報告書」である。

はじめに、実習報文を工業教育史に即して考察したい。

明治初年の日本において、近代技術の導入という高度な工学教育は、工部大学校と開成所の系譜をひく東京大学の2か所で行われていた。この二つの教育機関の沿革については後述するが、工部大学校、開成学校の両方で、いわゆる「お雇い外国人」による専門教育が行われていた。実習報文に英語で書かれたものが存在するのはこの為であろう<sup>3)</sup>。また、両校では海外留学によって、より高度な教育を受けるというシステムも存在した。

しかしながら、1877(明治10)年の地租軽減による国家財政収入の減少や、1882(明治15)年からの陸海軍備拡張と松方デフレの進行によって国家財政が困窮すると、工学教育機関も合理化と効率化を迫られることとなり、1886(明治19)年には帝国大学が設立された<sup>4)</sup>。お雇い外国人ダイアールはこの点について、「実習教育については、工部省の管轄当時ほどには機会に恵まれなかった。学生たちは以前は工部省直轄の工場や工事場で実習を体験できたが、今度はおもっぱら民間企業に実習訓練を依頼したり、官営工場を訪ねなければならなかったのである。」<sup>5)</sup>と述べているが、むしろこのことによって、民間企業における技術やデータが「実習報文」として残されることとなったと言えよう。

また、人材面<sup>6)</sup>で言えば、明治初期において留学などを経験した少人数の専門的技術者によって担われていた時代から、旧帝国大学や高等工業専門学校の設置といった文部省の主導によって全国的な工学教育が行われるようになり、在学中に民間企業で実習を経験し、卒業後その企業に就職して企業の技術・経営を担った時代への変化を見て取ることができる。

以上のような点から、旧帝国大学等に存在する実習報文は、その時代の最先端高等工業教育を受けた学生によって書かれた報告書と言えるであろう。さらに今日においてそれらは、各鉱

山における技術導入や技術刷新、数量データをまとめて知ることができる体系的史料であると言える。また、鉱山生活等にも言及されたものもあり、企業史料や公文書等には記載されない情報を知り得る貴重な史料である。

## (2) 「実習報文」についての研究

実習報文についての研究には、①実習報文の所蔵についての研究、②実習報文を用いた研究の二つに大別される。

①実習報文の所蔵に関する研究には、

- ◆秀村選三編『九州石炭礦業史資料目録』第6、7、9、10、11集、西日本文化協会、(1980-1985)
- ◆葉賀七三男「資料紹介 東大採鉱冶金学科実習報告書」(産業技術史学会会誌『技術と文明』、思文閣出版、1987)
- ◆池上重康、砂本文彦、中江研、角哲「旧帝国大学採鉱・冶金学科「実習報文」一覧(1879年～1950年)」(九州大学附属図書館付設記録資料館産業経済資料部門『エネルギー史研究』第22号、2007)
- ◆泰松齊「大正期の秋田鉱山専門学校冶金学科の実習報告書および卒業論文の調査」(日本金属学会『まてりあ』vol.40、NO.12、2001)
- ◆角哲、池上重康、砂本文彦他「【資料目録】北海道大学工学部旧鉱山学科実習報文一覧(1926～1975)」(『北海道大学大学文書館年報』第2号、2007)
- ◆池上重康、砂本文彦「【資料紹介】京城高等工業学校鉱山学科・京城鉱山専門学校採鉱学科実習報告書目録」(九州大学附属図書館付設記録資料館産業経済資料部門『エネルギー史研究』第24号、2010)
- ◆泰松齊「大正時代の秋田鉱山専門学校冶金学科の実習報告書と卒業論文」(『秋田大学工学資源学部研究報告』、第29号、2008)

がある。

また、②実習報文を用いた研究には、

- ◆池上重康、砂本文彦、中江研他「日本近代鉱業系企業社宅街に関する基礎的研究—鉱山系高等教育機関の実習報文を基礎資料に」(『住宅総合研究財団研究論文集』33、2006)

に代表される社宅研究グループの研究報告の他、

- ◆武田晴人『日本産銅業史』(東京大学出版会、1987)
- ◆荻野喜弘『筑豊炭鉱労資関係史』(九州大学出版会、1993)
- ◆北沢満「第一次大戦後における石炭需要の変化と炭鉱経営の対応」(九州大学石炭研究資料センター『エネルギー史研究』第17号、2002)
- ◆内藤隆夫「地域労働市場と労資関係」(武田晴人編『地域の社会経済史』有斐閣、2003)

などが挙げられ、特に経済史研究者の中で注目されてきた史料と言えよう。

## 2. 足尾銅山に関する「実習報文」について

足尾銅山に関する実習報文について、報告者の調査および先行研究による調査をまとめて報



告する。尚、報告者が調査にあたって参照した先行研究を併記した理由の一つは、各大学における学科名の変更や移管、統合、分科などによって、先行研究による調査から今日までの約30年間に所蔵状況が変わってしまったという現状がある。先行研究の調査で、所在を把握できていたが、今回できなかったもの、そして今回あらたに所在が判明したもの等を明らかにしつつ、2010年～2011年における最新の所蔵状況を報告する。

## (1) 所蔵状況

### (I) 北海道大学

北海道帝国大学鉱山学科学生の実習報文は、北海道大学文書館に所蔵されている。うち足尾銅山に関する報告は1926(大正15)～1971(昭和46)年まで20点ある。それらは鉱山学科のものであり、冶金学科の実習報文は廃棄処分されて現存していない。

北海道大学文書館所蔵の実習報文には、エクセルで作成された目録があり、利用に供されている。また、学生による実習は今日も継続している。

### (II) 東京大学

前述の葉賀氏の研究によれば、「東京大学工学部金属学科には、旧東京大学理学部採鉱冶金学科、工部大学校鉱山科、同冶金学科、帝国大学工科大学採鉱冶金学科等前身の卒業生実習報告書が明治12年以降ほとんど全員のもものが所蔵されている。」<sup>7)</sup>とされている。しかし、東京大学工学部金属学科の後身である、東京大学工学部マテリアル工学図書室における報告者の調査では、古いものについては確認できなかった。学科の変遷や所蔵状況は複雑に変遷するため、今後、現地球システム図書室への調査を踏まえ、東京大学所蔵の実習報文全体を把握しなければならないであろう<sup>8)</sup>。また、工部学校時代の卒業論文の所在を調べ、足尾銅山に関する記述を調べることも必要であろう。

現時点で所在を把握している足尾銅山に関する実習報文は15人分、計24冊確認された<sup>9)</sup>。

### (III) 京都大学

京都大学工学部桂地球系暫定図書室には、京都帝国大学の実習報文が所蔵されており、最も古いもので1903(明治36)年のものがある。今回の報告者の調査によって、京都大学吉田キャンパスにある工学部物理図書室に製錬関係の実習報文が残されていることが判明した。どのような経緯で地球系図書室(桂キャンパス)と物理図書室(吉田キャンパス)に分けられたかは定かではないが、前者は採鉱関係の実習報文、後者は製錬関係の実習報文が中心である。しかし、同一人物によって書かれた実習報文のうち、本文が物理図書室所蔵、附図が地球系図書室所蔵となっている場合もある。物理図書室は2年後を目途に桂キャンパスへの移転が予定されている。今後も移管過程や所蔵状況、経緯等について引き続き詳しい調査が必要である。尚、報告者の調査では、第三高等学校時代の実習報文は見当たらなかった<sup>10)</sup>。

桂地球系暫定図書室所蔵の足尾銅山の実習報文は21点確認された。また、物理図書室(吉田キャンパス)所蔵の足尾銅山のものは、9点確認した。

#### (IV) 大阪大学

大阪大学工学部の前身は、1896(明治29)年創立の大阪工業学校である。1901(明治34)年には大阪高等工業学校と改称し、1903(明治36)年には冶金学科に採鉱科目が加えられ、採鉱冶金学科となった。

現在、大阪大学所蔵の実習報文は、大阪大学工学部図書館(吹田キャンパス)に所蔵されている。前掲『九州石炭礦業史資料目録 第9集』掲載の大阪大学所蔵の実習報文目録は、大阪大学工学研究科マテリアル生産科学図書室に所蔵されている卒業論文・実習報告書目録カードより採録されているため、工学部図書館における実物とは表題と執筆者名に齟齬がある。

足尾銅山に関する実習報文は現在28点確認される。

#### (V) 九州大学

九州大学の採鉱冶金学科は1911(明治44)年の九州帝国大学工科大学の開設と同時に始まる。

九州大学所蔵の実習報文は、九州大学文書館(箱崎キャンパス)に所蔵されており、同人物らによる「卒業論文」は九州大学工学部資源工学科(伊都キャンパス)に所蔵されている。

足尾銅山に関する実習報文は10点あり、卒業論文は5点ある。北海道大学同様、学生による鉱山実習は継続しており、伊都キャンパスに所蔵されている。

#### (VI) 九州工業大学

九州工業大学は、1909(明治42)年創立の私立明治専門学校に始まる。採鉱と冶金学科は創立当時から設置されていた学科である。九州工業大学における実習報文は、現在九州工業大学附属図書館(戸畑キャンパス)に所蔵されている。

足尾銅山に関する実習報文は、8点所蔵されている。

#### (VII) 東北大学

東北大学附属図書館工学分館(青葉山キャンパス)には、東北大学学生の実習報文が所蔵されている。報告者の調査では、足尾銅山に関する実習報文は2点所蔵されている。来年度調査を行う予定である。

#### (VIII) 秋田大学

泰松齊「大正時代の秋田鉱山専門学校冶金学科の実習報告書と卒業論文」(『秋田大学工学資源学部研究報告』、第29号、2008)によれば、1913(大正2)年～1926(大正15)年において、43名の学生が足尾に関する実習報文を書いている。また、1914(大正3)年～1927(昭和2)年における「卒業論文」では、ほとんどが特定の鉱山に関して書かれたものというよりは、技術法や実験についての言及であるとみられ、タイトルに足尾と明記されたものは3点確認できる。また、いずれの卒業論文も50頁以下であることも一つの特徴と言える。

所蔵資料の状況も踏まえ、来年度調査を行う予定である。

### (IX) 早稲田大学

早稲田大学理工学部は、1909(明治42)年創設の私立同大学大学部理工科を前身としている。報告者の調査により、理工科学生も鉱山実習に行き、実習報文を執筆していたことが確認された。所蔵状況や点数等については現時点では不明であるが、来年度調査を行う予定である。

### (X) 熊本大学

1897(明治30)年、第五高等学校に工学部が設置された。高等学校における工学部はほかに第三高等学校(京都)があったが、1900(明治33)年に廃止されたため、高等学校における唯一の工学部であった。その後、1906(明治39)年に熊本高等工業学校と改称し、熊本大学工学部に引き継がれている。

『熊本高等工業学校沿革史』<sup>11)</sup>によれば、「日々學園の内部に在つて規程の學業にいそしんで行く外に校外に出でて實習規程改正が、明治三十五年の秋に出来た。」とされており、『工学部生徒校外実習規程』や、『工学部生徒校外実習心得』があった。上記のことから、同大学図書館に所蔵の問い合わせを行ったところ、実習報文の所蔵が確認された。点数については現在確認中である。東京大学以外では最古の報文が所蔵されている可能性が高く、来年度調査を行う予定である。

### (XI) ソウル大学校 中央図書館

池上重康、砂本文彦「【資料紹介】京城高等工業学校鉱山学科・京城鉱山専門学校採鉱学科実習報告書目録」(九州大学附属図書館付設記録資料館産業経済資料部門『エネルギー史研究』第24号、2010)によって、所蔵や目録が明らかにされている。しかし、足尾に関するものは所蔵されていないとみられる。

## (2) 小括

以上のように、本年度は旧帝国大学に代表される採鉱・冶金学科を持つ高等教育機関の学生による鉱山実習報文の所蔵状況を把握し、閲覧、収集を行った。今回の調査により実習報文は、工場建物の変遷、最新技術導入や地形や地質や鉱物の質が鉱山によって異なることから得られるその鉱山独自のデータや採掘技術、そして鉱山や企業の沿革や経営、労働、市場にも言及された重要な史料であるということが改めて指摘できる。閲覧時に所蔵先と誓約した条件の下、それら一つ一つを挙げて言及することはできないが、参照史料として今後活用したいと考える。

本年度は高等教育機関を中心に調査を行った。次年度は中等工業教育機関に鉱山実習があった等の調査を行っていきたい。

## 3. 今後の展望

2010年度における調査では、多くの足尾銅山に関する実習報告を閲覧・収集することができた。しかしながら、所蔵先の史料の取り扱い(個人情報等)や今後想定される移管状況の把握等、非常に重要な史料であるが故に今後も注視しておかなければならないであろう。

調査未了の所蔵先(東北大学、秋田大学、早稲田大学、熊本大学、京都大学物理図書室、台湾大学)の実習報文の閲覧や新たな所蔵先を調査と並行して、中身から得られる技術面の情報を精査・分析することが2011年度の課題である。

#### 参考文献

- 1) 旧帝国大学のうち、北海道大学、東京大学、京都大学、大阪大学、九州大学には採鉱、冶金に関する学科が存在したが、名古屋大学には採鉱、冶金に関する学科が存在しなかった。台北帝国大学については未調査である。
- 2) 角哲、池上重康、砂本文彦他「【資料目録】北海道大学工学部旧鉱山学科実習報文一覧(1926~1975)」(『北海道大学大学文書館年報』第2号、2007)
- 3) 三好信浩『日本工業教育発達史の研究』(風間書房、2005、219頁)によれば、「医学や農学がドイツ人教師であったのに対して工学はイギリス人で占められた。その影響もあってか、工学部の学生の卒業論文は英語で書かれたものが多い。滝沢正順の調査によると、工部大学校の論文はすべて英文であって、図書館の蔵書印が押されて保管されていた。帝国大学工学部となっても、大正時代までは、多くの卒論は英語で書かれていた、その後は、調査報告的なものより実験研究的なものが増えるにつれて邦文に移り変わった。(報告者注：滝沢正順「明治時代の東京大学工学部の卒業論文について」第17回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会報告抜刷、2002)」とされている。
- 4) 「文部省は自己の管轄下に移った工部大学校を東京大学の工学系諸学科と合併させるため、同年(報告者注：明治18年)12月、理学部より機械工学科、応用化学科(化学科は理学部化学科と応用化学科に分科)、採鉱冶金学科を分離して工芸学部を創設、1886(明治19)年3月には、「国家の須要に応ずる学術技芸を教授」する目的をもって帝国大学が設立され、同時に工部大学校と工芸学部が合体して帝国大学工科大学が誕生した。」(中岡哲郎、鈴木淳、堤一郎、宮地正人編『新体系日本史11 産業技術史』、山川出版社、2001、442頁)
- 5) ダイアー(平野勇夫訳)『大日本』実業の日本社、1999
- 6) 工業教育の変遷を政策面から付け加えておくと、「まず工部省によって工業人材教育が開始されたが、森有礼の文政期に工部大学校が帝国大学工科大学に併入されたころから、文部省による学政一元化が進捗し、井上毅文政期に実業教育法制が確立した。」(三好信浩『明治のエンジニア教育—日本とイギリスの違い—』中公新書、1983、139頁)
- 7) 葉賀七三男「資料紹介 東大採鉱冶金学科実習報告書」(産業技術史学会会誌『技術と文明』、思文閣出版、45頁、1987)
- 8) 報告者が参照した前掲『九州石炭礦業史資料目録 第11集』(1985、10-11頁)には、「東京大学とその前身の諸学の学生(鉱山学・採鉱学関係)による実習報告書と卒業論文は、現在同大学工学部資源開発工学科と金属工学科に保管されている。ところで本目録(報告者注：『九州石炭礦業史資料目録』)第10集において資源開発工学科保管の目録を採録したが、その際明らかにした通り、同学科所蔵実習報告書は明治31年を最初として、それ以降の分である。そこで今回は金属工学科に保管されている明治30年までのものをすべて採録し、資源開発工学科保管分に連続させることにした。資源開発工学科の前身である採鉱学科と金属工学科が正式に分離したのは明治42年であり、何故資源開発工学科に分離以前の明治31年からの報告書が保管されているのか、今後の調査が必要であるが、あるいは帝国大学が東京帝国大学と改称するに際して(明治30年6月)、当時の工科大学採鉱及冶金学科の事務組織になんらかの変化があったのかもしれない。」と書かれている。大学の組織改編や実習報告の移管状況等により報告者が把握できていない部分が未だ多くあり、今後の課題としたい。
- 9) 一人分が2、3冊に分冊されて製本されているため。
- 10) 前掲『九州石炭礦業史資料目録 第7集』(1981、11-12頁)には、「第三高等学校のものが残されている。1903(明治33)年のものがそれである。」とされているが、報告者の調査では明治36年のものが最も古い実習報文であった。尚、『九州石炭～第7集』には石炭に関する実習報文の所蔵のみが記載されており、京都大学所蔵の実習報文のうち足尾銅山に関するものの調査は本報告が初めてとなる。
- 11) 熊本高等工業学校編『熊本高等工業学校沿革史』、1938、49-51頁

『足尾銅山』北海道大学文書館所蔵実習報文

	年代	氏名	実習報文タイトル	頁数
1	1926 (大正15・昭和元)	市井 重次	『足尾銅山報告』	217
2	1929 (昭和4)	森 巖	『足尾銅山報告』	140
3	1935 (昭和10)	竹内 毅	『足尾鉱業所通洞峯会坑実習報文』	100
4	1936 (昭和11)	岡本 敏一	『古河鉱業所足尾銅山実習報告書』	100
5	1937 (昭和12)	鹿野 達三	『足尾鑛山出会坑実習報文』	101
6	1939 (昭和14)	若園 正吉	『足尾鉱山実習報文』	132
7	1941 (昭和16)	高橋 政治	『古川(河)足尾鉱業所』	71
8	1946 (昭和21)	織茂 正則	『足尾鉱業所本山坑実習報文』	72
9	1946 (昭和21)	久保田 実	『足尾礦業所本山坑実習報文』	96
10	1950 (昭和25)	近藤 匡	『古河足尾鉱業所実習報告』	78
11	1952 (昭和27)	常盤野 泰一	『足尾鉱業所実習報文』	84
12	1954 (昭和29)	後木 貞四	『足尾鉱業所実習報文』	129
13	1957 (昭和32)	杉本 晴男	『足尾銅山実習報文』	142
14	1958 (昭和33)	酒井 敏信	『古河鉱業足尾鉱業所実習報文』	85
15	1959 (昭和34)	松山 良三	『足尾礦業所実習報文』	120
16	1961 (昭和36)	上島 壯	『足尾鑛業所通洞坑実習報文』	111
17	1962 (昭和37)	黒崎 巖	『古河足尾鑛業所実習報文』	94
18	1967 (昭和42)	竹浪 雍昌	『古河鉱業足尾鉱業所通洞坑実習報文』	84
19	1968 (昭和43)	友沢 七郎	『古河鉱業足尾鉱業所実習報文』	75
20	1970 (昭和45)	越前谷 義博	『古河鉱業足尾礦業所実習報文』	頁の記載なし
21	1971 (昭和46)	伊藤 哲男	『古河鉱業足尾鉱業所実習報文』	76

\*北海道大学工学部旧鉱山学科実習報文一覧(1926~75年)より作成、報告者付記。

『足尾銅山』東京大学工学部マテリアル工学図書室所蔵実習報文

	年代	氏名	実習報文タイトル	頁数
1	1905 (明治38)	細谷 源四郎	『足尾銅山本山採鉱部報告』(二冊)	286
2	1907 (明治40)	三木 達治	『Reports on Dressing Plant of Asio Copper Mine (足尾鉱山選鉱報告)』(附図共二冊)	250
3	1907 (明治40)	玉木 二五三九	『足尾銅山通洞採鉱報文』(附図共二冊)	209
4	1910 (明治43)	古市 六三	『足尾銅山通洞採鉱報告』(附図共四冊)	392
5	1912 (明治45・大正元)	三毛 菊次郎	『足尾銅山通洞報告』(附図共三冊)	237
6	1914 (大正3)	小島 庸一	『足尾銅山通洞報告』	216
7	1916 (大正5)	黒河内 平治	『足尾銅山報告』(附図共四冊、ただし附図二冊不明)	269
8	1918 (大正7)	伝 式説	『足尾銅山通洞坑報告』	94
9	1919 (大正8)	実川 兌三	『足尾銅山本山採鉱及選鉱報告』(附図共二冊)	99
10	1920 (大正9)	根来 勝	『足尾銅山選鉱場比較報告』(不明)	
11	1923 (大正12)	金子 明	『足尾鉱山実習報告』	128
12	1923 (大正12)	山崎 憲之資	『足尾銅山調査報告』	103
13	1927 (昭和2)	相原 章一	『足尾式鑿石機実習報告』	52
14	1929 (昭和4)	香月 利夫	『足尾鉱山選鉱場報告』	93
15	1931 (昭和6)	山莊 一雄	『足尾銅山報告』	258
16	1937 (昭和12)	隅出 良之	『足尾鉱山報告』	87

\*秀村選三ほか編『九州石炭礦業史資料目録 第十集』((財)西日本文化協会、1984)より作成、報告者付記。

『足尾銅山』東京大学工学部旧金属工学科所蔵実習報文

	年代	氏名	実習報文タイトル	頁数
1	1894 (明治27)	能見 愛太郎	『Design for Bessemer Steel (ベセマー製鋼計画)』	231
2	1897 (明治30)	高 壯吉	『Reports and Essay (足尾銅山報告及計画)』	72

\*秀村選三ほか編『九州石炭礦業史資料目録 第十一集』((財)西日本文化協会、1985)より作成、報告者付記。

## 『足尾銅山』京都大学工学研究科桂地球系図書所蔵実習報文

年代	氏名	実習報文タイトル	頁数	備考
1 1905 (明治38)	八代田 西郎兵衛	『足尾銅山報告』	70	英語 図は桂の地球系図書所蔵、報文は吉田の 物理図書蔵
2 1906 (明治39)	直原 佐平	『足尾銅山附図』		
3 1907 (明治40)	濱田 八之助	『足尾銅山通洞坑場坑業報告』	192	縦書き、附図あり『足尾銅山報文附図』
4 1910 (明治43)	井上 誠一	『足尾銅山撰鑛報告』	136	縦書き、附図あり『足尾撰場報告文附図』
5 1911 (明治44)	大森 文亮	『足尾銅山撰鑛報告』	210	附図あり『足尾銅山採鑛報文附図』
6 1912 (明治45)	湯川 義三	『足尾銅山通洞坑採鑛法報告』	196	附図あり『足尾銅山報文附図』『足尾銅山 報文附図及び図表』
7 1913 (大正2)	古賀 章	『足尾銅山本山坑場採鑛報告』	224	附図あり
8 1915 (大正4)	本多 恭郎	『足尾銅山通洞坑実習報文』	210	
9 1915 (大正4)	渡邊 一布	『足尾銅山本山坑報文』	261	附図あり
10 1917 (大正6)	長尾 榮一	『足尾銅山粉鑛処理』	34	英語
11 1917 (大正6)	石崎 操	『足尾鉱山報文』	168	附図あり
12 1919 (大正8)	加藤 登	『足尾銅山通洞坑報文』	141	附図あり
13 1922 (大正11)	小堀 巖	『足尾銅山報文』	151	附図あり (大正10年)
14 1933 (昭和8)	本多 忠昌	『足尾銅山報文』	104	
15 1934 (昭和9)	有田 貞二郎	『足尾銅山報告』	111	
16 1940 (昭和15)	長谷川 一男	『足尾銅山実習報文』	93	
17 1940 (昭和15)	坂井 源四郎	『足尾銅山通洞選鑛工場実習報文』	58	
18 1941 (昭和16)	武李 守正	『足尾鑛山実習報文』	96	
19 1941 (昭和16)	成瀬 一郎	『足尾銅山実習報文』	119	
20 1943 (昭和18)	深海六郎・氏家 正作	『報文 足尾銅山実習報文』	105	
21 1944 (昭和19)	李 晔恵	『報文 足尾鑛山実習報文』	110	

\*桂地球系図書室における調査より報告者作成。

『足尾銅山』大阪大学工学部図書館所蔵実習報文

	年代	氏名	実習報文タイトル	頁数
1	1908 (明治41)	中江 武蔵	『足尾銅山報告書』	126
2	1909 (明治42)	福田 団蔵	『足尾銅山通洞採鉱報告書』	頁の記載なし
3	1909 (明治42)	栗飯原 胤	『足尾銅山通洞採鉱報告書』	111
4	1909 (明治42)	森下 龍一郎	『足尾銅山通洞採鉱報告書』	296
5	1910 (明治43)	服部 春三	『足尾銅山製錬報告書』	302
6	1910 (明治43)	橋本 卯男	『足尾銅山本山報告書』	431
7	1910 (明治43)	山本 藤市郎	『足尾銅山小滝坑採鉱報告書』	222
8	1911 (明治44)	三好 哲次	『足尾銅山通洞採鉱報告書』	489
9	1912 (明治45・大正元)	吉村 孝治郎・ 中村 孝治郎	『足尾銅山本山報告書』	中村179頁、 吉村238頁
10	1912 (明治45・大正元)	井岡 長次郎	『足尾銅山通洞報告書』	328
11	1912 (明治45・大正元)	橋本 弥一	『足尾銅山小瀧採鉱報告書』	166
12	1913 (大正2)	松永 孝垣	『足尾銅山通洞選鉱所報告』	頁の記載なし
13	1914 (大正3)	村上 敬二	『足尾銅山小滝坑報告書』	411
14	1914 (大正3)	下岡 七兵衛	『足尾銅山本山報告書』	361
15	1915 (大正4)	板稿 謹治	『足尾銅山通洞坑報告書』	264
16	1915 (大正4)	木原 忠助	『足尾銅山通洞坑報告書』	288
17	1916 (大正5)	佐伯 祥一郎	『足尾銅山採鉱報告書』	頁の記載なし
18	1917 (大正6)	森 義郎	『足尾銅山通洞採鉱報告書』	152
19	1918 (大正7)	稲垣 信一	『足尾銅山採鉱報告書』	101
20	1918 (大正7)	田北 貞一	『足尾銅山製錬報告書』	178
21	1919 (大正8)	木崎 武輝	『足尾銅山選鉱報告書』	199
22	1920 (大正9)	佐藤 晃	『足尾銅山製錬所報告書』	106
23	1923 (大正12)	謝 培森	『足尾銅山採鉱報告書及卒業論文』	98
24	1924 (大正13)	鄧 泰坤	『足尾銅山(通洞)報告書及卒業論文』	152
25	1925 (大正14)	八木原 浩	『足尾銅山報告書及卒業論文』	132
26	1925 (大正14)	山本 穎二	『足尾銅山通洞選鉱場報告書及卒業論文』	20
27	1926 (大正15・昭和元)	岡本 五郎	『足尾銅山製錬所実習報告書及卒業論文』	221
28	1927 (昭和2)	稲田 和夫	『足尾銅山採鉱課実習報告書及卒業論文』	113
29	1927 (昭和2)	影山 汎樹	『足尾銅山通洞選鉱場報告書及卒業論文』	112
30	1939 (昭和14)	吉川 元造	『報告足尾銅山製錬所』『論文CuのAlへの溶融状態に於ける拡散に対するSi, Mnの影響』	所在不明

\* 秀村選三ほか編『九州石炭礦業史資料目録 第九集』((財)西日本文化協会、1983)より作成、報告書付記。

## 『足尾銅山』九州大学文書館および工学部所蔵実習報文・卒業論文

年代	氏名	実習報文タイトル	頁数	当該学生の卒業論文題目
1 1914 (大正3)	小田 二三男	『足尾銅山通洞坑報告』	136	『足尾銅山通洞坑採鉱計画』
2 1917 (大正6)	久保村 鈎介	『足尾銅山報告』	187	『足尾銅山通洞選鉱計画』
3 1919 (大正8)	安達 新多郎	『足尾銅山報告』 (附図別冊)	147	『足尾銅山通洞選鉱計画』
4 1929 (昭和4)	程 膺	『足尾銅山報告』	121	『足尾銅山鉱床ノ地質及其探鉱方針ニ就テ』
5 1935 (昭和10)	大木 博	『足尾銅山報告』	120	(『青化鉱滓ノ浮游選鉱実験』)
6 1941 (昭和16)	鶴飼 誠	『足尾銅山通洞坑報告』	111	(『水素イオン濃度の浮選起泡剤に及ぼす影響』)
7 1956 (昭和31)	伊藤 俊郎	(『三菱妙法鉱業所実習報告』)	76	『足尾銅山行成河鹿鉱床採掘計画』
8 1957 (昭和32)	今田 尚男	『足尾銅山本山坑実習報告』	82	(『河山鉱業所下部採鉱計画』)
9 1959 (昭和34)	多田 正	『足尾銅山通洞坑実習報告』	106	(『神岡鉱山枋洞坑 一七八 甲切羽設計』)
10 1962 (昭和37)	田中 博美	『足尾銅業所通洞坑実習報告』	169	(『高島端島両炭礦における熱変成炭の産状と性』)
11 1963 (昭和38)	河内 広太郎	『足尾銅業所通洞坑実習報告』	112	(『飯野松浦鉱業所春日坑北部開発地域採炭計画』)

\* 秀村選三ほか編『九州石炭礦業史資料目録 第六集』(財)西日本文化協会、1980)より作成、報告者付記。

## 『足尾銅山』九州工業大学附属図書館所蔵実習報文

年代	氏名	実習報文タイトル	頁数
1 1913 (大正2)	宋甘 平蔵	『足尾銅山採鉱調査報文』 (附図あり)	191
2 1915 (大正4)	青木 盛治	『足尾銅山通洞坑調査報文』	131
3 1915 (大正4)	船越 次郎	『足尾銅山本山坑調査報文』	143
4 1920 (大正9)	森田 浩	『足尾銅山通洞坑調査報文』	241
5 1920 (大正9)	森田 浩	『通洞選鉱場調査報文』	132
6 1924 (大正13)	史 維新	『足尾銅山実習報告』	101
7 1936 (昭和11)	山下 利	『古河足尾銅業所通洞選鉱場実習報告』	112
8 1961 (昭和36)	小吹 学	『古河銅業足尾銅山実習報告』	103

\* 秀村選三ほか編『九州石炭礦業史資料目録 第九集』(財)西日本文化協会、1983)より作成、報告者付記。



# 史料紹介 足尾銅山実習報文に見る足尾町の姿

—黒河内平治「大正四年度 足尾銅山報告」より—

本宮 一男

## はじめに

旧帝国大学等の工学部学生による各鉱山への実習報文(実習報告)が鉱業史研究の上で重要な史料となりうることは、よく知られるようになった<sup>1)</sup>。確かに、鉱山の経営、技術、労働者の実態などに関してこうした実習報文は豊富な情報を提供してくれ、それを史料として用いた鉱山業史研究も蓄積されてきている。足尾銅山に関して言えば、武田晴人『日本産銅業史』(東京大学出版会、1987年)などがその好例であろう。

武田氏はその後、鉱山経営の分析に直接関わる問題以外でも、すなわち明治期における足尾町についてその地域社会としての発展過程を分析するに際して、京都大学工学部生の実習報文を利用している<sup>2)</sup>。さらに近年では、社宅街の形成といった、鉱山が存在する地域の町並みの研究という観点からも実習報文が注目されている<sup>3)</sup>。このように、実習報文は鉱山自体に関する情報はもちろん、さらには鉱山が存在する地域社会の姿など、広く鉱山に関連する歴史過程を明らかにしていく上でも有用な史料となりうるものである。

さて、筆者は、2010年9月に東京大学工学部資源開発工学科所蔵の足尾銅山関係実習報文15件を調査した。これらの実習報文群全体の概要については本書所収の杓居報告に譲ることにし、本稿では、その実習報文に記述されている当時の足尾の町の姿を紹介していくこととする。具体的には、これらの実習報文群の中でも特に足尾町の様子に関する情報が豊かな、黒河内平治「大正四年度 足尾銅山報告」(1916年、1915年末脱稿)をとり上げ、該当部分を抽出した抄録を後に掲載する。なお、他の実習報文にも足尾町に関する記述があるが、その一部は黒河内の報文中の記述内容を解説する関連であわせて紹介していくこととする。

## 大正前期の足尾

明治中後期の足尾町の様子に関する情報を与えてくれる文献としては、『足尾銅山図絵』(『風俗画報』第234号、1901年)、蓮沼叢雲『足尾銅山』(1903年)、王孫子『足尾案内 銅山大観』(1908年)などがあり、それぞれから当時の足尾の町の様子がいろいろと浮かび上がってくる。本稿で対象とする実習報文群のうち、例えば細谷源四郎「足尾銅山本山採鉱部報告」(1905年)でも、「地勢ヨリスレバ富ニ荒涼タル寒村タルベキナリ誰カ知ラン此所ニ四万ノ人ハ棲息シ電話アリ電燈アリ鉄道アリ鉄索アリ学校、病院、警察署、郵便局等アリ地方ノ首都ニ於テ尚ホ且ツ見ザル諸機関ヲ全ク備ヘ文明ノ光燦トシテ輝キツ、アラントハ」(緒言)、「銅山ノ盛大ハ足尾町ノ繁栄ニ致シ足尾ノ繁栄ハ交通ノ頻繁ニ致シ日々足尾ニ入り来レル旅客ノ数甚ダ多ク是等旅客ヲ待ツノ旅舎大小二十七戸アリ」(第一編第一章)などの記述が見られる。ただし、こうした箇所は前述の『足尾銅山』の記述と近似している。同じく、その少し後の時期に作成された実習報文である古市六三「足尾銅山通洞採鉱報告」(1909年末脱稿)の足尾町に関する記述においても、前述の『足尾案内 銅山大観』(1908年)に近似した箇所があり、実

習報文の作成に際しては、その直前に刊行されたこうした文献が参照されていたことがうかがえる。

さて、今回とり上げる黒河内の実習報文は、その標題に示されているように1915年(大正4)段階の記述であり、前述の文献で語られる時期をうけて、大正前期の足尾町の様子をうかがうことができる史料となる。黒河内の実習報文において足尾の町の様子を示す記述は、主に、第一編「総論」第一章「地理」のうちの第四節「交通通信及金融」以降で登場し、以後第五節「住民」、第六節「飲用水及日用品ノ供給」、第七節「教育」、第八節「衛生」、第九節「治安」と展開していく。本稿では、この各節の該当部分を抄録した。

黒河内の実習報文の特徴は、当時の写真が豊富に掲載されていることにもある。抄録では第一章の箇所に掲載されている写真の一例を示したが、本報文のその後の箇所、例えば第三編「足尾鉱業所」第五章「鉱夫」においても、鉱業所員役宅や鉱夫長屋街を写した写真が多数掲載されており、そうしたところからも当時の足尾の町の景観をうかがうことができる。また、特に同編同章第十三節「鉱夫ノ慰安」も当時の足尾の町の姿をよく示している記述なので、第一編第一章とあわせて抄録した。

## 交通事情

まず、本報文の冒頭部分にあたる第一編第一章第一節「位置及地勢」では、足尾が山々と渓谷の中に位置する地理環境を述べてきた上で、「松木川庚申山川ノ深溪ニ依リテ削ラレタル一部ハ狭隘ナル台地ヲ河畔ニ残シ爰ニ足尾鉱業所、赤倉製煉所、選鉱所、工作所、諸沈澱地、銅山役宅、鉱夫長屋ノ他足尾町八字モ亦共在ス。而シテ渡良瀬川本流ハ南方沢入ニ走り其流域ニ足尾鉄道開通ス。」と結ぶ。そしてこの最後の足尾鉄道に関しては、第二節「鉱区及鉱業権者」、第三節「風土気候」を経て、第四節「交通通信及金融」で叙述されていくことになる。

この節では、1912年の足尾鉄道の開通により、足尾と外部をつなぐ交通事情が大きく変化したことが説明されるが、さらに続けて本山―間藤―三角―通洞―切幹―小滝を結ぶ馬車鉄道の路線図を示しながら、足尾町内部の交通事情にも言及している点が興味深い。明治中期に敷設された足尾の馬車鉄道は、足尾鉄道の開通にともない神子内線と沢入線が廃止されており、ここではそうした段階の状況が示されているものと考えられる。定時馬車鉄道は1日12往復で、古河鉱業の社用以外にも全域10銭均一運賃で一般人も利用できた。また、各停車場間の所要時間も示されているなど、当時の足尾町内の交通事情がよくわかる。

なお、こうした足尾町内の交通事情に関しては、昭和期の実習報文である山莊一雄「足尾銅山報告」(1931年)では、「群馬県桐生市ト足尾町間藤駅(貨物線ハ本山製煉所マデ)間ノ官有鉄道ハ唯一ノ外部トノ交通機関ナリ足尾町ニ於ケル交通機関ハ赤倉←→原向間ヲ往復スル乗合自動車アリ又古河鉱業所経営ニカ、ル従業員専用ノ定時ガソリン汽罐車アリテ本山ヲ発シテ通洞ヲ経テ小滝ニ至ルモノヲ主線トシ数本ノ支線ヲ有ス又鉱業所役員用ノ自動車ヲ備フ」(第一編第五章「交通及通信」と記述されており、その頃には、馬車鉄道に代わり乗合自動車とガソリン機関車が町内移動の交通手段となっていたことがわかる。

## 町の繁華街ぶり

銅山の存在による足尾の町の繁華な様は前述の明治期の文献にも描かれているが、それは黒

河内の実習報文中のいくつかの箇所からもうかがうことができる。

まず、第四節では金融に関する説明の中で、「鉱夫賃金総支払ハ少クトモ月ニ三十万円ヲ降ラズ依リテ此支払日ニハ桐生、大間々宇都宮遠クハ東京方面ヨリ各商人来尾夜店ハ町ニ櫛比シテ時ニ不夜城ヲ形造シ芸人等モ来尾シテ諸興業物モ開カレテ金融界モ頓ニ活況ヲ呈シ旅館料理店ハ共ニ繁忙ヲ極ムルニ至ル。」と記述される。さらに続く第五節「住民」の最後においても、「冬季枯風朔々ト至ル頃ハ飲酒ニ暖ヲ採ル様ニナリテ従ヒテ各料理店ハ繁昌ヲ極ムルニ至ル。足尾町内料理屋ノ数八十一アリテ芸妓四十九人酌婦百十八人アリテ皆営業シツ、アル所ヲ見レバ如何ニ飲酒ノ盛ニナルヲ窺知ルニ足ルベシ。」と記述され、さらには後の第三編五章第十三節「鉱夫ノ慰安」においても、「町ニハ本山通洞小滝各方面ニ劇場、寄セアルヲ以テ鉱業所ハ別ニ劇場ヲ建テザルコトトナシ一般町衆ノ繁昌モ計リ居レリ毎年勘定日ニ亘リテ三日間程ハ栃木宇都宮桐生方面ヨリ芸人来リテ日夜盛況ヲ呈スルコトアリ。其他所々ヨリ集リ来ル夜店商人ガ店檐ニ併列シテ大声ヲ以テ客ヲ呼び集メル光景等ハ確カニ鉱夫ノ一慰安タリ。」と記述されていて、足尾の町の繁華街ぶりをうかがうことができる。

ちなみに、『第九回上都賀郡統計書』(1900年度)によれば、上述のような繁華街ぶりにかかわる足尾町のデータとして、「遊芸師匠」2名、「遊芸稼人」3名、「俳優」4名、「芸妓」28名、「小芸妓」3名(同期の日光は「芸妓」32名、「小芸妓」3名)、「旅籠屋」21軒、「料理屋」7軒、「飲食店」71軒という数値が得られ、大正前期も明治中期の情勢がほぼ引き続いていることがわかる。

ただし、「蕩々トシテ都風ニ浸潤セラレテ益々奢侈贅沢ニ流レ」るだけでなく、一方では「各飯場ニ音楽ノ合奏ヲ聴クベク長屋ノ広場ニテハ各所ニ撃剣ノ音ヲ聴クベク」といった、住民の「善良ナル風習」も述べられている。こうした方面に関しては、先述の昭和期の山荘一雄の報文においても、「柔道部剣道部ニ於テモ上下ノ区別ナク盛ニ行ハレ高段者ヲ聘シテ師範トシ又所員中ノ高段者ハ師範代トシテ本山小滝通洞ノ各道場ヲ巡回教導シ小学児童ニ至ルマデ毎夜道場ニ出テ頗ル盛況ヲ呈ス又運動部ハ時々大会ヲ催ス……此ノ外足尾銅山音楽協会アリ時々各方面ニ出演シテ名声頓ニ上リ」(第十六編第一章「鉱山組織」第六節「鉱山特設娯楽機械」)との記述がみられる。少なくとも大正期から、足尾では鉱山労働者を中心とした住民の間でのスポーツ・音楽活動が展開され始めていたこともうかがえる。

## おわりに

その他黒河内報文では、各日用品の供給先、教育、医療、警察、消防に関する町内の事情なども紹介されている。特に第七節「教育」では、町内の学校の事情が具体的に示されていて興味深い。

例えば、町立足尾尋常高等小学校に関して、「将来ノ施設トシテハ第一ニ校舎ノ増築ヲ要スニ拾六学級1609人ノ学校トシテハ狭隘ナリ」と記述しているが、『栃木県統計書』によれば、同校の1912年度における学級数は21、生徒数は1209人、また1916年度は学級数28、生徒数1676となっており、児童・学級数の増加により手狭になりつつあった学校の事情がうかがえる。また抄録に際して省略したが、学校の教員数、教育費、あるいは児童の家族事情などのデータも記載され、さらには黒河内の足尾の教育に関する私見までも記述されおり、統計書を

はじめとした他の史料と突きあわせることで、足尾の教育事情を明らかにしていく上で利用できそうである。

以上、簡単ではあるが、実習報文中にどのような足尾の町の姿が見てとれるのかを紹介してきた。本稿で対象とした実習報文群のみならず、他大学・他機関所蔵の足尾銅山に関する実習報文の記述内容も具体的に調査していく中で、銅山事業にかかわって展開した足尾の町の姿を明らかにする情報がさらに発見されてくる可能性があるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 池上重康他「資料紹介 旧帝国大学採鉱・冶金系学科『実習報文』一覧(1879年～1950年)」(『エネルギー史研究』22号、2007年)、内藤隆夫「旧帝国大学等工学部学生による鉱山実習報告の調査」(『受託研究「佐渡金銀山の歴史的価値に関する歴史的・史料学的研究」二〇〇九年度調査報告書』、2010年)など。
- 2) 武田晴人「非鉄金属鉱業の発展と地域社会 足尾銅山を中心として」(同編『地域の社会経済史』有斐閣、2003年)。
- 3) 社宅史研究会『社宅街 企業が育んだ住宅地』(学芸出版社、2009年)。

#### 史料．黒河内平治「大正四年度 足尾銅山報告」(抄録)

##### 第一編 総論 第一章 地理

##### 第一節 位置及地勢 第二節 鉱区及鉱業権者 第三節 風土気候(略)

##### 第四節 交通通信及金融



右ヨリハ庚申山川左ヨリハ渡良瀬川来リテ合流スル所ニ切幹ノ鉄橋アリ。今ヤ足尾鉄道ノ列車ガ切幹鉄橋ヲ渡ラントスル処ナリ。右手ニ見ユル花崗岩ノ石垣ハ中才沈澱地ノ石垣ナリ。又右手ニ石垣ニ沿フテ見ユル軌条ハ定時馬車ノ軌条ニシテ此処ヲ過ギ鉄橋ヨリ右折シ小滝ニ至ルナリ。切幹鉄橋以内ガ足尾関内ナリ。

(前略) 古河氏ノ稼業ニ帰スルヤスル峻坂悪路モ巨額ノ投資ニ依リ道路ハ改修セラレ交通運搬ノ便開キ明治廿三年ニハ細尾嶺ニ鉄索ヲ設ケラレ峻坂ノ他ハ輕便鉄道ヲ布設セラレ馬車ヲ驅ツテ當時銅山百般ノ貨物ヲ運ビテ事業増々拓リタルモ未ダ交通ハ不便ニテ大正元年十二月マデハ交通及物資ノ運搬ハ専ラ栃木平マデハ輕便鉄道馬車ニテ其ヨリ鉄索又ハ細尾峠ヲ越ヘテ再ビ輕便ニテ清滝ニ出デ同所ヨリ電車ニテ日光ニ至リシナリ此間七里ニテ尚非常ナル不便ヲ感ジタリキ。足尾鉄道ノ開通ト共ニ大ニ面目ヲ一変シ事業ハ愈々盛大ニ趨キ日光鹿沼方面ニ出ズルニハ依然上記旧道路ノ直徑ニ依ルヲ便トスルモ東京信濃越後方面等ハ足尾鉄道ヲ利用ス。

次ニ足尾鉄道ニ依ル哩数及時間ヲ列挙スレバ下ノ如シ

東京浅草駅	93.2哩	足尾鉄道及東武鉄道	6時間
〃 上野駅	107.2哩	足尾鉄道及鉄道院線	7時間
大間々駅	22.1哩	足尾鉄道	1.5時間
桐生町	26.5哩	〃	2時間

現今足尾鉄道ハ鉄道院ノ管理ニ任シ居ルモ桐生駅ヨリ足尾製煉所マデ延長二十八哩余二千五百尺ノ上リトナリ工費二百五十万円四閏年ニ亘リテ竣成シタル鉾山鉄道ナリ。私設足尾鉄道株式会社ノ所属ナルモ唯鉄道院ニ於テ營業シツツアリ。

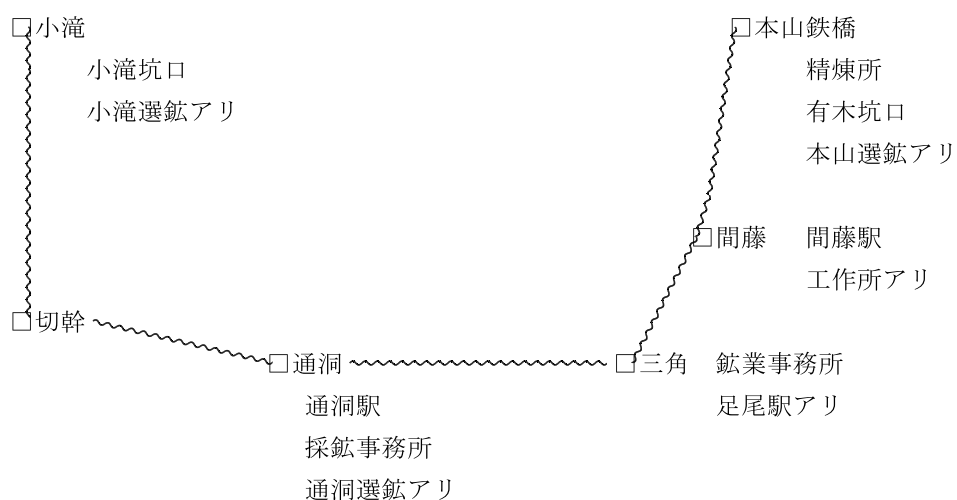
足尾ニハ通洞、足尾、下間藤、及製煉ノ四駅アリテ前三駅ニ於テノミ人員ノ乗降ヲナセリ。製煉所駅ニテハ専ラ鉾石物貨ノ運搬ヲナセリ。



定時馬車今ヤ本山(古川橋)鉄橋ヲ発セントス。

現今足尾鉄道ハ桐生下間藤間ヲ一日五回往復運転セリ此レヲ従来ノ日光ヨリ約三里半ハ人車又ハ電車ニテ細尾ニ至リ阪路急ナル細尾峠一里半ヲ徒歩ニテ越エ其レヨリ二里ヲ輕便鉄道馬車ニテ鉾業事業所ニ達スルヨリ見レバ霄壤ノ差ト云フベシ依リテ乗客ノ如キモ頗ル頻繁トナリ物資ハ鉄索ニテ細尾峠ヲ搬送スル必要ナク総テ汽車ニ依リ搬送セラル。(中略)

足尾町ヲ大別シテ本山、小滝、通洞各方面ニ分タレタリ而シテ此間ニ定時馬車鐵路ノ連鎖アリテ日々十二回ヅ、往復シ人間及ビ材料ヲ運搬セリ。社用トシテハ別ニ社用券ヲ発行シ一般人ニハ全域十銭均一制ヲ採リ居レリ。連鎖ノ略図ヲ示セバ下ノ如シ。



小滝→切幹 二十五分間  
 切幹→通洞 二十五分間  
 通洞→三角 十五分間  
 三角→間藤 二十分間  
 間藤→本山鉄橋 二十分間   ヲ要ス。



本山間藤町ノ全景ニシテ右最下ニ見ユル二階建  
 ノ一荘ハ学生夏期実習中ノ宿舍タル暢和館旅館  
 ナリ。其道ヲ巨テテ左。其向側ノ二階建ハ銅山  
 間藤合宿ナリ。上端白煙濛々ト立チ昇ルハ新設  
 ノ煙突ニシテ其下方白ク見ユル建物ハ煙塵室ナ  
 リ。其右手ニ孤立スルハ旧煙突ナリ。

通信機関トシテハ足尾町通洞方面松原ニ足尾郵便局アリ小滝本山各方面ニモ各郵便局アリテ郵便、貯金、為替、通信、通話ノ事務ヲ司ル。電話ハ公設ノ部十二幹アリテ交換所ハ足尾郵便局ニアリ町内通話ハ勿論東京横浜日光宇都宮足利桐生栃木高崎ノ各地方ト通話自由ナリ此外鉾山私設ノ電話ハ各要所ニ設置セラレ坑内坑外一般ノ通話ニ当テ又足尾鉄道各駅ニハ院線所属ノモノト併置シテ通話ノ便ヲ計レリ交換所ハ工作所内ニ設ケラル。

金融機関トシテハ宇都宮銀行支店及出張所ノ設ケアリテ郵便局ト共ニ相俟チテ一般ノ金融ヲ掌握シ鉾業所ノ金融モ宇都宮銀行ノ掌ル所ナリ所員ノ月給ハ月末廿六日ニ飯場諸勘定ハ総テ十六日及末日ニ行ハレ所員ノ月給ハ毎月五万円ニ過ギサレトモ鉾夫賃金総支払ハ少クトモ月ニ三十万円ヲ降ラズ依リテ此支払日ニハ桐生、大間々宇都宮遠クハ東京方面ヨリ各商人来尾夜店ハ町ニ櫛比シテ時ニ不夜城ヲ形造シ芸人等モ来尾シテ諸興業物モ開カレテ金融界モ頓ニ活況ヲ呈シ旅館料理店ハ共ニ繁忙ヲ極ムルニ至ル。

### 第五節 住民

戸数	町		3 5 2 0	
		銅山	3 9 3 9	
人口	町	男	7 4 8 8	
		女	7 3 0 2	
		銅山 男	1 0 2 9 4	
		女	7 5 6 9	(大正三年末調)

(中略)

人口総数ノ約七割ハ寄留ニ属シ上着ノ公民ハ五百六十三人ニ過ギズ而シテ寄留人ノ大部ハ直接或ハ間接ニ鉾業所ノ営業ニ関係セルモノ多ク又鉾業所々属ノ労働者ハ移動常ナラズシテ夏期ト冬期トニ於テハ約一千名以上ノ差違アリ。普通拾一月以後三四月迄マデハ普通ニ<sup>(ママ)</sup>一七千人以上ニ達ス是レハ春秋夏耕作養蚕ノ候ヲ過ギテ農民ニ恒業確収ナキ冬季ニ至リテ荘丁ノ近村ヨリ蒐集シ又冬期降雪其他ノ為メ稼業不充分ナル鉾山ノ鉾夫ハ嚴寒ノ間一時避寒ノ目的ヲ以テ稼業セント来尾スルモノ多ク年曆改リテ溪間ノ積雪跡絶エントスル頃散シテ各自ノ旧業ニ復歸スルモノナリ。又本年ノ如ク増産額異常ナル年ハ鉾夫ノ募集ニ少ナカラズ困難ヲ感ジ東京地方ノ烏合ノ労働者ヲ狩リ出シニ至ル有様ナリ。

風俗ハ鉾業所及ビ一般鉾夫ノ日常生活ハ他ノ金属鉾山生活ニ於テ<sup>(ママ)</sup>当底想像出来ザル程ニ高シ而シテ交通ノ便宜ハ益々此傾向ヲ増ス様ナリ而シテ従来一般ニ旧習ヲ脱セズ純朴ノ風実ニ憂スベキモノアリシ町民モ蕩々トシテ都風ニ浸潤セラレテ益々奢侈贅沢ニ流レ生活程度ハ鉄道開通ト共ニ頓ニ高クナレリ。

有名ナル暴動事件以前及ビ其後数年ニ亘リテ労働者ノ気風殺伐ニシテ往々粗暴ノ行動アリテ鮮血地ニ塗ル惨状モ見ラレシガ生活程度ノ高降ハ彼等労働者日常生活ニ及ボシテ自然ニ軟化ノ止ムナキニ至リ勤勉ニ働キテ実収入ヲ多クセントスル傾向トナリ次第ニ善良ナル<sup>(ママ)</sup>気風ヲ養成シツツアリ。鉾山地方一般ノ悪習トモ云フベキ淫蕩ノ風ハ独身鉾夫ノ間ニ往々見ラレ隅々外来者ヲシテ顰眉セシムルモノアリト雖モ其体裁自ラ整ヒ来リテ公休日ヲ除キテハ此悪習モ見ルコト少

ナシ 鋳業所モ労働者ニ対シテハ極力住居ノ整美貯金ノ強奨模範夫ノ表彰勤続労働率ノ表彰慰安方法等大ニ勤メ品性ノ向上ト悪弊ノ掃蕩ニ努メツツアリ而シテ永年ノ努力ハ近来ハ各飯場ニ音楽ノ合奏ヲ聴クベク長屋ノ広場ニテハ各所ニ擊劍ノ音ヲ聴クベク漸次ニ善良ナル風習ヲ養成セラルル様ナリ。

一般鋳夫及ビ大部役員モ其勤勞一般事業ト性質ヲ異ニスル為メ疲労ノ結果鬱ヲ飲酒ニ晴ラス風習アリ特ニ冬季枯風朔々ト至ル頃ハ飲酒ニ暖ヲ採ル様ニナリテ從ヒテ各料理店ハ繁昌ヲ極ムルニ至ル。足尾町内料理屋ノ数八十一アリテ芸妓四十九人酌婦百十八人アリテ皆營業シツ、アル所ヲ見レバ如何ニ飲酒ノ盛ニナルヲ窺知ルニ足ルベシ。

### 第六節 飲用水及日用品ノ供給

用水ノ供給ハ本山方面ハ本山北二里弱ナル松木川上流ヨリ鉄管及木樋ニヨリテ送ル一分間ノ送量ハ約300立方尺ナリ。小滝方面ハ庚申山川ノ上流ヨリ暗溝及木樋ニテ送ル一分間ノ送量約250立方尺ナリ。通洞方面ハ渡良瀬川ノ上流ヨリ鉄管及木樋ニテ送ル一分間ノ送量約300立方尺ナリ。

日用品ノ供給ハ全部他ヨリ供給セラル地勢上当然当地ニ於テハ産出ナシ。

米穀味噌酒醬油等	宇都宮栃木大間々方面ヨリ
野菜果物等	古河館林 <sup>(今市カ)</sup> 今井宇都宮東京〃〃
鮮魚類等	東京水戸仙台北越〃〃
呉服太物類等	東京宇都宮足利桐生〃〃
雜貨類等	東京宇都宮大間々鹿沼〃〃
荒物類等	東京宇都宮大間々鹿沼〃〃

此等ノ供給品ハ凡テ足尾鉄道ノ便ニヨルモノトス尚次ニ主要ナル品ノ毎月輸入高ノ平均ヲ示セバ

米	3800石
酒	72石
味噌	11000石
醬油	56石
石油	35石

### 第七節 教育

鋳業所ハ町立小学校及実科高等女学校ニ多額ノ補助ヲ與へ且巨費ヲ投シテ設備完全セル私立諸学校ヲ本山及小滝ニ増設シテ銳意一般普通教育ノ普及ヲ計レリ。

町立実科高等女学校(中略)定員ハ百名ナルガ未ダ設備ノ不完全ト希望者ノ<sup>(ママ)</sup>少数ナル為メニ現在ノ生徒数ハ本科一年生拾七名二年生拾一名選科一年生拾一名二年生七名ニ過ギズ教職員ハ小学校教職員兼任ス。設備ノ完全シ来ルト共ニ大ニ女子教育上ニ効果アルベケンガ今ノ如ハ町ノ会計不如意ニシテ小学校ノ如キモ常ニ遺繰リノ有様ニシテ一戸ニ付一年町学区教育費負担額1.65円ニ過ギズ此レヲ同県下安蘇郡上野村ノ9.85円ニ比シテ霄壤ノ差アリト云フベシ。依リテ今ノ如山間一実科女学校ニ過ギズシテ良家ノ女子ヲバ入学サセラル、資格ナシ。



町立足尾尋常高等小学校(中略)将来ノ施設トシテハ第一ニ校舎ノ増築ヲ要スニ拾六学級1609人ノ学校トシテハ狭隘ナリ校長石原氏ハ拾八年間勤続セル老練ナル教育家ナルガ此校長ノ元ニ職員ト生徒間ニ田舎小学校ニ見ル厚情ナキコト都府小学校ノ如ク家庭トノ連絡等モ至ツテ簡単ナリ……児童通学巨離<sup>(ママ)</sup>ハ拾五町ヨリ二里ニ至ルナルガ前年中月平均児童出席数ハ

尋常……男 654.31      高等……男 92.14  
                   女 579.02                    女 59.51

ニシテ好結果ヲ得ツツアリ学校ニテハ出席奨励ノ為メ月末ニ無欠児童ニ証明書ヲ與ヘ此レヲ一年分集メシモノニ半紙ヲニ帖ヨリ三帖賞與セルガ此レガ為メ病氣怪我アル場合モ押シテ登校スル位ニシテ学校ニテ出席トシテ追ヒ歸ス程ナリ。

尋常小学校ハ学区ヨリシテ高等小学校ハ全町ヨリ児童ヲ收容スルコトトセリ学校ニテハ遠足、運動会、教育講話会、学芸練習会等ヲ開クコトアリ。

(中略)

私立古河足尾銅山尋常高等小学校(中略)児童一名ニ付教育費 約7.00円

東京ニテモ児童一名ニ付教育費最高9.00円位ナリ管理者及関係者其人ヲ得ル故ニ銅山ノ費用ヲ惜マザル事ト共ニ益々設備完全トナリ従ツテ学業ノ成績モ明治四十二年四月県視学来校シ栃木県下一般小学校ノ学業成績調査ヲナシタル節宇都宮師範付属小学校ノ美術点3-4ニ対シテ本校ハ4.3又国語点5ニ対シテ本校7ト云フ県下ニハ珍ラシキ成績ヲ得タルモ全ク此レニ起因スルモノナリ。

(中略)

一般普通教育ニ就テノ私見

一般小学教育ノ普及セルハ我国全部ニ渡リテ近来益々長足ノ進捗ヲナシ居レルガ足尾銅山ノ小学教育ニ以前ノ如ク細尾ノ嶮ヲ越ヘザルヲ得ザル時代ト足尾鉄道ノ完成シテ約七時間ニシテ上野ニ達セラルル今日トハ最早比較程度ヲ異ニスル必要アリ山間ノ<sup>(僻)</sup>地ニシテ交通不便ナル所トシテナレバ実ニ賞嘆ニ価スルト雖モ現今ノ如ク町ノ体裁ハ急速ニ整美シ来ル事実ニ於テ栃木県下ノ一大都邑ヲ形成スル今日ニ於テハ町立小学校モ銅山小学校ノ如キ有ニ面目ヲ一新セザルベカラズ。役員ノ数三百任ヲ超ヘルナレバ女子教育モ町家ノ人ト協議シテ今少シク完全スル必要アリ。(後略)

## 第八節 衛生

町ニハ開業医七名アリ此内歯科専門医一名アリ町家ノ治療ニ応ゼリ又町ニハ衛生組合アリテ春秋二季ニ大清潔法ヲ励行シ飲食物ノ取締ハ勿論種痘ヲ励行シ町立隔離病舎ヲ多額ノ費用ヲ以テ川向ヒニ設置シ伝染病患者ヲ隔離スル様ニナレリ病室数拾三アリニ拾六人ノ患者ヲ收容セラル。

鉱業所ニテハ一般従業員ノ疾病負傷等ヲ治療セシメン為メニ通洞本山小滝ニ各医局ヲ設ケテ医員数名ヲシテ治療ニ従事セシメツツアリ。一般住民ノ治療ニ応ズルコトアルモ特別ナル重患者或ハ鉱業所ト密接ナル関係アル町衆ニ限レリ而シテ鉱業所ニ属スルモノハ実費ヲ以テ施療シ薬価ヲ払ハシムルガ一般町家ニ対シテハ町ノ医師組合ノ協定モ成レル料金ヲ支払ハシムルコトトセリ。(後略)

## 第九節 保安

住民一般ノ秩序安寧ヲ保ツ為ニハ足尾警察署ヲ赤沢ニ設ケ赤倉及切幹ニ一駐在所間藤ニハ駐在所ニツアリ警官ノ数ハ四十一名ニシテ鉱業所ノ請願巡查此内三十名アリテ本山ニ九名小滝ニ八名通洞ニ七名渡良瀬ニ六名ヲ配置シテ警備ノ任ニ当テタリ一般鉱夫長屋役宅ノ監督警戒ニハ巡視アリテ本山小滝通洞ニ各見張りアリテ数名ノ巡視昼夜警戒ス。

(中略) 消防組町ニ於テハ各方面合セテ八部トナル消防部員全部ニテ五百五十名アリ一般ニ行ヒラルル消火器トシテハ矮小ナル砲筒十一台アルニ過ギズシテ不完全ニシテ実効ナシ。赤沢新梨子間藤ノ赤倉ニハ消火栓ノ設ケアリテ非常ノ場合ニ用フ。

消防組ハ町自治ノ元ニ認可ヲ受ケテ出来ルモノニシテ警察署長之ヲ監督シ職員ノ任免ヲナス組頭一名、各部長一名、組下十名ニ対シテ一小頭、消防手、等ノ階級アリ。(後略)

## 第三編 足尾鉱業所 第五章 鉱夫

### 第十三節 鉱夫ノ慰安

鉱夫娯樂園アリテ碁将棋蓄音機雑誌等ヲ備フ鉱夫ノ隨時出入リ許セリ其他ハ毎年四月ニ舉行セラル山神祭ニハ屋台ヲ設ケテ全山躍躍大神樂等ヲ催シ夜ハ鉱業所ノ大芝生ニテ野外活動写真ヲ催スヲ例トセリ其他隨時東都ヨリ芸人ヲ呼ビテ町ノ劇場ヲ借りテ鉱夫及家族ノ慰安ヲ勤メ居レリ鉱業所ニテハ渡良瀬河畔ニ桜樹ノ植殖ニ勤メ其百花爛熳タル花時ヲナシテ鉱夫大慰安会ヲ河畔ニ催スルヲ常トセリ。町ニハ本山通洞小滝各方面ニ劇場、寄セアルヲ以テ鉱業所ハ別ニ劇場ヲ建テザルコトトナシ一般町衆ノ繁昌モ計リ居レリ毎年勘定日ニ亘リテ三日間程ハ栃木宇都宮桐生方面ヨリ芸人来リテ日夜盛況ヲ呈スルコトアリ。其他所々ヨリ集り来ル夜店商人ガ店檐ニ併列シテ大声ヲ以テ客ヲ呼ビ集メル光景等ハ確カニ鉱夫ノ一慰安タリ。又鉱夫長屋間ニ介在スル散髪所等ハ確カニ鉱夫ノ一娯樂所トナリテ新聞雑誌ノ類ヲ集メルガ故ニ常時鉱夫ノ蒐集所トナレリ。一般労働者ノ一慰安ハ入浴ニアルヲ以テ鉱業所ハ次第<sup>(ママ)</sup>ニ浴場ヲ改築シ益々完美スルニ至レリ。(後略)

足尾銅山調査跡報告書 3 執筆者  
(執筆順)

- |       |          |                                   |
|-------|----------|-----------------------------------|
| 小峰 新平 | こみね・しんぺい | 古河産機システムズ株式会社設計部主席技師長             |
| 青木 達也 | あおき・たつや  | 宇都宮大学工学部技術部技術職員                   |
| 永井 護  | ながい・まもる  | 宇都宮大学工学部教授                        |
| 栢居 宏枝 | まつい・ひろえ  | お茶の水女子大学大学院<br>人間文化創成科学研究科 博士後期課程 |
| 本宮 一男 | もとみや・かずお | 横浜市立大学国際総合科学部教授                   |

日光市文化財調査報告第3集  
足尾銅山跡調査報告書 3

発行日 平成23年3月31日

編集 日光市教育委員会事務局  
生涯学習課

発行 日光市教育委員会

〒321-1292

栃木県日光市今市本町1番地

TEL 0288-21-5182

印刷 (有)中津印刷所