

□報告□

足尾銅山が引き起こした鉱害における環境およびヒトへの影響

高石 雅樹¹ 大嶋 宏誌² 浅野 哲¹

抄 録

足尾銅山における「足尾鉱毒事件」は日本最初の公害であり、採掘技術の近代化および大規模化により鉱害は拡大した。鉱害は、製錬所から出る亜硫酸ガス等の有害物質や過剰な伐採による森林の荒廃および農作物の枯死、選鉱排水や鉱石堆積場から漏れ出る銅等の重金属を含んだ水による魚類の斃死および農作物被害であった。また、衛生環境の悪化が原因と思われる出生率の低下や死亡率および死産率の増加が起こっていた。鉱害対策は明治期から行われていたが、煙害は自熔炉精錬法導入まで解決せず、鉱毒水問題は精錬事業停止まで解決しなかった。現在、国や栃木県、NPO、市民ボランティア等が協力して植林活動を行っている。しかしながら、膨大な土地改良事業費用や治山活動費用を費やしても、かつての姿は取り戻せていない。近年は我が国で大規模な公害が発生する状況にはないが、東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故のように、通常とは異なる条件により発生する可能性は否定できない。したがって、過去の公害による知識を利用して十分な予防措置をとることが重要である。

キーワード：足尾銅山、鉱害、鉱毒水、煙害

Pollution caused by Ashio Copper Mine and its effects on environment and human health

TAKAISHI Masaki, OSHIMA Hiroshi and ASANO Satoshi

Abstract

The Ashio Copper Mine Mineral Pollution Incident was the first pollution-related incident to be recorded in Japan, and the pollution caused by mining expanded along with the modernization and expansion of mining technology. The pollution caused the devastation of forests, withering of crops, dying of fish, and crop damage. Devastation of forests and withering of crops were due to excessive deforestation and harmful substances, such as sulfurous acid gas, from the refinery. Dying of fish and crop damage were caused by the leaking of pit wastewater and water containing heavy metals, such as copper, from ore deposit sites. In addition, the decline in the birth rate and increase in the death and stillbirth rates at that time may have been due to the worsening of the health-related environment. Although anti-pollution measures had been carried out from the Meiji era, smoke damage was not resolved until the introduction of the flash smelting method, and the issue of water contamination by minerals was not resolved until the refinement business was suspended. The national and Tochigi prefectural government, NPOs, and citizen volunteers are currently working together on tree planting. However, even with enormous budgets spent on agricultural land improvement projects and forest conservation activities, the environment has not regained its previous appearance. In recent years, while pollution on a massive scale rarely occurs in Japan, we cannot rule out the possibility of it occurring in the case of abnormal conditions, such as the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station caused by the Great East Japan Earthquake. Therefore, it is important to use the knowledge gained through past pollution-related incidents in order to take sufficient measures.

Keywords : Ashio Copper Mine, pollution caused by mining, water contamination by minerals, smoke pollution

受付日：2014年12月12日 受理日：2015年3月13日

¹ 国際医療福祉大学 薬学部

School of Pharmacy, International University of Health and Welfare

takaishi@iuhw.ac.jp

² 国際医療福祉大学 薬学部 薬学科 2011年度卒業

Graduated from School of Pharmacy, International University of Health and Welfare in 2011



図1 現在の足尾銅山（2011年9月24日撮影）
a: 煙害により禿山となった松木溪谷, b: 植林活動中の荒廢地, c: 本山精錬所の煙突, d: 古河橋

I. はじめに

栃木県日光市（旧足尾町）の足尾銅山（図1）は国内最大の銅産出を誇った銅山であり、日本初の公害「足尾鉍毒事件」を引き起こした。足尾鉍毒事件は明治時代に国会議員田中正造により取り上げられ、国民に広く知れわたったものの、被害の詳細はあまり知られていない。

そこで、日本最古の公害「足尾鉍毒事件」における、環境やヒトへの影響とその原因および対策について報告する。

II. 足尾銅山の鉍害

1. 環境への影響

足尾銅山は1610年に備前楯山と命名されて開発が始まったが、1550年には既に発見されていた。1680年代には生産量が江戸期のピークになり（図2）、このとき既に渡良瀬川で鮭が取れなくなり、補償の願い出や、銅製錬燃料用の森林伐採による洪水や農作物への影響が出ていたといわれている³⁾。また、1821年の出水では鉍滓が流れ出し、新梨子や赤沢村の農作物

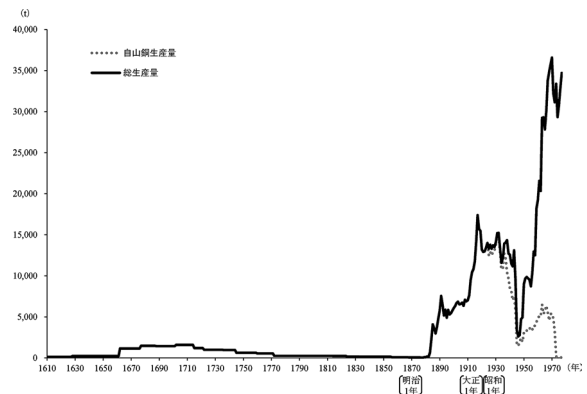


図2 足尾銅山における粗銅生産量の推移^{1,2)}
1925年より他山銅も使用。1973年に閉山。1610～1876年は、数年～数十年間の年間平均産銅量。

に大きな被害が出ている⁴⁾。その後、銅の生産量は減少して幕末の頃はほとんど廃山に近い状態となり、被害も落ち着いた。しかしながら、古河市兵衛が買い取り1877（明治10）年に経営を開始すると、10年ほどの間に大鉍脈が発見され、生産量が劇的に増加した⁵⁾（図2）。これ以後、採掘技術の近代化や相次ぐ大鉍脈の発見等により銅生産量は増加し、鉍害問題が顕在化した。

鉱害として最初に発生したのが魚類の斃死であり、1870年代後半には魚が死んで川に浮かんでいた³⁾。渡良瀬川は日本有数の恵み豊かな川であり、鮭、鮎、鯉、鱒等が生息し、漁民は1881(明治14)年には約3,000人いた⁶⁾。また、渡良瀬川の水は農業や生活用水、機織りの染色等に用いられていた。しかし、1884(明治17)年に下野新聞の「樹木が昨暮以来枯れ凋む」、翌年には朝野新聞の「未曾有の香魚大量死。足尾銅山より丹礬の気の流出が原因か」が報道された⁵⁾。1888(明治21)年には漁民は788人まで減り、それも名義上の漁民のみであった⁶⁾。その後も長年、銅山周辺の川には魚がいない状態が続いた。しかしながら、1960年代後半からの魚の放流等の活動により、1970年代から渡良瀬川では再び魚の姿が多くみられるようになった。

足尾周辺では森林枯死による「禿山化」が起こっており、①山火事、②森林伐採、③煙害が原因と考えられている。①1887(明治20)年4月、松木村の「お日待ち山火」の祭り火が突風にあおられて燃え広がり、1,090.9ha(1,100町歩)の土地を焦土にした⁶⁾。しかしながら、山火事だけでは現在まで禿山であるとは考えにくい。②銅の製錬や蒸気機関用等に身近な山の木が伐採されて使用され、1881～1893(明治14～26)年における足尾の官林伐採面積は6,703.8haで、足尾の官林輪伐区面積の61%、足尾官林総面積の50%であった^{7,8)}。③製錬所からの煙により、付近の森林が枯死した(図3A)。松木村では煙害により桑の栽培ができなくなり、養蚕が廃業した³⁾。村人は不利な永久示談を契約させられ、松木村が消滅した³⁾。松木村のあった地域は、現在も草木のないグランドキャニオンのもようであり、「観測監視地区」として残されている(図1a)。植林活動は明治期から行われていたが、森林伐採と煙害により、足尾銅山操業中は悪化し続けた。

荒れた山は保水力を持たないため、大雨により渡良瀬川流域では大規模な洪水が起こった。さらに洪水で川に土砂が運ばれて川底が厚くなり、洪水が起きやすくなった。雨の多い足尾を上流に持つ渡良瀬川は氾濫の多い川であり、川の氾濫により新しい肥沃な土を運

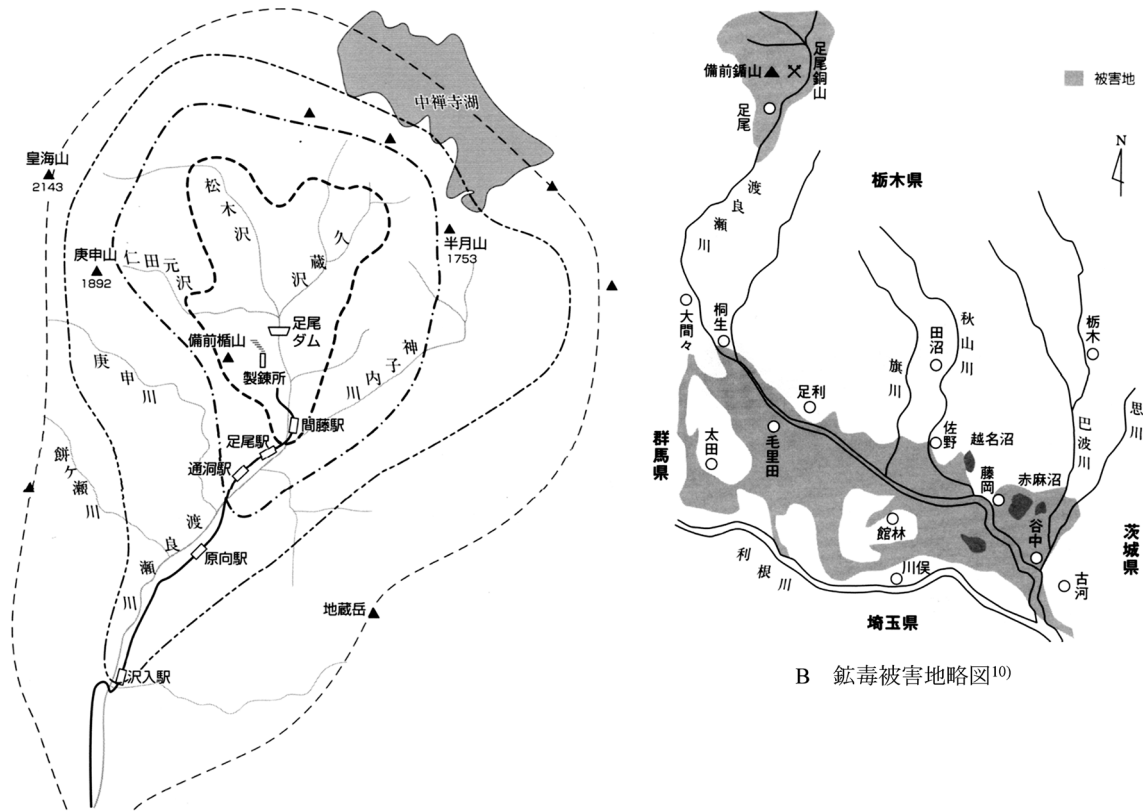
表1 海老瀬村堤外地における農産物減損歩合(1885～96年)⁸⁾

年次	大麦 (合)	小麦 (合)	藍 (貫)	菜種 (合)
1885 (明治 18)	1,000	1,500	100	1,000
1886 (19)	1,800	1,300	80	800
1887 (20)	1,600	1,000	60	600
1888 (21)	1,500	800	50	500
1889 (22)	1,000	800	30	400
1890 (23)	600	500	0	0
1891 (24)	500	400	0	300
1892 (25)	300	0	0	200
1893 (26)	0	0	0	0
1894 (27)	0	0	0	0
1895 (28)	0	0	0	0
1896 (29)	0	0	0	0

田畑反別 427 町 6 反 4 畝 26 歩 (427.6452 ha)
堤外反別 150 町 6 反歩 (149.35586 ha)

んでくるので、農作物の不作に悩まされることがなかった。しかしながら、鉱毒水が渡良瀬川に流れ込むようになってからは稲の立ち枯れ等の農作物の不作が起こり、この枯れた稲は根がほとんど張っていなかった(図3B)。1890(明治23)年には、渡良瀬川の大洪水により広大な農地が被害を受けた⁹⁾。群馬県邑楽郡海老瀬村ではこれ以後、収穫ができなくなる作物がみられた(表1)¹¹⁾。古在と長岡は1892(明治25)年に「栃木・群馬渡良瀬川沿岸被害地取調報告書」にて、大小麦や水陸稲の長さは3、4寸で黄色く枯れ、豆や里芋や桑樹、さらに被害の甚大な所では雑草まで枯れており、被害地の多くは洪水の際に泥を沈殿した所であるため、川底に溜まった有毒の汚泥が原因であると報告している¹²⁾。1897(明治30)年の「足尾銅山公害被害概表」では、足尾銅山周辺における被害農地面積は46,723ha、総被害額は当時の足尾銅山年間売上高の約10倍であったと報告されている^{5,8)}。そして、1934(昭和9)年には、予防工事命令で設置された沈殿池が溢水し、甚大な被害が発生した³⁾。

1973(昭和48)年2月28日に足尾銅山は閉山したが、他の銅山の鉱石を用いて製錬事業が続けられたため、鉱毒問題は消えなかった³⁾。



A 煙害区域図¹⁾

B 鉍毒被害地略図¹⁰⁾

	区分	面積 (ha)
	裸地 (鉍煙濃厚にして、植物育成不能)	2,598
	激害地 (森林経営不可能、耐煙樹種植栽)	4,618
	中害地 (耐煙樹による低度の林業経営可能)	8,085
	微害地 (葉にのみ被害微候、林業経営可能)	15,557
	計	30,858

図3 鉍害被害地図

2. ヒトへの影響

ヒトへの影響については、疫学調査の報告が僅かに存在する程度である。

1894～1898(明治27～31)年の5年間では、栃木県、群馬県および埼玉県の鉍毒被害地における出生数が1,326人に対し、死亡者数は1,586人となった¹²⁾。そして栃木県安蘇郡植野村大字船津川では、1896(明治29)年の大洪水を境に死亡者数が出生者数を上回り、死産数と2歳以下の死亡者数が顕著に増加しており、日本全体の人口増減率と比較すると明治

28年より著しく低くなっている(表2)⁴⁾。栃木県安蘇郡界村大字高山では、死産を含めた2歳以下死亡数(1,000人当たり)が、1883～1887(明治16～20)年の5年間は15.4人であったのに対し、1894～1898(明治27～31)年では31.2人と2倍以上に増加している⁵⁾。またこの地区では、1895～1899(明治28～32)年の5年間の徴兵検査合格者は51人中1人のみで、この者も入営後10日で病により除隊している⁶⁾。

宮入は1899(明治32)年10月の調査で、24人の妊婦や授乳中の者において母乳のあまり出ない者がい

表2 鉍毒被害地出産死亡表

年次	戸数	人口	出生者	死亡者				人口増減率 (%)	日本全体の 人口増減率 (%)
				死体分娩	2歳以下	2歳以上	合計		
1892 (明治 25)	187	1,249	46	2	8	20	30	1.28	0.87
1893 (26)	192	1,249	54	3	5	22	30	1.92	0.69
1894 (27)	191	1,258	43	6	7	15	28	1.19	1.01
1895 (28)	191	1,267	39	7	4	22	33	0.47	1.05
1896 (29)	190	1,292	32	6	6	23	35	-0.23	0.97
1897 (30)	187	1,354	29	7	10	16	33	-0.30	1.15
1898 (31)	187	1,348	25	12	14	22	48	-1.71	1.21

栃木県安蘇郡植野村大字船津川 1898 (明治 31) 年 12 月調査^{3,13)}

たものの鉍害との直接の因果関係は明確ではなく、農業の不作による栄養不足が原因であると考えられると報告している^{6,10)}。

一方で1947 (昭和 22) 年、カスリーン台風により、渡良瀬川流域で700人を超える死者が出た⁵⁾。

「公害健康被害の補償等に関する法律」が1973 (昭和 48) 年に制定されているが、足尾鉍毒事件の被害者は含まれていない。

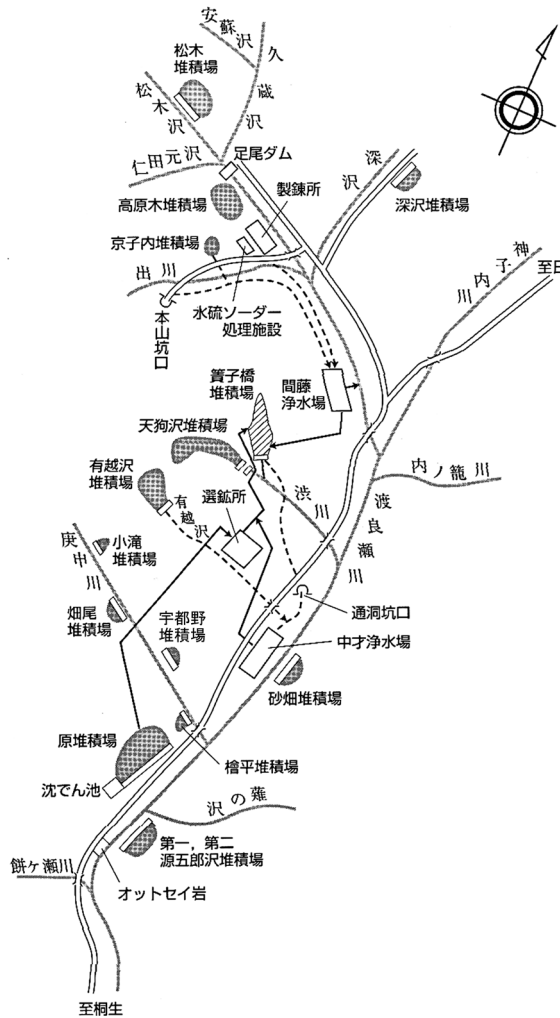
Ⅲ. 鉍害の化学的原因

1. 鉍毒水

足尾銅山では主に黄銅鉍が採れ、銅 27%、鉄 33%、鉛 0.24%、亜鉛 0.31%、カドミウム 0.06%、その他に砒素、銀、アンチモン、コバルトおよびニッケル等が含まれていた¹⁴⁾。この黄銅鉍を高純度の銅にするために、「選鉍」が行われる。選鉍では水や薬品を使用するため、重金属を含んだ選鉍排水が出る。鉍滓と呼ばれる汚泥と、廃石および製錬過程で生じる大量のカラミ (スラグ) 等は山の渓谷、窪地、川岸等に堆積され、そこから雨で水が染み出した (図 4)。また、廃石は細かく砕いて渡良瀬川に捨てられもした⁵⁾。そのため、川水の色は恰も粘土と石灰を混流したようであり、これらの重金属を含んだ水が「鉍毒水」である。

1890 (明治 23) 年、栃木県立宇都宮病院調剤局局長の大沢が渡良瀬川の足利郡毛野村大字北猿田渡舟場上で流水分析をし、亜硝酸、銅、アンモニア等を含むため飲用に適さないと指摘している¹⁰⁾。1892 (明治 25) 年の古在と長岡の調査では、被害地の土壌は

銅を多く含有し、被害の程度と銅濃度が相関していた¹⁰⁾。そして、洪水で流れ込んだ汚泥は銅を最も多く含有していた。また、被害土壌中には硫酸および亜酸化鉄も多く含有しており、特に硫酸濃度は銅濃度と相関していたため、これらを植物被害の原因と断定している。植物は生長に塩基性化合物を必要とするので、これら酸性塩類は植物の生理作用を阻害する。ケニヒらは、自然に近い土を用いて硝酸銅と硫酸銅が 1:3 の溶液による発芽への影響を検討したところ、種子発芽の 10 日以後経日的に生長に違いがみられ、大麦と燕麦では生長度が銅濃度と逆相関していた¹²⁾。また、ドイツのレンネ地方で黄鉄鉍採掘坑より鉍水が流出した際においては、牧草の被害と鉄濃度が相関していた。これらの報告より、「栃木・群馬渡良瀬川沿岸被害地取調報告書」では、栃木県および群馬県下渡良瀬川沿岸耕地の不毛は、洪水で川底の有害な汚泥が浮かび氾濫して田畑に混入したことで銅塩および酸性塩類濃度が上昇し、さらに酸性銅塩が土を硬くし空気の通りを妨げて土壌の酸素不足が起きたことが原因と断定している¹⁰⁾。さらに、ドイツの乳牛が重金属汚染地区の草を食べた後に産乳量が減少しており、渡良瀬沿岸被害地の植物を家畜に与えるべきではないと指摘している。1892 年の渡良瀬川の川底および水中銅濃度の測定結果より、長岡は 1897 (明治 30) 年の足尾銅山鉍毒調査委員会において、「選鉍が鉍毒水の最も重い原因である」と指摘している¹²⁾。また、水田は水に溶解した物質が灌漑水によって流出して薄くなるため、陸田に比べ被害が少ないと述べている。現在では、銅



名称	堆積年月	堆積量 (m ³)
松木堆積場	1912. 10 ~ 1960. 10	586,500
高原木堆積場	1901. 01 ~ 1960. 04	1,145,324
京子内堆積場	1897. 05 ~ 1935. 03	180,000
深沢堆積場	1914. 12 ~ 1925. 05	88,151
有越沢堆積場	1912. 01 ~ 1953. 01	1,822,214
天狗沢堆積場	1937. 10 ~ 1959. 12	463,640
小滝堆積場	1959. 03 ~ 1959. 12	0
畑尾堆積場	1958. 11 ~ 1959. 12	13,762
宇都野堆積場	1897. 05 ~ 1959. 12	6,765
檜平堆積場	1943. 12 ~ 1959. 12	30,506
砂畑堆積場	1953. 05 ~ 1959. 12	59,670
原堆積場	1917. 06 ~ 1960. 01	1,411,816
源五郎沢堆積場	1943. 10 ~ 1959. 12	161,995
箕子橋堆積場	1960. 02 ~	5,254,344

2012 (平成24) 年3月末現在

図4 堆積場と排水処理系統図^{1,15)}

は還元土壌では難溶性の硫化銅になるため毒性が軽減されることが明らかになっており、水田は田を水で覆うことによって土壌が還元状態になっているため硫化銅へ変化しやすく、被害が少なかったと考えられている。1901 (明治34) 年の「川俣事件」の裁判記録である「鉍毒被害民兇徒嘯聚被告事件控訴公判鑑定人及証人調書」で横井が、溶解性銅が植物の根の組織を障害して腐食や枯死することがあり、桑の木については根が深いものの、新しく植えたものは下層に根を張ることができず枯れることがあると述べている¹⁰⁾。現在では、過剰の銅は根の生長点付近等に蛋白質と複合した状態で蓄積して根の伸長を阻害し、養水分の吸収を阻害することが知られている。

明治期は鉍毒の原因は銅や鉄が主なものと考えられていたが、その後、排水に砒素も含まれていることが

明らかとなっている。また、戦後にはカドミウムが米から検出された。1972 (昭和47) 年の群馬県による調査では、川底のカドミウムは足尾銅山施設すぐ下流で2.3 ppmであり、流域一般河川の平均濃度である0.04 ppmをはるかに超えていた³⁾。また表流水中には、施設下流で0.051 ppmのカドミウムが検出されたが、一方で鉍山上流では検出されなかった³⁾。これらの結果より、群馬県は毛里田のカドミウム汚染の原因を足尾銅山であると断定した。1980 (昭和55) 年には、杉浦により土壌中重金属濃度の測定が行われており、毛里田や渡良瀬川の泥中銅およびカドミウム濃度が著しく高かった (表3)¹⁹⁾。通常は川底に溜まっているこれらの重金属を多く含む泥が、洪水等で浮かび上がることで川水の重金属濃度が高くなる可能性が考えられる。また、堆積場の場内水について1982 (昭和57)

表3 土壌中重金属濃度(濃塩酸加熱抽出法)[1980(昭和55)年]¹⁶⁾

分類	月/日	No.	採取場所			銅	カドミウム	鉛	クロム	
			地層	深さ	採取深度	Cu (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cr (ppm)	
旧谷中村の泥	7/27	A	延命院入口	泥	地表	0m	328.0 [*]	1.17 [#]	60.3	32.4
		B	より道の反対側より	泥+淡赤色砂	0~1.14m	0.90m	206.0 [*]	0.51 [#]	36.4	32.6
		C	300m地点	粘土	1.14~1.31m	1.20m	76.3 [*]	0.64 [†]	32.3	50.0
		D	(貯水池掘削排土その351工事現場)	砂	1.31~1.36m	1.32m	161.0 [*]	1.54 [†]	27.3	44.6
		E		粘土	1.36~1.55m	1.50m	68.6 [*]	0.75 [†]	28.5	41.0
		F		砂	1.55~1.95m	1.80m	101.1 [*]	0.59 [†]	31.4	43.6
田の泥	7/25	S-14	太田市毛里田長屋司郎氏所有の田, 鉍毒溜の地表面の泥			704.0 [*]	4.96 [#]	96.8	101.0	
		S-15	同上, 鉍毒塚の土(塚の頂上より15cm下)			841.0 [*]	3.12 [†]	84.0	75.9	
渡良瀬川の泥	7/27	20	利根川橋下流20m左岸			331.0 [*]	2.46 [#]	261.0	110.0	
		21	鳥喰(渡良瀬川最終地点)			170.0 [*]	1.79 [#]	52.2	108.0	
		22	三国橋下流100m右岸(古河)			135.0 [*]	1.34 [#]	46.5	61.3	
	7/26	45	田中橋上流50m右岸(足利)			123.0 [*]	5.56 [#]	116.0	71.2	
		46	高津戸橋下流200m右岸(大間々)			476.0 [*]	6.56 [#]	137.0	60.7	
	7/25	48	東橋上流50m右岸(花輪)			95.3 [*]	2.91 [#]	57.5	39.3	
		49-1	草木ダム上流300m右岸 旧道水没地点の泥			606.0 [*]	7.23 [#]	88.4	29.8	
		49-2	草木ダム上流300m右岸 旧道上の湿った泥			1,260.0 [*]	8.44 [#]	123.0	42.4	
		49-3	草木ダム上流300m右岸 旧道上の乾燥した泥			908.0 [*]	6.49 [#]	120.0	36.7	
		49-3	草木ダム上流300m右岸 旧道上のガードレール付着泥			989.0 [*]	9.06 [#]	118.0	34.9	
S-9	草木ダム上流300m右岸 旧道上の死魚			89.6 [*]	2.30 [#]	19.8	10.8			
50	足尾ダム旧松木村への久蔵川ヒューム管下流8m右岸			123.0 [*]	0.94 [#]	62.7	41.1			
発生源	7/25	S-10	原堆積場沈殿地の泥			2,100.0 [*]	1.92 [#]	180.0	9.7	
		S-11	旧松木村鉍滓(カラミ)			3,700.0 [*]	5.72 [#]	1,980.0	160.0	
		S-13	通洞口坑道内(タンパン)			14.1% [*] より大 [*]	1.55 [#]	12.5	18.2	

*: 土壌汚染に係る環境基準 125 mg/kg¹⁷⁾ を超過.

#: 通常の営農活動以外に重金属の負荷の認められない農用地およびその周辺の林地における土壌中カドミウム量(中央値)の表層値 0.39 mg/kg¹⁸⁾ を超過.

†: 通常の営農活動以外に重金属の負荷の認められない農用地およびその周辺の林地における土壌中カドミウム量(中央値)の下層値 0.23 mg/kg¹⁸⁾ を超過.

年に嶋津が分析したところ、原堆積場の場内水で 2.84 ppm および 17.8 ppm の公害防止協定値を超える濃度の銅が検出された(図4)²⁰⁾.

2. 煙害

足尾鉍毒事件は、戦前における「日本四大煙害事件」の1つでもある。1891(明治24)年時の状況について長は、煙突から出る煙の匂いは鼻を衝き朦朧とさせ、煙で太陽が隠れるほどであると述べている³⁾。煙害の主な原因物質は「亜硫酸ガス」であり、酸性雨となり木々を枯らしたり土壌を酸性化させたりした。土壌の

pHが4.2以下になると、酸化物あるいは珪酸塩として存在していた銅やカドミウム等の重金属が溶出し、樹木の根が損傷される。さらに土壌中の有用な微生物が死滅して土壌細菌叢が変化し、有機物の分解、消化作用、脱窒作用、窒素固定作用等が阻害される。1956(昭和31)年の自熔炉設置により亜硫酸は回収され煙害問題は解決したとされているが、これ以前は産銅量の約4倍の亜硫酸ガスが放出されていたと考えられる。

一方で、煙害の原因が亜硫酸ガスのみではないと考えられる。宮崎県土呂久鉍山では亜硫酸を製造してお

り、足尾同様に川水の汚染や農作物被害、ヒトへの健康影響が起こっている²¹⁾。1925～1943(大正14～昭和18)年の足尾の亜硫酸生産量は土呂久より多く、100倍以上生産した年もあった。したがって、足尾では亜硫酸の回収を始める1918(大正7)年以前は、多量の亜硫酸が煙突から排出されていたと考えられる。

IV. 鉍害対策

1. 治山事業

治山事業とは、植林、土砂流出防止施設の建設、山の崩壊防止施設建設等であり、1870年代後半には既に始まっていた。1892(明治25)年、栃木県知事は足尾官林伐採防止のために保安林への編入を国に求めた。1895(明治28)年に栃木・群馬両県知事は、足尾の官有林を禁伐林にして渡良瀬川の水源を涵養するように上申し、銅山の予防工事の必要性も言及した²⁾。その後、1896～1897(明治29～30)年に相次いで制定された河川法、砂防法、森林法に基づき、農商務省から鉍毒防止工事命令²⁾により本格的に実施されるようになった。古河鉍業は治山事業に相当額を費やしていたが、煙害や間伐の勢いが上回っていたため鉍害は止まらなかった。さらに、建設省は1950(昭和25)年に事業費4億円以上を掛けて大規模砂防ダムを建設した¹⁾。しかしながら山の荒廃は止まらず、1952(昭和27)年の林野庁治山課班長、前橋営林局技官、栃木県治山課技師との協議では、煙害が完全になくならない限り植生盤を大量に活用しても緑化は成功しないと結論付けられた⁷⁾。

自熔炉設置により煙害が治まったのを期に、1957(昭和32)年1月に今後の治山治水計画について建設省、前橋営林局、栃木県の三者協議が行われ、建設省は河川の堰堤や護岸工、営林局と栃木県は各々の所轄区域の山腹工事、溪間工事を実施することが決定した⁵⁾。

治山事業は戦後より平成11年度までの間で国有林・民有林合わせて235億円を費やし、現在も実施されている¹⁶⁾。植林活動は、国や栃木県、NPO、市民ボランティア等が協力して行っており、近年は100団体以上、1万人以上が参加している。植林の技術が進歩し、

植生袋や植生土嚢、ヘリコプターによる緑化工事等も進められているが、未だ完全な緑を回復するまでには至っていない(図1b)。

2. 煙害対策

1897(明治30)年5月27日、政府発令の第三回予防工事命令により、脱硫塔が建設された⁹⁾。しかしながらこの脱硫塔の亜硫酸ガス除去率は低かった。1906(明治42)年に足尾国有林復旧事業が開始され、「煙害裸地」、「煙害激甚地」、「煙害地」に分類して1918(大正7)年まで緑化が行われた¹⁶⁾。1915(大正4)年には脱硫塔を休止して⁹⁾、溶鉍炉から76mに及ぶ大煙突が設置された。この装置では粗塵は大煙突に至るまでにほとんど沈下するが、微細塵は大煙室まで至っても沈下率は低かった。また、無風から極微風高湿度、あるいは霧のある気象では、空気の吹込みによって煙突からの排出ガス速度が自然通風より大きく、希釈鉍煙はより高く上空に上った。そして、ガス温の冷却でガス塊のまま静かに下降して着地することで大きな煙害をもたらした。高く上った煙は遠くに至って着地し、中禅寺湖北岸の御料林等の遠隔地にまで煙害が起こり、1917(大正6)年に当局の内諾を得て運転を中止した¹⁶⁾。1918(大正7)年、当時最新技術であった電気集塵機が採用され、これにより鉍塵を完全回収でき、回収した砒素等を商品化した。しかしながら、煙害の主原因である亜硫酸ガスは回収できなかったため、煙害の解決には至らなかった。

1956(昭和31)年に煙害問題解消のため自熔製錬法が導入された。オウトクンプ方式、自熔法および酸化触媒を組み合わせたもので、世界初のシステムであった。これにより、亜硫酸ガスを硫酸として99%以上回収できるようになり、煙害問題はほぼ解決したとされているが、その捕集率は約80%であったともいわれている¹¹⁾。

3. 鉍毒水対策

栃木県は国よりも早期から鉍害の実態を調査しており、栃木県知事は1890(明治23)年4月に被害町村

を巡回し、農科大学に被害調査を依頼した⁵⁾。群馬県も同年6月および7月、農科大学および農商務省に耕地被害の原因調査と除毒法研究を依頼した⁴⁾。1897(明治30)年に埼玉県も土壌分析調査を依頼し、鉍毒流入が農作物被害の原因であることは最早疑いようがないと断定している¹⁰⁾。1897(明治30)年5月27日、足尾銅山鉍毒事件調査委員会の決議により鉍毒予防命令が発せられた。これは濾過池や沈殿池および堆積場の設置、煙突への脱硫装置の設置等の37項からなり、完了期限は180日以内と過酷なものであったが、足尾銅山はこれら全てを期間内に完成させた⁴⁾。しかし、沈殿池・濾過池の能力に対する疑問や、冬季に沈殿池が凍結する恐れもあった。その後も追加の予防工事命令を発令したが収まらず、一方で大規模な洪水が続けて発生したため、遊水池を建設することで洪水問題を収束させようとした。遊水池を埼玉県に作る予定であったが反対運動により断念し、栃木県谷中村を建設候補地とした。谷中村でも田中正造を中心として大きな反対運動が起こったが、土地収用法により家屋が破壊され、渡良瀬遊水地が1930(昭和5)年に完成した³⁾。

1947(昭和22)年のカスリーン台風での渡良瀬川流域大規模洪水に伴う多数の死者発生のため⁵⁾、渡良瀬川全域に堤防を建設³⁾、これにより大規模洪水は発生しなくなった。1968(昭和43)年に栃木県は、足尾銅山から渡良瀬川上流水域に排出される水について「公共用水域の水質の保全に関する法律」(1958年制定)を基に銅1.5ppm以下の水質基準を設定し、翌年11月から渡良瀬川灌漑期調査を開始した^{5,22)}。これは渡良瀬川の取水地点である群馬県高津戸橋において、銅の平均濃度を0.06ppm以下にすることを目標としたものであった³⁾。1973(昭和48)年6月から、「水質汚濁防止法」に基づく「上乗せ排水基準」により、銅は1.3ppm以下が基準値となったが、その後公害防止協定により協定値である0.91ppm以下が適用された²²⁾。栃木県は1974～1976(昭和49～51)年にかけて、足尾銅山排水対策調査会を開いた²²⁾。1977(昭和52)年には、渡良瀬川唯一のダムである草木ダムが完成した⁵⁾。現在、古河機械金属は旧鉍山坑内から

の坑廃水および堆積場からの雨水処理について、中才処理場まで配管で圧送し、重金属等を沈殿させ、pH調整等の処理後、渡良瀬川に放流している²²⁾。また回収された沈殿物は、箕子橋堆積場に圧送され堆積している(図4)。古河機械金属は使用済みの13カ所の堆積場について、土砂流出による鉍害を防ぐため緑化事業を実施しており、ほとんど全ての堆積場で完了している²²⁾。しかしながら、1979(昭和54)年に台風20号に見舞われた際、緑化事業が完了していた筈の宇都野堆積場から4.63ppmの銅が検出され、さらに有越沢で5.17ppm、渋川で3.25ppmの銅が検出された²³⁾。沢入発電所渡良瀬川取水地点の銅濃度は協定値の0.91ppmを大きく下回り、高津戸地点も目標値の0.06ppmを近年は超えていない²⁾ものの、高津戸で1975(昭和50)年に最大値で1.28ppm、1982(昭和57)年には0.91ppm検出されている²⁴⁾。したがって群馬県は、降雨時に環境基準値を超える危険性を避けるために、古河機械金属に対して堆積場の管理や事業実施を要請している。1981(昭和56)年以降、国は栃木県および群馬県とともに「休廃止鉍山鉍害防止等工事費補助金交付要領」等に基づき、古河機械金属に坑廃水補助金を交付している²²⁾。

一方で、1972(昭和47)年にカドミウム汚染田39.45haが土壌汚染防止法により指定され、1974(昭和49)年には銅項目の追加により太田市と桐生市の378.81haが指定された。そして1983(昭和58)年、銅およびカドミウムによる汚染農地を対象とした公害防除特別土地改良事業を行うこととなった。総事業費は49億4千万円であり、古河鉍業が51%、国が約30%、栃木県が約15%、残りは太田市と桐生市が負担した⁵⁾。さらに1999(平成11)年2月に銅に係わる対策地域として1.52ha、2003(平成15)年8月に1.17ha、2005(平成17)年3月に0.29haの農用地が追加指定された¹⁵⁾。公害防除特別土地改良事業終了後も汚染の恐れのある場所は引き続き調査および土地改良が行われており、渡良瀬川は栃木県および群馬県により水質の監視が現在も行われている。坑廃水等の水質は、pH、銅、亜鉛、カドミウム、鉛、砒素につ

いて公害防止協定値を定め、亜鉛、カドミウム、砒素については「水質汚濁防止法」に基づく規制基準の7/10の値を協定値としている²²⁾。そして2007(平成19)年3月に、栃木県、群馬県および古河機械金属の三者協議において見直しが行われ、鉛および砒素の協定値が0.1mg/Lから0.07mg/Lへ変更された¹⁵⁾。

V. まとめ

「足尾鉍毒事件」は日本最初の公害であり、採掘技術の近代化および大規模化によって鉍害は拡大していった。足尾銅山の鉍害は、製錬所から出る亜硫酸ガス等の有害物質や過剰な伐採による森林の荒廃および農作物の枯死、選鉍排水や鉍石堆積場から漏れ出る銅等の重金属を含んだ水による魚類の斃死および農作物被害であった。鉍害では自然環境への被害が顕著であったが、衛生環境の悪化が原因と思われる出生率の低下や死亡率および死産率の増加が起こっていた。鉍害対策は明治期から行われていたが、煙害は自熔炉精錬法導入まで解決せず、鉍毒水問題は精錬事業停止まで解決しなかった。一方で、足尾の製錬事業は1988(平成元)年に停止され、現在は銅製錬関連施設の解体および撤去工事が進められている。

足尾銅山は最盛期には日本の銅生産量40%以上を占め、鉄骨橋(図1d)や水力発電所、電話交換機等の当時最新鋭の技術が投入され、日本の重要産業となっていた。一方で鉍害対策については知識および技術ともに不足しており、対策が不十分であった。現在の自熔炉や汚染処理技術の発展および環境関係法規の制定に貢献しているものの、対策が整うまでに環境が大きな被害を被ったことも明らかである。失った自然環境を取り戻すことは困難であり、足尾でこれまで費やされた土地改良事業費用や、治山活動費用および人員の規模は膨大であり、現在もかつての姿は取り戻せていない。

足尾鉍毒事件の始まりは100年以上前になるが、フィリピン・レイテ島の銅精錬所では、近年でも足尾同様の鉍害が発生している²¹⁾。近年は、我が国で大規模な公害が発生する状況にはないが、発展著しい中

国の大気汚染を代表するように、世界的には未だ多くの大規模公害が発生している。また、東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故のように、通常とは異なる条件により我が国でも大規模公害が発生する可能性は否定できない。公害が一度発生するとヒトや環境への影響は長期にわたるため、過去の公害による知識を利用して十分な予防措置をとることが重要である。

VI. おわりに

本論文は薬学部第2回卒業生、大嶋宏志の卒業論文をもとに作成したものである。

本研究では、倫理上の配慮が必要な内容はなく、報告すべき利益相反もない。

文献

- 1) 布川了, 田中正造と足尾鉍毒事件を歩く. 宇都宮: 随想舎, 2009: 1-139
- 2) 村上安正. 銅山の町足尾を歩く—足尾の産業遺産を訪ねて—. 宇都宮: 随想舎, 1998: 146
- 3) 川名英之. ドキュメント日本の公害 第4巻. 東京: 緑風出版, 1996: 1-100
- 4) 広瀬武. 公害の原点を後世に. 宇都宮: 随想舎, 2001: 1-206
- 5) 東海林吉郎, 菅井益郎. 通史 足尾鉍毒事件 1877-1984. 東京: 新曜社, 1984: 1-307
- 6) 東海林吉郎, 布川了. 亡国の惨状. 東京: 伝統と現代社, 1977: 1-319
- 7) 栃木県林政史編さん委員会. 栃木県林政史. 宇都宮: 栃木県, 1997: 345-351
- 8) 畑明郎, 上園昌武. 公害湮滅の構造と環境問題. 京都: 世界思想社, 2007: 21-41
- 9) 下野新聞社. 予は下野の百姓なり. 宇都宮: 下野新聞社, 2008: 1-238
- 10) 内水護. 資料足尾鉍毒事件. 東京: 亜紀書房, 1971: 1-500
- 11) 飯田賢一. 技術の社会史4 重工業化の展開と矛盾. 東京: 有斐閣, 1982: 62-137
- 12) 栃木県史編さん委員会. 栃木県史 史料編 近現代9. 宇都宮: 栃木県, 1980: 1-1123
- 13) 総務省統計局. 日本の長期統計系列, 第2章 人口・世帯. <http://www.stat.go.jp/data/chouki/02.htm> 2014.12.09
- 14) 白井俊明, 浜田修一, 高橋春男, 猿山一郎. 足尾銅山黄銅鉍中のセレン. 日本化学雑誌 1965; 86(2): 196-200
- 15) 太田市環境政策課. 平成25年度 太田市 環境白書. 太田: 太田市, 2014: 44-59
- 16) 足尾に緑を育てる会. よみがえれ, 足尾の緑. 宇都宮: 随想舎, 2001: 1-79
- 17) 環境省. 土壌の汚染に係る環境基準. <http://www.env.go.jp/kijun/dt1.html> 2014.12.09
- 18) 日本土壌協会. 昭和58年環境庁委託業務報告書(土壌汚染環境基準設定調査). 東京: 環境庁, 1984, 1-211
- 19) 渡良瀬川研究会. 田中正造と足尾鉍毒事件研究4. 東京:

- 伝統と現代社, 1981: 1-192
- 20) 渡良瀬川研究会. 田中正造と足尾鉍毒事件研究6. 東京: 伝統と現代社, 1984: 1-158
- 21) 埴和也. 鉍毒に消えた谷中村. 宇都宮: 随想舎, 2008: 1-287
- 22) 栃木県環境森林部環境森林政策課. 平成26年度栃木県環境白書. 宇都宮: 栃木県, 2014: 75-76
- 23) 朝日新聞社. 鉍毒と闘う 水・そして土. 高崎: あさ新社, 1983: 1-121
- 24) 田中正造大学出版部. 救現4号. 宇都宮: 随想舎, 1991: 1-96