

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—

A Study on the Transition of the Measures against Wastewater Contamination owing to Ashio Copper Mine *

青木達也**・永井護***

By Tatsuya AOKI**・Mamoru NAGAI***

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^{1),2)}、文化庁記念物課による近代遺跡調査³⁾、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⁴⁾、建築学会による日本近代建築物のリスト化⁵⁾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^{6),7)}。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⁸⁾。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^{9),10)}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^{11) -13)}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^{14) -20)}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²¹⁾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^{22) -34)}の中で示されたものの他に、古河の社内文書^{35) -42)}の調査から、このたび新たに発見できた情報⁴³⁾を加えている点が異なる点である。

*キーワード：環境計画、地球環境問題、産業立地、

**正員、工学、宇都宮大学工学部建設学科

(栃木県宇都宮市陽東7丁目1-2、

TEL/ FAX 028-689-6225)

***正員、工博、宇都宮大学大学院工学研究科

(栃木県宇都宮市陽東7丁目1-2、

TEL/ FAX 028-689-6222)

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⁴⁴⁾。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⁴⁵⁾、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⁴⁶⁾。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⁴⁷⁾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真のある場所にも沈澱場が設置された⁴⁸⁾。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⁴⁹⁾。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⁵⁰⁾。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⁵¹⁾。このことから、示談時と比べると鉱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鉱廃水、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月の東京鉱山監督署からの命令で行われたとされている⁵²⁾）。さらに水以外の廃棄物ではあるが、鍍、捨石、先砂などの処理も鉱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、鉱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⁵³⁾。

(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鉱毒事件調査委員会（以降、鉱毒調査会（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**に示すように鉱毒の原因が産銅の作業過程（採鉱、選鉱、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、粉末銅採集機、それぞれの選鉱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⁵⁵⁾。鉱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、坑水や洗鉱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⁵⁶⁾。

以上のことなども加味され、鉱毒調査会（第一次）

作業過程	原因	理学的状態
採鉱	捨石	固体
	坑水	液体
	散逸鉱石	固体
選鉱	捨石及び滓砂	固体
	廃水	液体
	散逸鉱石	固体
製錬	有毒ガス及び煙煤	気体
	カラミ	固体
	丹礬残滓	固体

処理を必要とする水

図-1 鉱毒の原因⁵⁴⁾

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鉱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殿池に導くこと、通洞の坑水は石灰乳と攪拌させ中才沈殿池に導くこと、通洞選鉱所の沈殿池からの廃水は中才沈殿池に導き再び沈殿させること、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殿池（間藤、小滝、中才の沈

殿池）に導くこと、各沈殿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殿池に導くことであった⁵⁷⁾（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、沈殿池、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、沈殿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）⁶¹⁾。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殿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殿池に導くことが指示された。通洞においては、中才の沈殿池および乾泥池の拡張が指示された⁶²⁾。

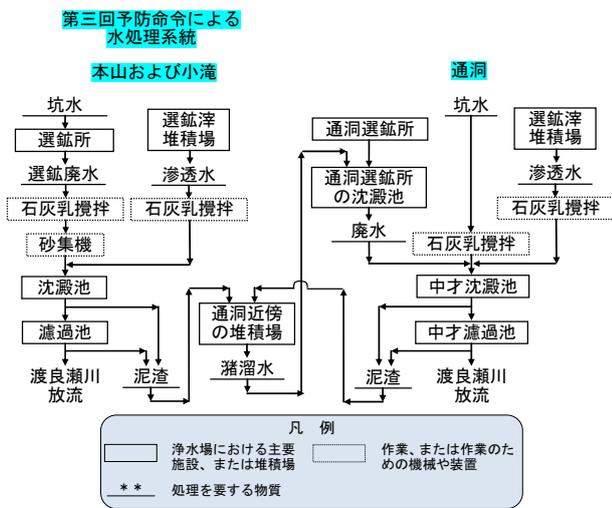


図-2 第三回予防命令による廃水処理の流れ⁵⁸⁾

表-1 第三回予防命令により建造された主な浄水施設⁵⁹⁾

本山（間藤）			
浄水施設	平面(坪)	浄水施設	平面(坪)
第一号沈殿池	80.00	甲號 濾過地	135.00
第二号沈殿池	800.00	乙號 濾過地	135.00
第三号沈殿池	300.00		
第四号沈殿池	300.00		
第五号沈殿池	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)
第一号沈殿池	96.00	甲號 濾過地	148.17
第二号沈殿池	275.74	乙號 濾過地	148.17
第三号沈殿池	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)
第一号沈殿池	315.00	甲號 濾過地	210.00
第二号沈殿池	315.00	乙號 濾過地	210.00
第三号沈殿池	158.81	丙號 濾過地	194.25
第四号沈殿池	158.81	合計	614.25
第五号沈殿池	158.81		
第六号沈殿池	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。

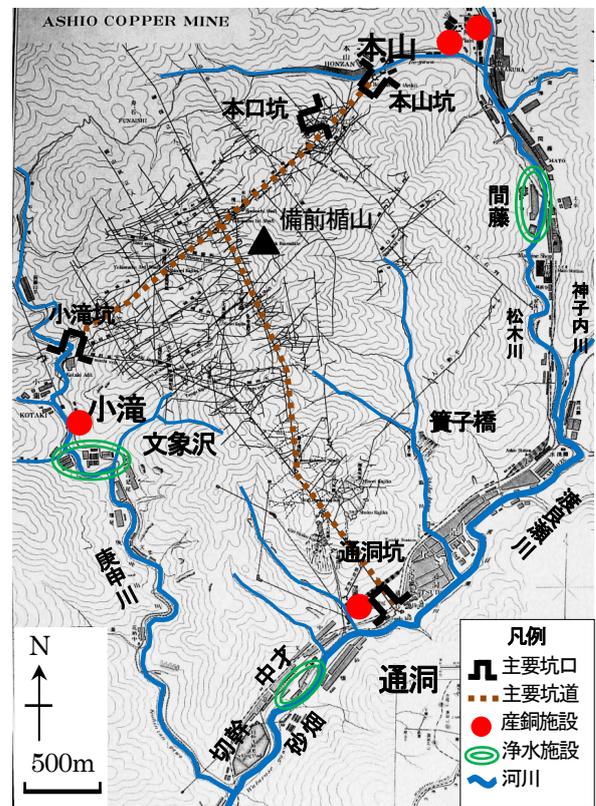


図-3 主要産銅施設と浄水施設の位置⁶⁰⁾

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

表-2 浄水施設の変遷⁽⁶⁵⁾

年	月	場所	事柄
1892年(M25)		間藤	選鉱場に粉末銅鉛探察機の取付および沈澱池の築造
M26~M27?		小滝	選鉱場に粉末銅鉛探察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	乾泥池改修
1907年(M40)	7月	間藤	濾過池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	通洞坑水橋路改修
	4月	切幹	沈澱池2個、制水池1個、濾過池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	乾泥池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池に変更
		本山	選鉱廃水路を改修
		小滝	小滝水製炭間の浸透水路を改修
1916年(T5)	2月	中才	坑水隧道を改修
		中才	濾過池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
		小滝	切幹沈澱池修理のため浸透水が再び小滝沈澱池で処理される
	5月	本山	松木浸透水路新設
1917年(T6)	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
		中才	濾過池を1個増設
		通洞	有越澤の浸透水路を改修
1918年(T7)	11月	切幹	小滝の坑水、浸透水が再び切幹の沈澱池にて処理される
		本山	高原本浸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
	12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	浸漙機の橋を改修
	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	選鉱廃水路を木橋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
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修
	10月	中才	乾泥池及び利水池改修
	10月	砂形	乾泥池及び利水池改修
1936年(S11)	11月	中才	浄水場改修
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	沈澱池堰堤増築
1952年(S27)	10月	切幹	キルンドライヤー新設

みで乾泥場の規模を挙げてはいないこと⁽⁶³⁾（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、沢沿いや堆積場からの浸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⁽⁶⁴⁾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⁽⁶⁶⁾が挙げられる。

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堅坑や光盛第一堅坑またはその他の堅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⁽⁶⁷⁾（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⁽⁶⁹⁾。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、

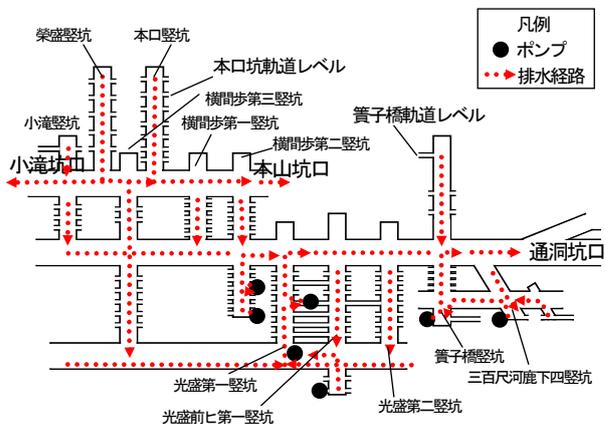


図-4 坑内水の排出方法⁽⁶⁸⁾

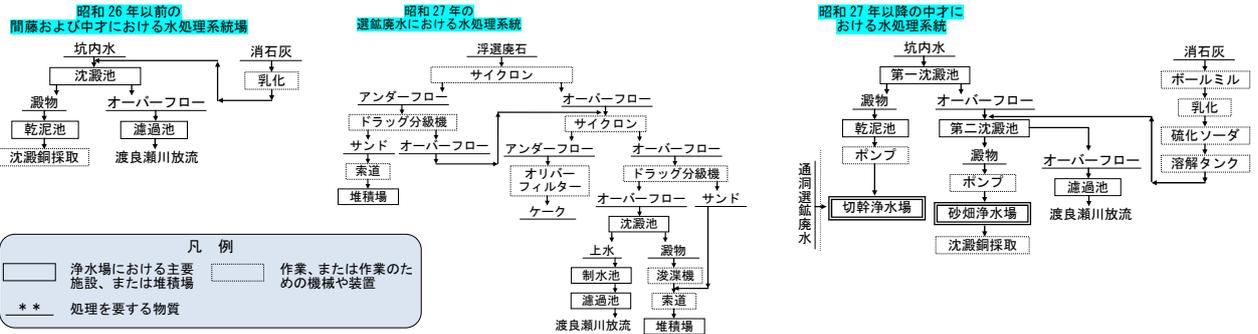
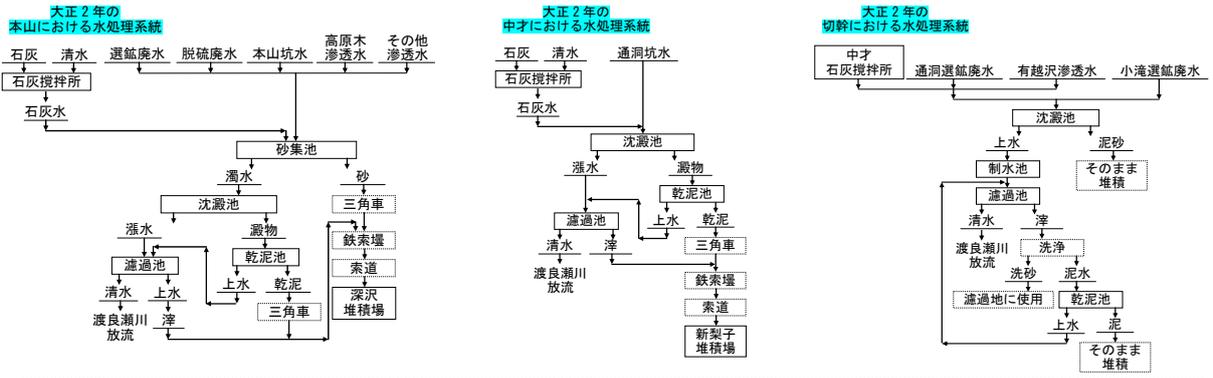


図-5 廃水処理の流れの変遷⁷¹⁾

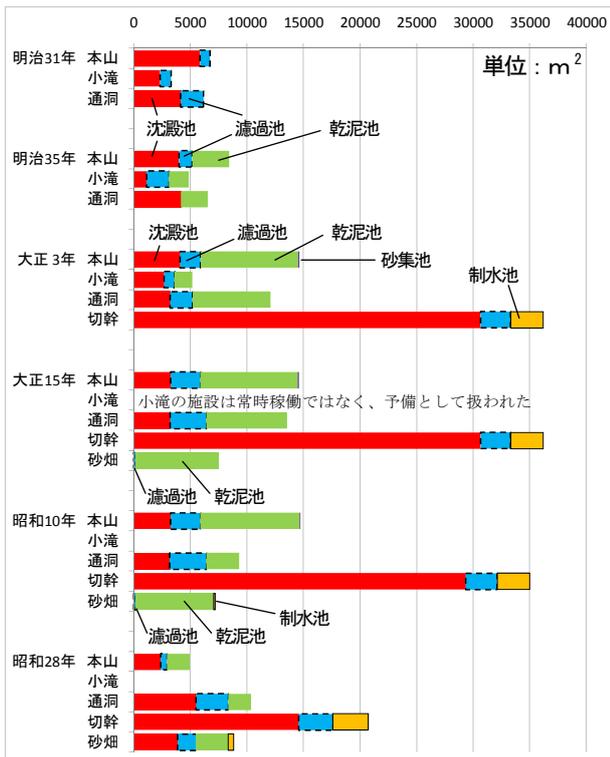


図-6 浄水施設の規模の変遷⁷²⁾

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⁷⁰⁾（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

表-3 堆積場の変遷⁷³⁾

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	泥渣、塵石
		明治43年堆積物変更	小瀧泥渣及塵石
3	文象	明治30年の予防命令（第三回）による建造	坑内塵石（捨石）
4	砂形	明治30年の予防命令（第三回）による建造	坑内塵石
		昭和3年増設	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	選鉱塵石（捨石）
7	高原木	明治31年～35年の間に建造	鏝及塵石
		明治43年増設	同上
8	通洞下	明治31年～35年の間に建造	同上
9	文象沢大切	明治31年～35年の間に建造	同上
10	廣道地	明治31年～35年の間に建造	同上
11	切幹	明治40年新設	中才及間藤泥渣
		明治42年増設	同上
		明治44年増設	同上
12	銀山平	明治40年新設	選鉱、塵石
		明治43年増設	坑内及選鉱塵石
13	小瀧大曲	明治40年新設	坑内塵石
14	水梨子澤	明治40年新設	選鉱、塵石
15	杉名畑澤	明治40年新設	坑内塵石
16	栗畑	明治44年新設	坑内塵石
17	有越	明治45年新設	通洞小瀧選鉱塵石、中才泥渣
		大正5年増設	同上
18	松木	明治45年新設	鏝及坑内塵石
19	深澤	大正3年新設	間藤泥渣
20	原	大正5年新設	捨石、泥渣
		昭和3年増設	選鉱塵石
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	簗子橋	昭和35年から使用	沈殿物

クの変化が本山、小瀧、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）までの小瀧の浄水施設の縮小分を切幹の浄水施設が担っており、その分沈殿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



図-7 本山の浄水施設（間藤）⁷⁴⁾

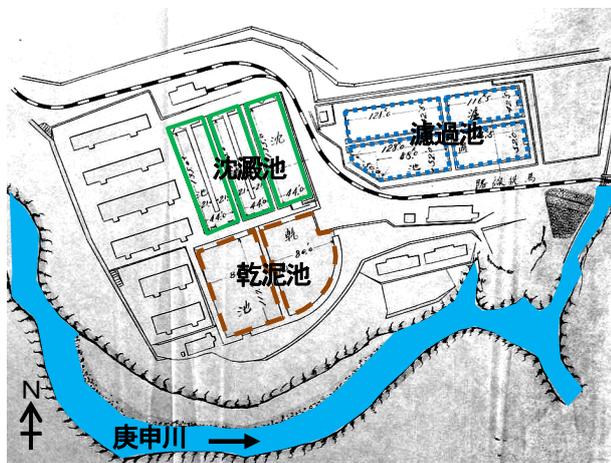


図-8 小滝の浄水施設⁷⁵⁾

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

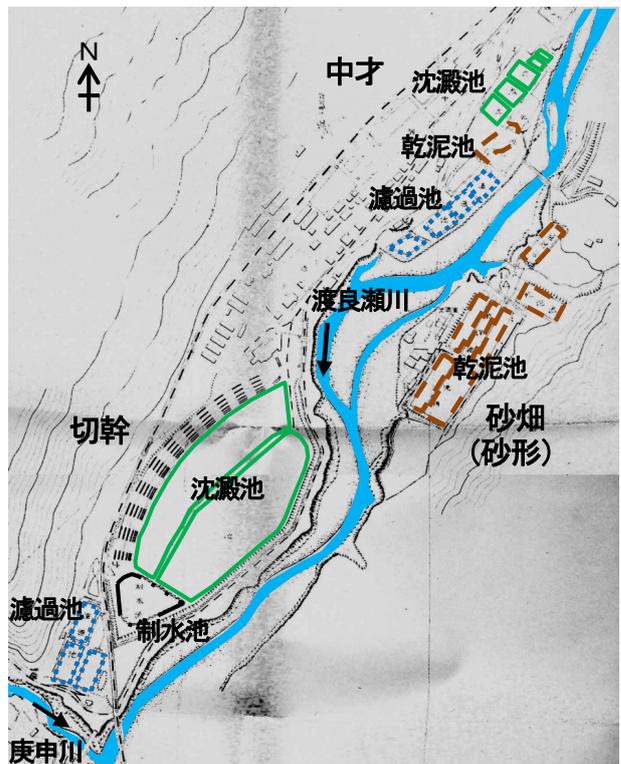


図-9 通洞の浄水施設（中才と切幹）⁷⁶⁾

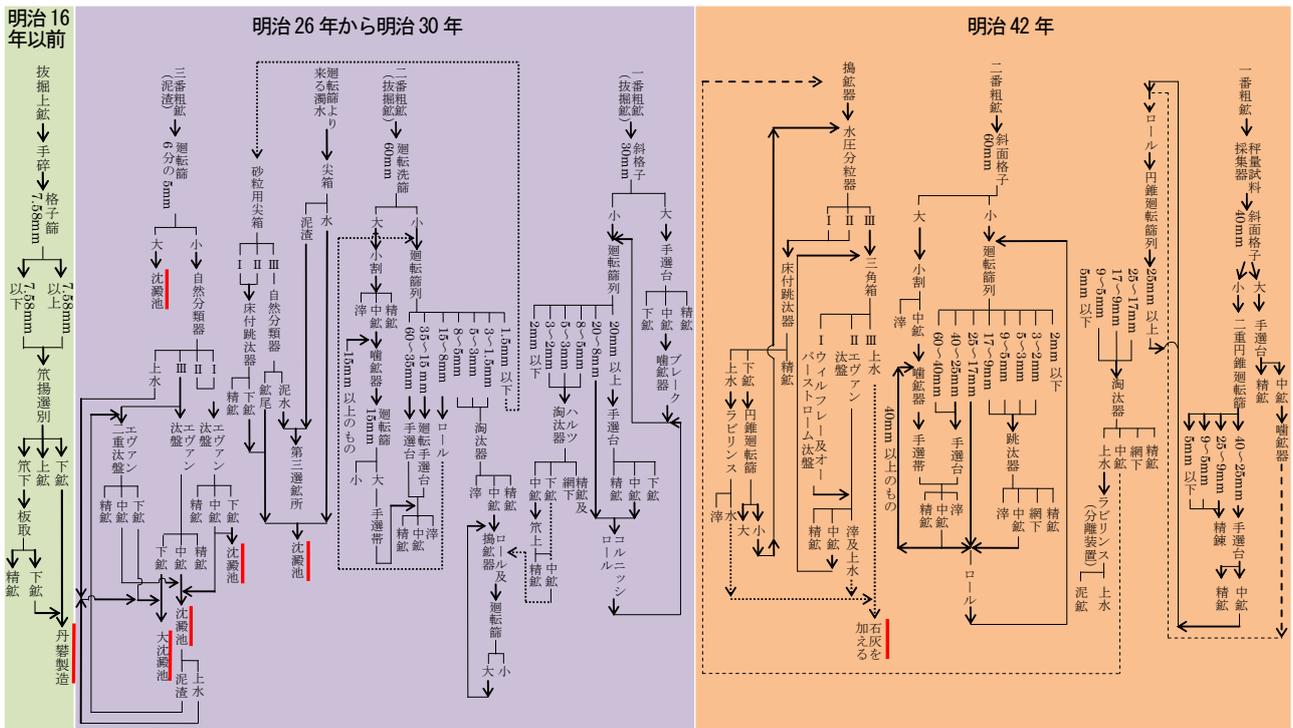


図-10 選鉱工程の変遷⁷⁹⁾

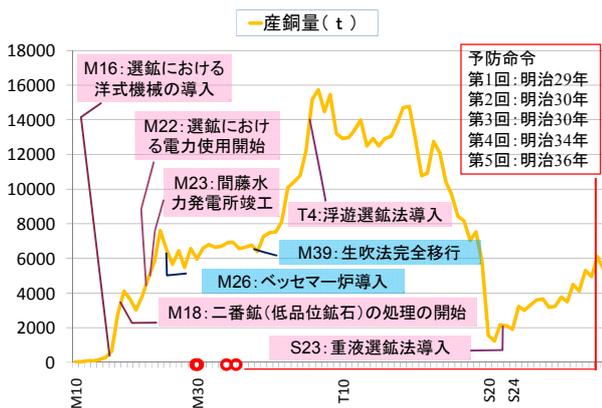


図-11 選鉱技術の導入と産銅量との関係⁸¹⁾

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、水処理の工程や沈澱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。

(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)には神保ヒ、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⁷⁷⁾。

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、

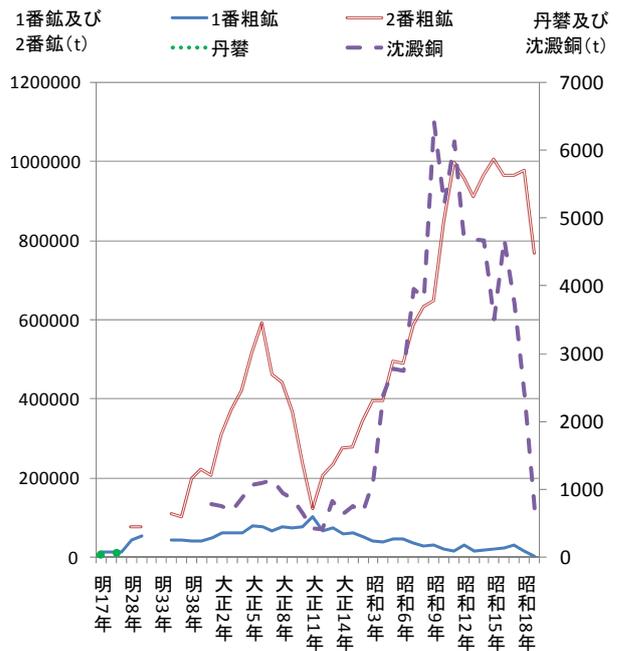


図-12 採鉱量(粗鉱量)の推移⁸³⁾

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⁷⁸⁾(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⁸⁰⁾（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濁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）⁸²⁾（図-12参照、沈澱銅の採鉱量の増加が著しい）。

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⁸⁴⁾、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。

表-4 全国の鉱山における処理施設⁸⁵⁾

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、濃深機	659	260	間藤 0.04723 中才 0.03381	間藤 0.46900 中才 0.64230	間藤 0.00007 中才 0.00016	間藤 0.39160 中才 0.57990	196
別子	明治31	明治39年迄石灰乳中和以降中和を行わず	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、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 大雄院 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

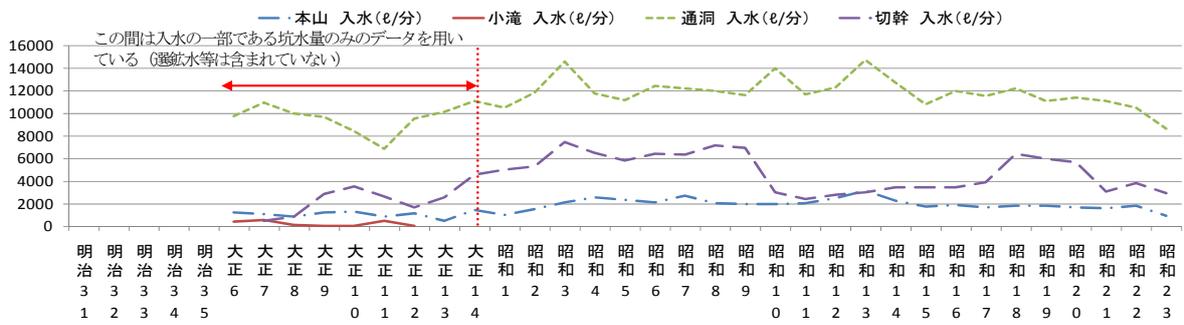


図-13 浄水施設への入水量の変化⁸⁶⁾

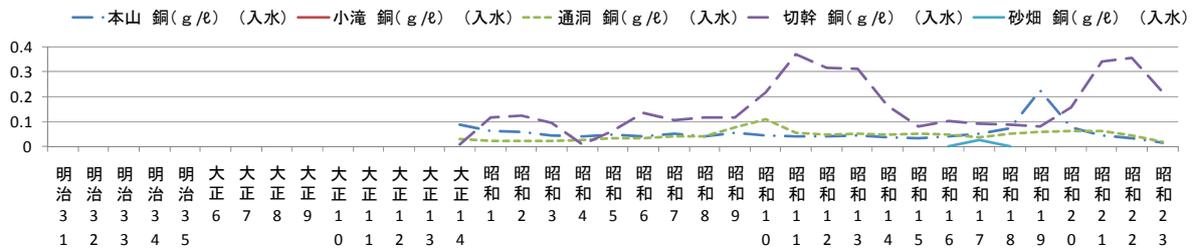


図-14 入水中の銅成分の量の変化⁸⁷⁾

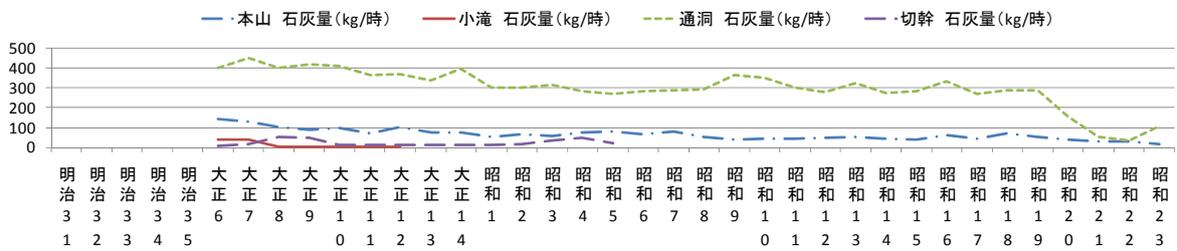


図-15 石灰使用量の変化⁸⁸⁾

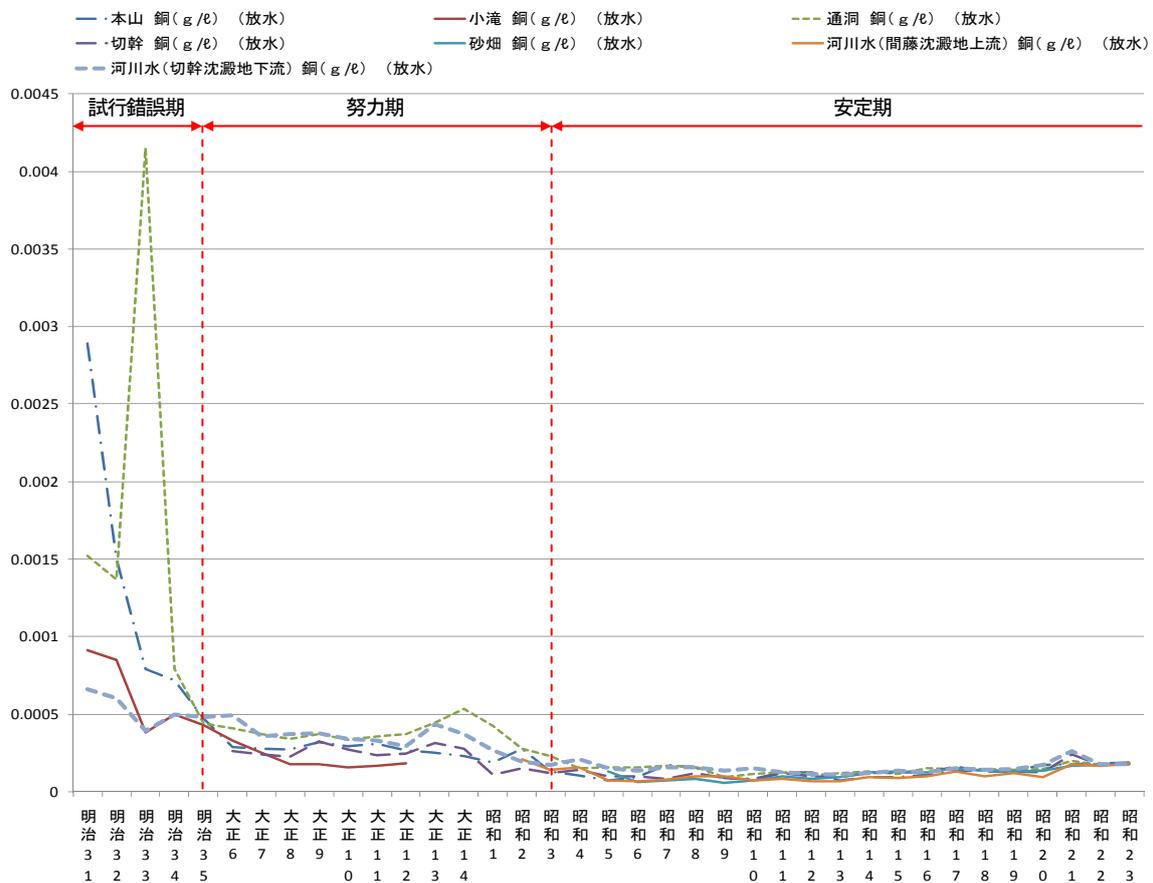


図-16 各浄水場からの放水および河川に含まれる銅成分の変化⁸⁹⁾

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。

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鉍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、鉍毒水の排出口となる坑口、選鉍場、堆積場などの鉍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、坑口や製錬所や選鉍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、鉍毒水の発生が産銅技術、特に選鉍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、鉍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・補注

- 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-鉍山-」, ジェイエス教育新社, 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：「資料足尾鉍毒事件」, 亜紀書房, 1971.
- 15) 鹿野政直, 「足尾鉍毒事件研究」, 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：「足尾銅山鉍毒事件」, 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 足尾銅山鉍毒事件 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.
- 2 1) 前掲 2 0)。
 - 2 2) 「足尾銅山予防工事一斑」, 足尾銅山古河鉱業所, 1898.
 - 2 3) 「足尾銅山鉱毒予防工事現況一斑」, 古河鉱業事務所, 1902.
 - 2 4) 日本工学会: 「明治工業史 鉱業編」, 啓明会, 1930.
 - 2 5) 鉱山懇話会: 「日本鉱業発達史」, 上巻, 鉱山懇話会, 1932.
 - 2 6) 鉱山懇話会: 「日本鉱業発達史」, 下巻, 鉱山懇話会, 1932.
 - 2 7) 日本経営史研究所: 「創業 100 年史」, 古河鉱業株式会社, 1976.
 - 2 8) 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.
 - 2 9) 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.
 - 3 0) 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.
 - 3 1) 村上安正: 「足尾銅山史」, 随想舎, 2006.
 - 3 2) 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.
 - 3 3) 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.
 - 3 4) 産業環境部 環境政策課: 「環境白書」, 太田市, 2008.
 - 3 5) 庶務係保存書類: 「足尾銅山鉱害予防ニ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.
 - 3 6) 経理課庶務係: 「浄水施設 沈澱銅採取設備ニ関スル綴」, 古河機械金属所蔵, 1916.
 - 3 7) 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.
 - 3 8) 庶務係: 「浄水施設ニ関スル綴第五 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.
 - 3 9) 「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.
 - 4 0) 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.
 - 4 1) 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.
 - 4 2) 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.
 - 4 3) 前掲 3 5) - 4 2) 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。
 - 4 4) 前掲 1 5) 、 p. 35、前掲 2 9) 、 p. 693、前掲 3 2) 、 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 1 4) 、 p. 6 を参考とした。
 - 4 5) 前掲 1 5) 、 pp. 31-33、前掲 2 9) 、 p. 693 を参考とした。
 - 4 6) 前掲 2 9) 、 pp. 743-748、前掲 3 2) 、 pp. 258-262 を参考とした。
 - 4 7) 前掲 2 9) 、 p. 734、前掲 3 2) 、 pp. 223-224、前掲 3 3) 、 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。
 - 4 8) 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 3 2) 、 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 3 3) 、 p. 462 を参考とした。
 - 4 9) 前掲 3 3) 、 p. 309 を参考とした。
 - 5 0) 前掲 3 2) 、 p. 266 を参考とした。
 - 5 1) 前掲 3 3) 、 p. 495 を参考とした。
 - 5 2) 前掲 3 2) 、 pp. 208-210 を参考とした。
 - 5 3) 前掲 3 3) 、 p. 506 から考察した。
 - 5 4) 前掲 3 3) 、 p. 315 のものを基にし、加筆した。
 - 5 5) 前掲 3 3) 、 pp. 314-324 を参考とした。
 - 5 6) 前掲 3 2) 、 p. 212 を参考とした。
 - 5 7) 前掲 2 2) 、 pp. 4-8、前掲 3 3) 、 pp. 521-524 で確認した。
 - 5 8) 前掲 2 2) 、 pp. 4-8 の記載内容から作図した。
 - 5 9) 前掲 2 2) 、 pp. 11-13 から引用した。
 - 6 0) 昭和 4 年の全山図を基に作図した。
 - 6 1) 前掲 2 3) 、 pp. 20-23。前掲 3 3) 、 p. 545 で確認した。
 - 6 2) 前掲 3 3) 、 pp. 751-752 を参考とした。
 - 6 3) 前掲 2 2) 、 pp. 9-13 から引用した。
 - 6 4) 前掲 6 2) と同様。第五回予防命令の内容から判断できる。
 - 6 5) 前掲 2 3) 、 pp. 5-6、前掲 2 6) 、 pp. 288-292、前掲 3 2) 、 p. 211、前掲 4 2) の情報を用いて作成した表。なお、前掲 3 2) では粉末銅採取機の導入は明治 26 年~27 年にかけてとされ、前掲 4 2) では明治 25 年とされている。
 - 6 6) 前掲 2 3) 、 pp. 6-10、pp. 17-23 から判断できる。
 - 6 7) 前掲 3 3) 、 pp. 751-752、前掲 4 0) より確認した。前掲 4 0) からは昭和に入っても行われていたことがわかる。

- 6 8) 前掲4 0) 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。
- 6 9) 前掲2 6)、p. 290で確認した。
- 7 0) 前掲4 2)で確認した。
- 7 1) 前掲3 6)、前掲4 2)から引用し作図した。
- 7 2) 明治31年は前掲2 2)より、明治35年は前掲2 3)より、大正3年は前掲3 6)より、大正15年は前掲3 7)より、昭和10年は前掲3 9)より、昭和28年は前掲4 2)よりそれぞれ引用した。
- 7 3) 前掲2 2)、p. 18、前掲2 3)、p. 15、前掲1 8)、p. 245、前掲2 6)、pp. 288-293、前掲3 1)、p. 299、前掲3 4)、pp. 41-42の記載内容を基に作成した表。
- 7 4) 前掲6 8)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。
- 7 5) 前掲3 8)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。
- 7 6) 前掲7 4)と同様。
- 7 7) 前掲2 7)、pp. 83-84で確認した。
- 7 8) 前掲2 4)、p. 252、前掲3 1)、pp. 151-152で確認した。
- 7 9) 明治16年の図は前掲2 4)、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2 8)、pp. 104-107掲載の図を引用し加筆した。
- 8 0) 前掲3 1)、pp. 135-137を参考とした。
- 8 1) 産銅量は前掲3 1)、p. 628のデータを使用した。導入技術は前掲3 1)、p. 627および前掲3 0)、pp. 150-152から引用し、作図した。
- 8 2) 前掲3 6)で確認した。
- 8 3) 明治39年までのデータは前掲3 0)、p. 216から、大正1年から大正15年までのデータは前掲3 1)、p. 269から引用し、作図した。
- 8 4) 前掲3 0)、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、選鉱過程の機械化が回収しきれない多くの粉鉱を生み出したことが鉱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3 3)、pp. 318-312においても、渡邊渡、細井岩彌の報告で、鉱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鉱業と断言できるとしていることが確認できる。
- 8 5) 前掲2 6)、p. 266の表からデータを引用し、作図した。
- 8 6) 前掲2 2)、p. 34、前掲2 3)、p. 19、前掲2 6)、p. 283、pp. 296-298、前掲4 1)から得られたデータを使用した。なお、前掲4 1)のものは古河から東京鉱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。
- 8 7) 前掲8 6)と同様。
- 8 8) 前掲8 6)と同様。
- 8 9) 前掲8 6)と同様。

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***

本研究では、廃水処理対策に関し、第五回予防命令までの経緯、水処理のネットワークおよび浄水施設の変遷、その後の水処理系統の変遷、施設の配置、選鉱技術と関連、他鉱山の廃水処理施設との比較、水質の変化等について整理を行った。その結果、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の整備と、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こと、浄水場は生産拠点である本山、小滝、通洞の時代ごとの変化に対応して変容していたこと、浄水場の各池の配置は処理作業上の流れを考慮したものであったこと、などの特徴を有していることが確認できた。

A Study on the Transition of the Measures against Wastewater Contamination owing to Ashio Copper Mine *

By Tatsuya AOKI**・Mamoru NAGAI***

In this paper, the histories related to the measures against wastewater contamination owing to mining in Ashio are focused on such transition as the recognition of the causes until the fifth order by the government, improvement of the facilities connected by the network to prevent the water pollution, the location and the layout of them, the relation between the ore dressing process that affected to outflow of poisonous water, and the water quality including the comparison of the facilities with the other mines. As a result, the characteristics of the network and the water treatment plants in Ashio are described.
