

## 第1章 序論

### 1.1 研究の背景

本論文は鉱業と環境の関係を扱う。鉱業の中でも銅製錬を主とした。銅は古代から人類に使われてきた。しかし製錬時に発生する二酸化硫黄等の鉱害の問題も多かった。わが国も太古より銅を産し、世界有数の銅の産地であった。明治期には、莫大な生産量のため、銅は重要な輸出品となった。銅を加工し製品化して、それが国内産業に振り向けられるのは後のことであった。本論文は時間的、空間的に銅を主とする鉱害問題を追っていき、それを追究した。時間的には、産業革命以降現代までを取り上げた。

産業革命により工業時代に入ったが、環境面においても考慮しなければならない事象が生じた。鉱害を含めた公害問題は、このとき初めて歴史に登場したわけではない。古代より銅の製錬は行われており、人の生体を含め、環境に何らかの影響を及ぼしたことは確かであろう。産業革命を研究の起点としたのは、現在の政治経済、社会生活等の構造の起点が産業革命にあると考えられるからである。そこで、本論文では、産業革命時の英国と日本を取り上げ、さらに20世紀の環境史、現代のチリ、環境問題の現代的課題等を取り上げた。このような歴史的、地理的視点を基に、さまざまな鉱害の異質性、同質性を検討し銅鉱害の普遍性、さらに広く環境問題を考えた。産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響については、日本と英国の場合を取り上げ、両者の比較を行った。産業革命は国によってその発展の経緯が異なる。いち早くそれを実現した英国、遅れて実現した日本という違いに注目した。またこれらの国以外に、産業革命を実現できなかった国も多い。21世紀初頭の現在、鉱害問題を抱えた地域もある。現代の問題を探るために、銅の産出量が世界一であるチリを取り上げた。

具体的な事象を取り扱った後、鉱害問題の本質的な問題を検討した。何が問題を生じさせるのかという構造的な問題を取り扱った。現在、情報化及び環境の時代に入ったとみなされているが、工業時代のあらゆるものが払拭されて現在があるのではなく、前の時代の延長上にあったり、反省の上に成り立っていたりする。現在を理解するためにも、歴史的な視点が重要と考えた。また現代は、国際化の時代と言われて久しい。鉱害問題も例外ではない。環境問題の現代的課題としてこの問題も重要と考えた。

### 1.2 研究の目的

本研究は、銅製錬と環境との一般的関係を考察し、次に産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響について取り上げた。世界で最初に産業革命をなし終えた英国の銅製錬の例を取り上げ、その自然環境及び社会への影響について考察した。次に英国に遅れて産業革命をなし終えた我が国の銅製錬の例を取り上げ、その自然環境及び社会への影響について考察した。さらに、この二地域の比較を行ない、どのような類似点があり、

相違点があるかを検討し考察した。また 20 世紀環境史の中で足尾鉍害問題の位置を探った。この近代初期の産業革命時の鉍害は、現代の鉍害とどのような違いがあるかを、日本の足尾銅山に例をとり検討し、産業革命時の鉍害の特異性を浮かびあがらせた。過去の事象を現代と比較するためにも、現代を把握することは重要である。現代の銅産出量世界一の国であるチリを取り上げ、その問題点を探った。銅製錬と鉍害の地理的及び時代的な差異を探ることにより鉍害の本質に迫ることができる。そのことにより、今後の鉍害対策に活かすことができると考えた。また 21 世紀初頭の現在においても、環境問題は存在する。この環境問題の現代的課題について銅鉍業を中心に追究した。

以上まとめて、本研究の目的は、

- (1) 英国の産業革命時、南 Wales の銅製錬によって発生した鉍害の構造の明確化
- (2) 日本の産業革命時、足尾の銅製錬によって発生した鉍害の構造の明確化
- (3) 日本と英国の産業革命時の銅製錬が自然環境、社会にもたらした影響の比較及び人間と自然環境、社会との相互関係の普遍性の探求
- (4) 20 世紀環境史の中で足尾銅山鉍害問題の意義の検討
- (5) 現在、銅の産出高が世界一であるチリにおいて、銅鉍業が環境に与える影響とその問題点の構造の明確化
- (6) 銅鉍業を主とする環境問題の現代的課題の追究

### 1.3 本論文の構成

本論文は 9 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景と意義を明らかにし本論文の位置づけを行なった。

第 2 章「銅製錬と環境」では、はじめに銅鉍石と製錬の関係を取り上げた。次に銅鉍物資源の開発の歴史を取り扱った。さらに一般に銅製錬が環境にどのような影響を与えるのかについて吟味し考察した。

第 3 章「英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響」では、英国の Devon 及び Cornwall の銅鉍石を用いて南 Wales の Swansea を中心とする地域で行われた製錬を中心に扱った。Swansea の地理的、歴史的背景をもとに、鉍害について裁判、技術的対策等の観点から考察し、この当時の鉍害の特性を明らかにした。

第 4 章「日本の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響」では、足尾の銅鉍石を用いてそこで行われた製錬を扱った。足尾の地理的、歴史的背景をもとに、鉍害について裁判、技術的対策等の観点から考察し、この当時の鉍害の特性を明らかにした。鉍害の被害は、足尾付近ばかりでなく、渡良瀬川下流域まで及んだのでそれらも対象地域とした。

第 5 章「日本と英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響の比較」では、Swansea 地域の製錬と足尾での製錬による鉍害について、歴史的展望、

政治・経済・行政・社会、訴訟関係、科学技術、マスメディア、地理的要因の観点から比較し、両地域の類似点、相違点について考察した。

第6章「20世紀環境史における足尾銅山鉱害の問題」では、近代初期に生じた足尾事件が現代にいたる時間軸の中で、どのような位置にあるのかを歴史的に検討した。鉱害だけでなく広く公害のひとつとして、足尾問題を取り上げ、日本の公害史の特性を検討した。

第7章「チリにおける銅鉱業と環境」では、現代の銅鉱害の現状を知るために、銅の生産高が世界一のチリを取り上げた。その問題点から鉱害の現代性に迫った。

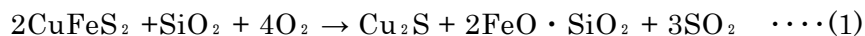
第8章「銅鉱業を主とする環境問題の現代的課題」では、銅鉱業を主とする環境問題において、現代に残された課題と鉱害そのものの普遍的意味を検討した。

第9章「結論」では、本論文の成果を取りまとめて記載した。

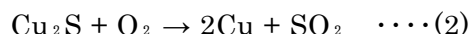
## 第2章 銅製錬と環境

### 2.1 銅鉱石と製錬

銅は加工が容易で耐食性にも優れており、強度も比較的強い。また電気伝導性、熱伝導性は銅族元素の中では銀に次いでよい。現在でも銅は電線や化学装置、建築材などに利用されている。銅鉱石は、自然銅、酸化銅、炭酸銅、硫化銅がある。世界産出銅鉱石の大部分は硫化銅である。その代表的なものは黄銅鉱( $\text{CuFeS}_2$ )であるが、他に斑銅鉱( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )、輝銅鉱( $\text{Cu}_2\text{S}$ )、銅藍( $\text{CuS}$ )などがある(日本化学会, 1965)。銅の平均地殻存在量は 0.005%、現在の稼行可能な元素の最低含有率(注 2-1)は 0.4%で、濃集度(注 2-2)は 80 である(エヴァンズ, 1989)。この稼行可能な元素の最低含有率は製錬技術によって変化する。溶解炉法や反射炉法等の融解製錬工程では銅鉱石を融解し、分解・酸化反応により金属硫化物からカワ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )とカラミ ( $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) が生じる。以下に化学反応式をあげる(志賀 2003)。



融解製錬工程で産出したカワを、融解状態のまま転炉に装入し、さらに空気を吹込む。この製銅工程でカワは粗銅(純度 98%)になる。次にこの反応式を示す。



この後、精製炉で純度を 99.5%に高めて、精製アノードを鑄造する。次に電解製錬で純度 99.99%以上の銅を析出させる。この析出した銅は電気銅と呼ばれる。

### 2.2 銅鉱物資源の開発の歴史

今からおよそ 9000 年前、トルコのアンカラ近くで人類が初めて自然銅の小球体を発見した。その 2000 年ないし 3000 年後に銅鉱石を製錬することにより銅を手に入れる技術を手に入れた(Alexander and Street, 1982)。自然銅は、そのままでは加工が困難であり、熱処理の方法を知ってはじめて使用できた(立川, 1956)。かつて銅製錬の技術を持った文明が栄えた。それらの文明とは、紀元前 3500 年ないし 4000 年メソポタミアの初期シュメール文明やそれと同期かやや後期と考えられているエジプトの前王朝時代、紀元前 3000 年以降の中国文明、紀元前 3000 年頃のインド文明と考えられている(スミス, 1966)。

これらの文明の初期の製錬には、 $7.0 \times 10^2 \sim 8.0 \times 10^2$ °C という比較的低い温度で還元できる銅鉱石が使われた。それらは、赤銅鉱( $\text{Cu}_2\text{O}$ )、孔雀石( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ )、藍銅鉱( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ )、珪孔雀石( $\text{CuO}, \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )等の酸化鉱や炭酸鉱である。地表近くで採掘された赤銅鉱、孔雀石、藍銅鉱は、急速に枯渇してきた。より深層にあって豊富に存在する硫化鉱を利用する必要がでてきた。硫化鉱に、黄銅鉱( $\text{CuFeS}_2$ )、輝銅鉱( $\text{Cu}_2\text{S}$ )、斑銅鉱( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )、四面銅鉱( $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$ )、銅藍( $\text{CuS}$ )、硫砒銅鉱( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ )などがある。硫化鉱を製錬するには、さらに高温を必要とした。銅の熔融も 1085°C 以下では生じない。 $1.2 \times 10^3$ °C 程度の高温を得ることができる冶金炉とフイゴの技術の出現によって硫化鉱の製錬が可能になった(立

川, 1956)。

スミス(1966)によれば、フイゴは紀元前 2500 年ごろまでに知られていて、その改良型がエジプトに入ったのは紀元前 2000 年以後であるとしている。したがって硫化銅の製錬は、これらの時代以降ということになる。青銅は人類が最初に作り出した合金で銅と錫からできている。青銅は銅に比べると、より硬く、耐久性はほぼ等しく、鑄造は容易であるので、その使用は急速に広がっていった。銅と錫の混合比は、現在では錫 10%が最適とされているが、青銅時代の製品の錫の含有率は 3%から 33%の範囲にある。当時の人々の試行錯誤の跡が偲ばれる。青銅器の出現は、紀元前 4000 年ないし 3000 年のメソポタミアで最も早く、錫鉱石をまったく産出しないエジプトでは紀元前 2000 年ころであった(綿引, 1994)。

ローマ時代のうち、Augustus 帝時代(27B.C. ~A.D.14)の銅生産量の最大値は、 $1.5 \times 10^4$  (トン/年)であった。ほぼ同時期の中国(118B.C. -A. D. 6)の銅生産量は  $8.0 \times 10^2$  (トン/年)であった。また 11 世紀半ばの世界の銅生産量は  $1.4 \times 10^4$  (トン/年)であった。このうち中国が  $1.3 \times 10^4$  トンであった。これらの数値は産業革命期の 1800 年の世界の銅生産量の  $1.5 \times 10^4$  トンに匹敵する(Hong 他, 1996)。しかしローマ時代や 11 世紀半ばの数値は、一時的なものであり、その後減少した。しかし、産業革命時以降現在に至るまで銅生産量は増加してきている。これに伴って環境問題も深刻になってきている。現在の銅産業の源は産業革命にあり、環境問題の源泉も、産業革命時の環境問題にあると思われる。このことから、現在の環境問題を考え、将来の環境問題の展望をめぐらすためにも産業革命時の環境問題を取り上げることは有効と考える

産業革命の時期については諸説があるが、英国の産業革命の時期をディーン(1973)が研究対象とした 1750 年から 1850 年の間とする。また日本の産業革命の時期についてもさまざまな見解があるが、本論では、19 世紀末から 20 世紀初頭にかけての時期として、論を進めていく。

英国の産業革命当時、電気の社会的活用はされていなかった。1800 年ごろ Volta が電池を発明し、1831 年に Faraday が電磁誘導を発見した。それ以来、エレクトロニクスと通信の発達により、19 世紀末から 20 世紀にかけての電子工業が発達し、銅の需要が高まった(Alexander and Street, 1982)。20 世紀末の全世界の銅の生産高は、年間  $9 \times 10^6$  トンである(Hong 他, 1996)。20 世紀末の世界の銅資源は、アメリカ、カナダ、チリ、ザンビア、コンゴ、メキシコ等に分布している。また銅の生産は、アメリカ 5 社、英国 2 社、カナダ 2 社、ベルギー 1 社の計 10 社による寡占状態である。これら 10 社によって世界の銅生産の 74%が生産されている(綿引, 1994)。

### 2.3 銅山開発と銅製錬が環境へ与える影響

英国の Swansea では Cornwall で採掘した銅鉱石を用いたが、足尾では、同地域で銅

鉱石を採掘して、そこで製錬した。環境問題を考えるとき、足尾では鉱山開発の影響も考慮しなければならない。ここでは銅山開発と銅製錬が環境に与える影響を一般的な事象を含めて取り上げる。

地下資源のうち金属資源は、地表に多いものと少ないものに分けられる。地表に少ないものとして、Hg,Pb,Cu,Ni,Zn,Cd,As がある。これらに対し、地上生物は耐性を持っていないため、生態系に著しい被害が生じる。対策の基本姿勢として、これらが高濃度に含まれているとき、使用制限、完全クローズ化という方法があり、低濃度の際は分離濃縮、再利用のための貯留保管という方法がある(本多, 1990)。何の対策もなされなければ、生態系を含めた環境に大きな影響を与える。

鉱山の採鉱を大きく分けて、地下採鉱と地表採鉱に二分できる。地下採鉱により、地盤沈下や被覆岩の採掘跡への陥没の可能性がある。また坑内から外に酸性排水が出ることもある。地表採鉱はコストが低いが、広範囲の地表面を乱し、環境に重大な影響を与える可能性がある。地表採鉱に水力採鉱、浚渫、剥土採鉱、露天採鉱がある。露天採鉱や地下採鉱によって生じた廃石や尾鉱によって酸性排水が出ることもある。銅製錬のために用意された銅鉱石からも酸性排水が生じて環境に影響を与えることもある。これらの排水を酸性鉱山排水(acid mine drainage:AMD)という。

破碎された硫化鉱物の表面積は増加している。鉱物と酸素と地下水または地表水の反応により硫酸が発生する。さらに、ある種のバクテリアは反応を促進させる。このように、岩石圏、気圏、水圏、生物圏の相互作用により AMD の反応が進んでいく。AMD は、しばしば pH4 以下の強い酸性を示し溶解金属の濃度が高い。AMD によって地表水と地下水が酸性化するばかりでなく、鉄、亜鉛、銅やその他の有害金属の浸出、環境への拡散が促進される。このような物質は水棲生物を死滅させ、コンクリート製の排水路、橋脚、下水管や井戸のケーシングなどの人工構造物を腐食させる。銅濃度が  $1.5 \times 10^{-3}$  ppm でも魚類の種類によっては致命的である(ピプキンとトレント, 2003)。

銅製錬所から出る煤煙は大気汚染のもとになる。また銅製錬から発生する二酸化硫黄は人間や家畜の健康、森林に悪影響を与える。二酸化硫黄の拡散による煙害は大気の湿度及び風向並びに地形に強く依存する。二酸化硫黄の密度は約 2.2 であり、そのため周囲に拡散することなく谷沿いに停滞する。特に湿度が高いとき、二酸化硫黄は亜硫酸または硫酸ミストとなって大地を覆い、または酸性雨となって植生に被害を与える。酸性雨は植生に被害を与え、土壌を酸性にし、岩石を風化させ、建物を腐食させる。これらのことにより土地の侵食が進み、堆積物が増大する。その結果、貯水池がある場合には、その貯水量を減少させる。そこが発電用貯水池であれば、発電コストが増大する。

大気汚染の被害を減少させようとして、高い煙突を建設する場合、製錬所近くの被害は多少減少しても煙は遠方に広がり、いっそう広範囲の地域の植生にまで被害が及ぶ。さらに製錬所付近の気象条件、地理的条件により大気の逆転が生じれば、空気の側方移動が遮

られ、湿って汚染された空気が長期間滞留することになる(ピプキンとトレント, 2003)。

製錬による森林への影響は、煙害以外に樹木の伐採がある。銅鉱石を製錬するとき木炭を還元剤として使用する場合、樹木が伐採される。また坑道等の建設に伴って木材の需要も増える。山林の樹木の減少は、土地の侵食等に影響を及ぼす。これらの結果、土壌が削られ、むき出しになった山骨が風化され、水源地帯は荒廃し、保水量は低下していく。降雨は直ちに河川の水量の増加となり、下流地域で洪水が起きることがある。

現代では、銅 1 トン取り出すために、1898 トンの廃棄物が出る。この内訳は、採掘段階で 0.5%の銅を含む粗鉱を取り出すために生じる廃石が 1671 トン、次に選鉱段階で 28%の銅を含む精鉱を取り出すために 225 トンの尾鉱が出て、熔錬、精錬段階で 1 トンの電気銅を取り出すためにスラグが 2 トン出る(谷口, 2001)。技術が遅れていれば、これ以上の廃棄物が出ることになる。銅製錬の結果生じるスラグの保管が不完全だったり、人為的に海洋又は河川に投棄すれば水質悪化等の影響を及ぼす。(ピプキンとトレント, 2003)。

## 2.4 鉱山開発と銅製錬による環境悪化地域への対策

### 2.4.1 社会的対策

採鉱段階、製錬段階で制限を設ける法的処置が環境対策のひとつになる。この中に、水質、有毒廃棄物の規制、大気汚染についての基準が含まれる。また希少種や危機に瀕している生物への影響がないような措置も必要である。法律及び条例の基づいて環境政策が有効に実行されるための行政機関も整備されていなければならない。流動的な大気、水質の状況を監視し、必要に応じて指導や処分ができる体制も必要である。これまでのように鉱業生産を進めるほど繁栄するという経済の仕組みを改め、環境への負荷を要素に入れた経済を考えるべきである。発展途上国が先進国を目標に経済発展を目指す限り、鉱物資源の需要はますます増加する。鉱物資源を効率的に使用し、廃棄物の発生を少なくし、リサイクルをしやすい社会にすることも必要である。

### 2.4.2 科学技術的対策

鉱山開発、銅製錬により影響が主として及ぶ地域を気圏、水圏、岩石圏、生物圏の 4 圏に分けて、それぞれについて記述する。

#### (1) 気圏

製錬時に発生する粉塵に対し Cottrell は 1905 年に、いわゆるコットレル集塵機を発明した。粉塵の微粒子を正負の電極間に通して、陽電荷を負荷して電極に集めるという原理である(芝, 2005)。これが上位概念となって、その後、改良型の集塵機が製造された。銅製錬の際に発生する Pb, Zn, As, Sn, Bi, Cd 等の鉱煙をこの種の集塵機で回収できる(猪俣, 2006)

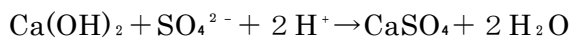
銅の製錬に伴って発生する二酸化硫黄は、雨に溶けて硫酸となり、酸性雨の原因となる。

今日では、発生した二酸化硫黄を大気中に排出する前に除去する排煙脱硫法を採用している。そのうちのひとつは、二酸化硫黄を水酸化カルシウムと反応させて石膏として固定する方法である。また二酸化硫黄が接触式硫酸製造法により硫酸製造の原料となる。この第一段階として二酸化硫黄を空気中の酸素と反応させ三酸化硫黄とする。このとき触媒を用いる。三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させて硫酸の製造をする。銅の製錬では二酸化硫黄の濃度が高いので主に硫酸の製造に利用されている。日本の硫酸製造の60%は銅製錬所で生産されている(志賀、2003)。

## (2)水圏

AMD は岩石圏、気圏、水圏、生物圏の相互作用から生じるが、影響が主に水圏に及ぶのでここで論ずる。実際、AMD が河川に流入すれば、水棲生物及びそれを捕食する生物に影響を与える。

尾鉱中に混じった金属鉱物は風化分解し、重金属や硫酸は水に溶け出す。この水が河川や土壌を汚染する場合がある。金属鉱物の回収率を高めて汚染源の発生量を減らしていくことも対策のひとつである。また、河川に排出する前に汚染水を浄化する技術がある。汚染水に水酸化カルシウム ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) を使用して中和する。



この反応の結果中和産物の主成分となる硫酸カルシウム ( $\text{CaSO}_4$ ) の沈殿が生じる。同時に、坑内水の pH は上昇し、中性～弱アルカリ性になる。多くの金属元素は溶けにくくなり、坑内水中に溶けている金属元素は共沈し、中和産物中に含まれる(志賀, 2003)。

鉱山から流れ出る AMD を、湿地を利用して処理する方法もある。ガマやその他の湿地植物は有害金属等の物質を水から分離するのに効果があることがわかっている。また、歴史的鉱山跡から AMD が排出されているのであれば、坑口を充填密閉する必要がある(ピプキンとトレント, 2003)。

バクテリアを使って重金属を除去する抗廃水処理技術も開発されている。浮遊選鉱で用いる浮選剤の廃液には、鉱石から溶け出した重金属が含まれる。この廃液を未処理で廃棄すると、水質汚染、土壌汚染などの原因となる。この対策の基本は、廃水量そのものを減少させることとされ、用水の循環使用率を高める努力がされている。発生源から下流側への堆積物を回収する沈殿池の建設することにより、沈泥が河川の流れを妨げ洪水の危険性を増大させているところもある。

## (3)岩石圏

地表採鉱による環境への影響を少なくするために、採掘後の土地の復旧が必要となる。採掘時に積み置かれた表土が採掘終了後に元に戻されることになる。そこを畑や牧草地として再利用すれば、採掘前よりその土地の生産力は上がる。金属硫化物の精鉱を作る製錬所では、Pb、As、Zn、Cd、Be 等の重金属を自然状態の数千倍含んだ状態で廃棄物を出す。これらの汚染物質は鉱さいや溶鉱炉周辺に残っている粉塵の中に残存している。鉱さい



いや粉塵が洪水時に河川や湖沼に流入した場合、環境への影響や人体への健康への危険性が考慮される。また地表水だけでなく、地下水にとっても脅威となる(ピプキンとトレント, 2003)。

これらの対策としては、重金属の発生源の除去、閉鎖や封鎖が考えられる。洪水により汚染した水が流出する危険に対しては、排水路、池及び湿地の建設を組み込んだ洪水管理システムが必要となる。地表水や地下水にとって脅威となる汚染された製錬所の鉱さい、粉塵、尾鉱に対して、それらを撤去し特別の貯蔵用地に移すという方法もある。

森林伐採や煙害により土砂災害が発生しやすくなっている。土砂災害には土石流、地すべり、がけ崩れが含まれる。これらの災害は大雨や地震が引き金になって発生する。土石流対策として砂防ダムがある。地すべり対策として、土のかたまりや地下水を取り除く抑制工と、動こうとする地面にくいを打ち込む抑止工がある。がけ崩れ対策として、斜面をコンクリートの枠で区分けしてその中に植物を入れる法枠工と、コンクリートなどの壁を造って斜面を押さえる擁壁工がある(建設省関東地方建設局, 1999)。

#### (4)生物圏

アメリカのテネシー州の **Copper** 盆地は銅採掘、銅製錬で植生が失われた。1939年に植樹計画が策定され、1970年代までに、肥料の空中散布により樹木の生育と生存が助長され、植生に覆われた地域の増大により、侵食の進行が低下したという例がある。植物が生育することにより侵食は最小限になり、河川を流れる沈泥の量も減る。反応を起こしやすい硫化鉱物を地中に埋めて、斜面を安定化させる。一時的な被覆として成長の速い植物を植えて、土に有機物を与える。被覆植物が枯れると、多年草のマメ科植物等が取って代わる。やがて草原になり、樹木が繁茂する(ピプキンとトレント, 2003)。英国、Wales の **Swansea** では、コヌカグサのようなある種の雑草が、廃棄場の金属的毒性に対しある程度、適応していく能力を発達させた (Lavender, 1981)。

### 2.5 公害対策の実効性

英国、日本とも産業革命期の反省から公害を無視できなくなった。現代は、公害を考慮に入れた経済発展を実現するための政治、経済、法律、科学技術、社会の体制を構築しようとしている。鉱害を含む広く公害対策の実効性は、社会科学的因子や自然科学的因子の間の関連性を持ちながら、それぞれの因子が最大限に機能を発揮できるときである。これらの要素は、ひとつとして不変なものではなく、状況に応じて変化する。経済優先のために鉱害防止の科学技術を無視することもできない。公害防止にコストがかかっても、経済発展の妨げにならないような仕組みの構築が必要である。かつて科学技術といえば効率追求を目的とした。今後、公害防止技術こそ利益をもたらすという体制が理想である。科学技術に対する要請は、経済からだけでなく、政治、法律、社会等の分野から来る。政治、経済、法律、科学技術、社会等のどの要素も他の要素と相互に関連をもち、互いに影響を及

ぼしあって変化していく。公害対策が実効性を持つためには、それらの要素が十分に機能するシステムを案出しなければならない。その場合、人びとが、どのような社会を構築しようとしているかという像が、人々の行動を方向づける。

## 2.6 まとめ

本研究から以下のことが示唆された。

- a.** 近現代の銅の製錬は硫化銅を分解、酸化してカワにし、さらに粗銅にする。
- b.** 人類の銅の利用はその容易さから、自然銅、酸化銅又は炭酸銅、硫化銅の順序である。
- c.** 銅山開発と銅製錬の環境への影響の中に、酸性鉱山排水(AMD)、二酸化硫黄などによる大気汚染、樹木伐採、スラグの投棄等があり、それらは互いに影響し合っている。
- d.** 銅鉱山開発と銅製錬による環境対策として、社会的対策、科学技術的対策がある。
- e.** 政治、経済、法律、科学技術、社会等のどの要素も他の要素と相互に関連をもち、互いに影響を及ぼしあっている。公害対策を実効性のあるものにするには、それらの要素が十分に機能するシステムを構築しなくてはならない。

## 注

2-1 鉱物が局所的に濃集しているものが鉱床である。このうち、有用な産物として経済的、合法的に既存の技術により回収できる存在度の最小値を稼行可能な元素の最低含有率とする。本論の値は(エヴァンズ,1989)による。

2-2 濃集度は、その鉱床内の金属元素の存在度を平均的な大陸地殻における存在度に対する割合であらわす。その金属鉱床の評価の指標となる。

## 参考文献

- Alexander,.W.,Street,.A. 1982. Metals in The Service of Man. Harmondsworth 312p
- ディーン,P. 石井摩耶子,宮川淑(訳). 1973. イギリス産業革命分析. 社会思想社 339p
- エヴァンズ,A.M. 三宅輝海(訳). 1989. 鉱床地質学序説. 山洋社 427p
- 本多淳裕.1990.環境と資源の保全のためのリサイクリング.エネルギー・資源 11(5)25-33
- Hong,.S.,Candelone,.J.,Soutif,.M.,Boutron,.C.F. 1996. A reconstruction of changes in copper production and copper emissions to the atmosphere during the past 7000 years. The Science of the total Environment 188:183-193
- 猪俣二平.2006.私の足尾銅山製錬所—銅の世界史を見つめて—.私家版 31p
- 建設省関東地方建設局監修.1999.砂防ガイド.砂防広報センター 30p
- Lavender,.S.J. 1981. New Land For Old The Environmental Renaissance of the Lower Swansea Valley. Adam Hilger 137p
- 日本化学会(編). 1965. 化学便覧(応用編). 丸善 1511p
- ピプキン,.B.W.,トレント,.D.D. 全国地質調査業協会連合会環境地質翻訳編集委員会(訳) 2003. シリーズ環境と地質第IV巻地球環境と社会. 古今書院 p347-449
- 芝哲夫.2005.1905年の化学を顧みて.和光純薬時報 73(1):24-27
- 志賀美英. 2003. 鉱物資源論. 九州大学出版会 289p
- スミス,B.ウェブスター 和田忠朝(訳) 1966. 銅の6000年. アグネ 148p
- 谷口正次. 2001. 資源採掘から環境問題を考える—資源生産性の高い経済社会に向けて—. 海象社 68p
- 立川昭二.1956.古代鉱業史研究.東京創元社.1957 141p
- 綿引弘.1994.物が語る世界の歴史.聖文社 397p

## 第3章 英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響

### 3.1 はじめに

人類の自然への働きかけは、太古より行われてきているが、特に産業革命の時期に顕著になった。その時期の生産活動が活発になる一方で、環境への影響も大きくなった。本研究では、工業の基礎となる鉱物資源開発、特に銅の製錬と自然環境及び社会との関係を取り上げ、銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響について考察する。

産業革命を社会科学的観点から追究する研究は多いが、環境面からの見方も重要と考える。この自然科学と社会科学の両側面を持つ事象を産業革命時という時間軸の中で検討することは意義あることと考える。なお英国の産業革命の時期について研究者によってさまざまな見解があるが、ここではディーン(1973)が研究対象とした1750年から1850年の間とする。ただ本論文で、その期間前後の事象についても取り上げ研究対象とする。本研究は総合的な取り扱いを必要とするが、各要素ごとに歴史的な流れを検討した上で総合化する。

本論の対象地域は英国の Devon 及び Cornwall の銅鉱石を用いて製錬を行った Swansea を中心とする南 Wales とする(図 3-1, 図 3-2)。

[挿入(図 3-1, 図 3-2)]

鉱害は発展途上国で継続中であり、これを解決するには技術的な問題だけでなく、政治、経済、法律等の要因を考えなくてはならない。このような地域の環境と経済発展という問題を解決するためにも、産業革命期に初めて鉱害を経験した地域の研究が参考になると思われる。

### 3.2 英国の銅鉱石、銅鉱床の資源開発

#### 3.2.1 資源開発

英国の銅産業の最盛期は19世紀初期であった。英国本国の主要な銅鉱石産地は Cornwall 州と Devon 州であった。Devon 及び Cornwall での銅鉱石の採掘量の最盛期は1855～1860年の間であり年間産銅額は、 $1.2 \times 10^4$ トン前後であった。その後、銅山の消耗、事故等から、年間産銅額は、19世紀末期に  $3.0 \times 10^2$ トン台にまで落ちた(表 3-1)(図 3-3)。世界の銅需要は産業革命中及びその後も増大していき、その生産高も増加した。産業革命の期間中、英国は主要な銅の生産国であった(表 3-2)。

[挿入(表 3-1)(図 3-3)(表 3-2)]

英国全体の銅鉱石産出高は19世紀半ばに全世界の7割以上を占めていたが、その後減少していった。英国が銅鉱石産出高で世界第一位の生産国であるというのは1850年までで、その後、チリ、アメリカ合衆国、スペイン、ポルトガルが主要な生産国になった。1881

年から 1890 年の銅の総生産量の世界の第一位はアメリカ合衆国であるが、この時期に日本の総生産量も世界第六位になった。また 1891 年から 1898 年の銅の総生産量の世界の第一位もアメリカ合衆国であるが、この時期に日本の総生産量は世界第五位になった (Barton, 1961)。英国は、銅の需要に応じるために多くの量の銅をロシア、チリからの輸入に依存しなければならなかった (スミス, 1966)。

### 3.2.2 銅製錬と環境への影響

Cornwall の銅鉱石は、ほとんど硫化鉱であり、製錬に際しては大量の二酸化硫黄を発生させた。これによる煙害は人間や家畜の健康、森林に悪影響を与える。二酸化硫黄の拡散は大気の湿度及び風向並びに地形に強く依存する。二酸化硫黄の密度は約 2.2 であり、そのため周囲に拡散することなく谷沿いに停滞する。特に湿度が高いとき、二酸化硫黄は亜硫酸または硫酸ミストとなって大地を覆い、または酸性雨となって植生に被害を与える。

Swansea 地区 (図 3-4, 図 3-5) は銅だけでなく、そこで操業されていた他の金属産業による大気の汚染もあった。銅は大気汚染の第一の原因で、主として有害な蒸気や製錬時の鉱石からの微粒子や燃料の石炭の煙霧の混合物として大きな影響を与えた (Newell, 1997)。  
[挿入 (図 3-4, 図 3-5)]

そこで、Cornwall と Devon から産出した銅鉱石の量から製錬時に発生した二酸化硫黄の量を濃硫酸に換算して推定した。本論 2, (1) 銅鉱石と製錬の (1) 式 (2) 式より  $2\text{Cu}$  から  $4\text{SO}_2$  が生じ、これから  $4\text{H}_2\text{SO}_4$  が生じる。本論では、化学式量の比 ( $4\text{H}_2\text{SO}_4/2\text{Cu}$ ) = 3.1 から、発生する二酸化硫黄は濃硫酸に換算して、産銅量の 3.1 倍とした。1771 年から 1860 年までの間に、発生した二酸化硫黄の濃硫酸換算量は、 $2.2 \times 10^6$  トンに達することが明らかになった (表 3-3) (図 3-6)。

[挿入 (表 3-3) (図 3-6)]

さらに、実際は (表 3-4) に示すように、製錬が行われた Swansea へ Ireland やその他の国からの銅鉱石の流入があり、発生した二酸化硫黄は、上記の推定値以上になったと考えられる。さらに、二酸化硫黄以外に製錬過程で生じる重金属の粉塵による害も考えられる。また廃石堆積場からの、鉱滓の流失も環境に重大な影響を与えたと考えられる。

[挿入 (表 3-4)]

Cornwall の鉱山の鉱石は砒素を含む。製錬のときに硫化砒素は酸化砒素に変わる。この酸化砒素は昇華する能力がある。鉱石から取り出された酸化砒素は煙道を通り、そこで固体の酸化砒素に昇華する。鉱員は、この煙道の壁に張り付いた白色の酸化砒素を剥ぎ取る時、重大な健康上の影響を受けたと考えられる (注 3-1)。

### 3.3 英国、主として南 Wales、Cornwall 地域の地質

南 Wales の地質構造は Swansea 北部の炭田地域を中心として向斜構造を示す。向斜軸

は東西に走る。これより北部及び南部へ、中軸部より「石炭紀上部夾炭層」、「石炭紀中下部夾炭層」、「石炭紀ミルストン砂岩層」、「石炭紀石灰岩層」、「デボン紀古赤色砂岩層」と分布し、さらに北部には泥岩、頁岩、石灰岩を含むシルル系が分布する（図 3-7）。

[挿入(図 3-7)]

Cornwall の地層の大部分は、デボン紀の粘板岩からなる。この地層は下部デボン系、中部デボン系、上部デボン系に区分できる。下部デボン系は主に粘土質であり、頁岩状粘板岩、シルト岩、古赤色砂岩を含む。中部デボン系は堆積後に褶曲や断層を受けた。中部デボン系は、砂岩や、粘板岩で、層間に石灰岩や礫岩、チャート、玄武岩質溶岩を伴っている。上部デボン系は古赤色砂岩、枕状溶岩を含み、その上に粘板岩が堆積する。火成岩は底盤として、花崗岩や斑レイ岩からなる(図 3-8)。

[挿入(図 3-8)]

Cornwall のほとんどの鉱化作用は花こう岩と関係がある。鉱化作用は溶液の中を元素が運ばれる熱水作用により生じた。銅鉱床は主としてペルム紀初期( $2.7 \times 10^8 \sim 2.9 \times 10^8$  年前)の花こう岩貫入時の熱水の鉱脈鉱床及びトリアス紀中期( $2.3 \times 10^8 \sim 2.4 \times 10^8$  年前)の花こう岩貫入後の鉱脈鉱床に関係する(注 3-2)。

### 3.4 産業革命時の銅製錬

#### 3.4.1 概況

英国の産業革命についていろいろ議論はあるが、工業生産の作業過程が手作業から機械的作業に移行する時期、つまりマニュファクチュアから工場制度への発展の時期とすることは大方の人の合意が得られる基本事項である。

この時期の金属産業の技術上の変化に石炭と蒸気機関の積極的利用がある。還元剤として木炭を利用していたが、森林資源の枯渇により石炭を利用することになった。また鉱石の開発に伴って生じる水処理のため蒸気機関が開発された。Savery は 1698 年に蒸気を使用した揚水機関を案出した。しかし鉱山から水をくみ上げるという目的においては成功していなかった(アシュトン, 1973)。Newcomen は 1712 年、より損失の少ない自動式大気圧機関(ビームエンジン)(注 3-3)を実用化した。Watt は、シリンダーと別の容器を設けて、別の容器内を冷却し、燃料消費を少なくする方法を 1765 年に思いつき、1769 年に特許をとった。Watt の発明した蒸気機関はそれまでの蒸気機関に比べて出力においても、燃料消費においても優れていた。Watt によって大型化された蒸気機関は 1776 年に稼動を始めた。揚水の燃料経済が鉱山の深さの限界と採算を決める要素となっていた。この点に課題をかかえていた Cornwall からの問い合わせが多くきた。やがて短期間のうちに、Cornwall に Watt の蒸気機関が多数建設されることになった。Pickard は、1780 年に蒸気機関から回転運動を取り出す機構の特許をとった。Watt も 1781 年以降いくつかの回転式機関を考案した。これらのことにより回転運動ができる蒸気機関の応用分野が広がっていった(デ

イキンソン, 1994)。18 世紀に製造された蒸気エンジンの総数は  $2.4 \times 10^3$  ないし  $2.5 \times 10^3$  といわれている。また 1800 年における Watt の蒸気機関の仕事率の合計は Cornwall では  $3 \times 10^3$  馬力を越えていて英国で最大であった。なお南 Wales では、およそ  $2 \times 10^2$  馬力であった(ラングトンとモリス, 1989)。

### 3.4.2 英国銅産業

#### (1)銅製錬

反射炉の起源は英国にあり、当時ドイツの熔鋳炉と拮抗していた。ウェールズ法は 1584 年、南 Wales の Swansea 地方に始まるといわれている。反射炉を用いたウェールズ法の起源は豊富な石炭と結びついていた(池田, 1940)。

この製錬技術の効率は時代とともに高まったが、1880 年以前では、1 トンの銅鋳石に対し、2 トンの石炭を必要とし、製錬の全費用の 45%を石炭が占めていた。そのために、銅鋳石の産地よりも炭鋳の近くに製錬するほうが有利となる。

さまざまな種類の銅鋳石に含まれている酸素、硫黄、酸化鉄、石英のような不純物は融剤及び還元剤として働き、ともに加熱するとき反応して銅から離れる(Newell, 1990)。溶鋳炉は、塊状鋳を取り扱い、反射炉は一般に高品位、均等性の粉状鋳を多量に処理するのに好適である。反射炉は、溶鋳炉に比べて燃料使用率がやや高いが、安価な燃料が大量に得られる場所では、有利である。溶鋳炉の利点としては、建設費が安く、不均等性の化学成分の鋳石や少量の鋳石を使用しても有利に稼動する。熔鋳炉では、燃料使用率が幾分低い。そのため総合的にみて日本では溶鋳炉の普及が優勢であった(池田, 1940)。

ウェールズ法の製錬方法は、基本的に次の 4 段階からなる(Newell と Watts, 1996)。

1)煨焼・・用意された鋳石は赤熱され、硫黄や砒素が取り除かれる。ここで銅を硫化銅 ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) にする。この段階で取り除かれた硫黄や砒素は煙霧の主要な成分となる。

2)製錬・・煨焼によってできた産物は珪素を含んだ融剤に溶かされる。これは酸化物を含むカラミと、銅に富むカワに分かれる。

3)転換・・不純物は珪素を含む融剤とともに豊富な空気でも高温( $1200^\circ\text{C}$ )で熱せられる。この段階の目的は鉄を取り除き、 $\text{Cu}_2\text{S}$  を  $\text{Cu}$  にすることである。

このとき  $\text{SO}_2$  の気泡のために気泡銅が生じる。銀やその他の金属はその中にある。

4)精錬・・この段階で生木を投入する。ここで行なわれる酸化、還元は不純物が鋳さいに運ばれるまで続く。この最終段階で銅は純度 99.5%になる。19 世紀後半に電気精錬が発達して、純度 99.5%を超えて精錬することができた。

#### (2)Cornwall と Devon

Cornwall と Devon での銅の採掘は 1700 年ごろに始まり 1900 年ごろには終息した(表 3-1)。1725 年からはじめの 5 年間の銅鋳石の産出高は年間 6,000 トンであったが、その

後、産出高が増加し、1820年代から1860年代では年間 $1.0 \times 10^5$ トンを超え、1855年からの5年間に年間191,130トンという最大値を示した。やがて銅鉱石の産出高は、その後減少し1895年からの5年間では、年間5,230トンになった。この地域の銅鉱石生産量は1725年から1900年までの間で総計約 $1.1 \times 10^7$ トンであった。またこの地域の銅地金生産量は1770年から1900年までの間で総計約 $8.5 \times 10^5$ トンであった。

最盛期のCornwallでは、340以上の鉱山で採掘が行なわれていた。そのうち40%が錫を、20%が銅を、25%が両方を産出していた。そこで $4 \times 10^4$ 人以上の労働者が働き、 $6 \times 10^2$ 以上の蒸気機関が稼働していた(Buckley, 2002)。

Cornwallの銅鉱山は1770年以降、多くの問題に直面した。Wales北部のAngleseyの浅いところで大量の銅鉱石が見つかった。これに対し、Cornwallの銅鉱山は、あまりに深くなっていて、経済的に活動するのに支障が出始めた。Newcomen式の蒸気機関も、その限界に達した。また18世紀初期に導入された水力ポンプもまた能力の限界に達していた。当時、Angleseyの鉱石はトン当たり50ポンドだったが、Cornwallの鉱石はトン当たり80ポンドもした(Buckley, 2002)。

1770年から1800年の間、Angleseyが銅生産の分野で優位を占めた。Cornwallは鉱山の合併等の経済活動やWattとBoultonの蒸気機関の導入によってこの脅威に対応した。やがてAngleseyの資源の枯渇ということもあり、Cornwallの対応は成功した(Buckley, 2002)。

(表3-4)に19世紀半ばにおけるSwansea valleyの銅鉱石、石炭の物流を示した。これによるとDevonとCornwallからの銅鉱石の流入が165,000トンであり、Swansea地域が必要とする銅鉱石の三分の二がDevonとCornwallから来た。南Walesの石炭はその近くの銅製錬所で消費されるばかりでなく、CornwallやDevonの銅鉱山の蒸気機関の燃料としてSwanseaから出荷された。

18世紀のCornwallの銅鉱山は10~12%の品位の銅鉱石を産出していた。1860年代になると英国内の鉱山からの銅の品位の平均は6.4%に落ちた。そのために、大部分Swanseaにあった銅製錬業者は輸入銅鉱石に頼るようになった。輸入銅鉱石は英国のものより銅の品位が高く、20%のものもあった(Clapp, 1994)。Cornwallでは、新しい鉱脈も発見されたが、それ以上に消耗も激しく、大量の銅鉱石がアメリカその他で発見されたこともあり、銅産業は衰えていった。アメリカやチリの銅鉱石がWalesに運ばれたが、やがてアメリカやチリも自ら銅の製錬を始めるようになり、英国の銅製錬業は終末を迎えることになった(Buckley, 2002)。

### (3)Swanseaを中心としたWales

#### (a)銅製錬の歴史

Walesでの最初の非鉄製錬はドイツ人のUlrich Frosseによって、1584年にNeathの山



間部で行なわれた。この地は銅圧延機を水力で稼働させるのに適していた。その後、Neath のさらに標高の低い地に製錬所が建設され、17 世紀では Neath が Bristol とともに、非鉄金属製錬の中心地であった。しかし 18 世紀になると、この産業の中心は優れた港を持つ Swansea に移った (Hughes, 2000)。

John Lane と John Pollard が 1717 年に Swansea 地区に最初の製錬所を設立した。Swansea の中心部から北に約 3.2km のところの Landore にある Llangyvelach 銅製錬所である。Cornwall から銅鉱石を運んできた船は、帰るときバラストとして石炭を運んでいった。石炭は Cornwall の銅鉱山の坑内水を上げる蒸気機関の燃料として使われた。南 Wales の石炭は表層に近く、採掘が容易であるため、その価格は Wales の他の地域の石炭の価格より低かった (Lavender, 1981)。1842~43 年の石炭の 1 トンあたりの価格が、北部や南東部では 1 トンあたり 21 シリング以上になっていたのに対し、南 Wales では 10 シリング以下であった (ラングトンとモリス, 1989)。

1780 年に Swansea 及び、その周辺に 8 軒の製錬工場しかなかったが、1830 年までに、それが 15 になった (Lavender, 1981)。Swansea は銅や亜鉛や鉛のような非鉄金属の製錬に加えて、鉄や鋼鉄、石炭、スズめっきで重要な中心地であった。南 Wales の経済活動や成長の中心地は、Tawe 川中流の Clydach より下流部分である Lower Swansea Valley であったが、同様の経済発展は Llanelli や Neath や Port Talbot などの周辺の地域に広がった (Tallon 他, 2005)。

Swansea の成功の要因のひとつとして地理的要因をあげることができる。船は Tawe 川を容易に遡って銅鉱石を河口から 4.8km の製錬所まで運搬できた。John Vivian と彼の一家は、1810 年に Swansea Valley の Landore の南約 0.5km にある Hafod に銅の製錬所を設立した。やがて Cornwall の鉱山の銅鉱石を掘りつくし、1827 年に外国からの銅鉱石がはじめて Hafod の工場に入ってきた。Swansea で銅以外にコバルト、ニッケル、銀、金が製造された。また 1864 年までに商業的に硫酸の製造を始めた。Vivian 一家は、Swansea で成功を収め、その町の発展に影響力を持つようになった。Bessemer が新しい製錬法を開発したが、Swansea の企業家はよく慣れたウェールズ法を新しい方法に変えるのに抵抗を示した。この抵抗が Swansea の銅産業の没落の主要な要素となった (Lavender, 1981)。

19 世紀末は、社会が電力を利用する曙光の時期にあっていた。1876 年にベルによる電話の発明、1878 年にエジソンによる電灯の発明、1882 年にエジソンによる発電所の製作があった。徐々に電力の社会的活用が進み、銅線等電気関係の銅の需要も高まっていった。英国の銅の産出量の最盛期は 1856 年で年に  $2.4 \times 10^4$  トン産出していたが、30 年後に英国産の銅鉱石からの銅の産出量は十分の一になってしまった (Clapp, 1994)。銅の需要が高まっても、輸入の銅鉱石に依存していた Swansea はその需要に応えることはできなかった。鉱石の産出地で製錬し、製錬

された銅を、銅の加工工場まで船積みするというのが世界的な趨勢となっていた。**Swansea** での最後の銅の製錬は、1924年のことであった (Hughes, 2000)。

## (b) Swansea

### 1) 目的別地域区分

18～19世紀の間、**Swansea** で銅煙霧との様々な戦いがなされた。18世紀初期、地方政府が介入して **Swansea** の郊外に工場を移すという目的別地域区分の原則を打ち立てた (Newell and Watts, 1996)。これによって都市内での製錬所の操業が禁止されるようになった。産業の地区割は、ある地区で銅の煙霧を許容すべきものとする意味となり、この政策により個人への迷惑よりも、産業の社会に与える利益が優先された。この法は銅の煙霧の影響に対する保護も補償も与えなかった。しかも一度工場が操業してしまうと、悪化しない限り企業を起訴するのは難しくなった。悪化しても、訴える側に証明責任があり、それも困難であった (Newell, 1997)。したがって、この制度は、鉱害の固定化という結果になった。

### 2) 気象関係

Newell and Watts (1996)によると、**Milford Haven** (**Swansea** の西 80km) と **Mumbles Head** (**Swansea** の南西 6km) の最近の気象資料は両地点とも南西ないし西からの風の頻度が高いことを示している。

このほかの風向の頻度は、南西ないし西に比べれば低いが、あらゆる風向の風が観測されている。**Milford Haven** と **Mumbles Head** の二地点の風速の全方位のすべての平均は秒速 5.7m であった。また両地点の資料は新しくても気象の状態は、19世紀から変わっていないと仮定して考察することができる。優勢な南西の風は **Swansea Valley** の北東にある **Llansamlet** の町に影響を与えた。

目的別に地域を区分する政策によって、製錬工場は **Swansea** の町の東端に定められた。さらにその東側に **Kilvey Hill** がある。頻度の大きい西風はこの **Kilvey Hill** の荒地に吹き渡った。

また Newell and Watts (1996)によると、1861年の **Llanelli** と **Swansea** 付近で、 $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$  の濃度が  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上になった。そこから東方に 170km 程度離れた地点でも、 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  になっていた。これから **Llanelli** と **Swansea** にある製錬所からの影響は広範囲にわたっていたことがわかる。このことから高い煙突からの汚染物質は、卓越風の効果のため風下の遠いところまで運ばれていたことを示している。

**Swansea** 市民の居住区域に二酸化硫黄による影響の差異があった。西風が卓越しているため、**Tawe** 川近くの工場群から西に離れるほど、二酸化硫黄の影響が少なかった。工場群のすぐ西に労働者の住宅群があり、その西側に商人や裕福な市民の住宅、最西部に企

業家の邸宅があった(Rees, 1980-81)。このように鉱害の影響を受ける程度は、その人の社会的階級に関係していた。

### 3)裁判関係

19世紀のはじめに Lower Swansea Valley の農民は作物の質が悪くなってきたことや家畜の異常な病気に気がついて驚いた。農民たちは、この異常を Vivian 家の Hafod の銅製錬工場の煙霧のせいであると主張した(Lavender, 1981)。煙害の被害をもっとも強く受けていたのは、製錬所の従業員であったが、弱い立場の彼らは煙害の問題を明るみに出すことはなかった。地主たちは農民に土地を貸すと同時に、製錬業者に土地を貸していた。また彼らは坑夫の住宅や炭坑の採掘権を持っていた。地主が銅製錬業者から得る収入は農民たちから入る収入より多かった。このように企業から恩恵を受けていた地主たちは論争に加わりたがらなかった。多くの人は鉱害を問題にしなかったが、Thomas David を代表とする 11 人の農民は、製錬業者の J.H.Vivian や Sir Richard Hussey Vivian に対し訴訟を起こした。発生源を特定する証明や、被害がその企業の銅の煙霧によるものであるという証明をすることが難しく、原告にとっての法廷活動は困難であった。原告である 11 人の農民たちは Llansamlet 教会区の住人であった。そこは Hafod の工場の北東にあり、優勢な南西の風の直線上のため煙霧の被害を強く受けていた。

Thomas David らは 1832 年に起訴状を提出した。1833 年の春の巡回裁判が Carmarthen で始まった。原告は農作物の被害や人々の健康状態への影響について証言した。しかし、David と彼の仲間たちは、農作物や家畜の病気と銅の煙霧との因果関係を証明できなかった。被告である Vivian 家の弁護人の James Scarlett は、その因果関係の証明について追求し、作物の失敗を土壌の悪さと耕作の間違ひのためであると主張した。彼は病気と銅煙霧との関係も拒否した。彼は、銅の煙はコレラ等の病気を清めるし、銅の地域の子供の顔色も良いと述べた(Newell, 1997)。Scarlett は、銅製錬業問題の緊張によって引き起こされる経済的な脅威を基に弁論を打ち立てた。さらに、Scarlett は、Swansea 地区が破壊されたら、他の地区を含めて、九万人もの人々が貧乏になると発言した(Rees, 1993)。

陪審員の評決は直ちに Haford Copper Work の経営者である Vivian 家に味方する結論を出した。Swansea の労働者たちはこの評決を歓迎した。結果的にこの企業は成長し、法的に汚染物を排出し続けることができるようになった(Lavender, 1981)。Swansea の新聞 Cambrian は、1833 年 3 月 9 日付の記事で「陪審員の無罪という評決は喜びを持って広まった」と伝えた(Newell, 1997)。判決の中で、判事は「原告は鉱害の責任を立証することに失敗した。一握りの農民の苦痛は、社会全体の福祉のために相殺されなければならない」と述べた。ここでは、個人の権利よりも社会の利益を優先する考えが重視された。多くの労働者は判決に好意的であった。彼らは、熱と煙霧の悪条件で働いていたが、炭鉱夫や鉄工所の工員と比べて高い賃金を得ていた。裁判が原告の敗訴に終わり、その後しば

らく Swansea の事業主たちは、煙霧を削減する手立てをとらなかった (Rees, 1993)。

Vivian 家が行った煙霧削減のための対策も技術的な問題があり 1865 年まで有効なものではなかった。その結果、19 世紀の半ばまでに Tawe 川の下流域の農地は不作になり、補償もされなかった (Rees, 1993)。鉱害の被害を受けた一部の農民の主張は当時の社会の主流ではなかった。その当時の社会に鉱害についての認識は行き渡っていなかった。

#### 4) Vivian 家の鉱害対策

John Henry Vivian は法的に強制されたわけではないが、鉱害克服の技術の開発に意欲を持ち行動に移した。煙を抑え、毒の成分を削減するための Vivian の実験は 1810 年ころに始まり 1822 年に終了した。Vivian は煙霧の問題を解決するために、二人の有能な科学者を雇った。二人は、ロンドン化学協会の会長の Phillips と Faraday であった。二人は、炉と煙突の間に長い送気管を作った。煙がそこを通るとき、火炎、着火した木炭、蒸気、淡水のシャワー、炭酸水のシャワー、石灰水のシャワーに次々に晒された。これによって亜硫酸のガスのような溶解性のガスを除去したが、二酸化硫黄を取り除くことはできなかった (Rees, 1993)。Vivian 家は人々のいらだちの気持ちを和らげ、企業イメージを高めようとして煙霧問題に取り組んだ。また Vivian 家は鉱害問題に対して立ち向かう先駆者と見られることを望んでいた。

この煙霧の問題点は、1865 年に Vivian の工場で採用した Gersten-hoffer process により改良された。その原理は、銅鉱石の中の硫黄を燃焼することにより炉の熱を維持し、硫黄のガスは硫酸製造に使われるというものである。これにより大気に排出される硫黄の 38～47% が回収された。この方法は硫黄含有量の少ない鉱石に対し、ある程度有効に使われたが、含有量の多い鉱石には役に立たず大気汚染は続いた (Lavender, 1981)。

Vivian 家は高い煙突を使つての鉱害対策も試みた。煙突のうち最大の高さのものは、1830 年に建設された高さ 74m のものであった。Vivian 家は、その煙突から煙は地表に届くことはないと主張した。実際は、煙突からの煙が地表に届いたばかりでなく、煙が広範囲に広がり問題を悪化させた。1833 年に裁判で判決が出た後、表向きは、炉の中の通風が強くなり、火を制御するのが難しいという理由で、Vivian 家でさえ、高い煙突の使用をやめた。Swansea で、煙霧に関係する人々の話題は、人々の健康問題に移っていった。しかし、郊外では、農地や森林があり、そこの人々の興味は地所に対する損害であった (Rees, 1993)。

#### 5) 鉱害対策の歴史

1797 年に Maton は Cornwall の銅の工場について、「製錬所の中では、砒素の蒸気が充満していて有害であり、炉の熱により引き起こされる蒸発はおびただしい。そのため、そこで働く人々は数ヶ月のうちに、やつれてきて、数年のうちに墓場行きとなる」と述べた

(Newell, 1997)。Maton の主張は、ほとんど支持を得なかったが、Paris に引き継がれた (Newell, 1997)。しかし、Maton や Paris の意見は、ほとんど支持を得なかった。一例として 1842 年に児童雇用についての王立委員会へ提出した報告書の中で、Jones は「銅の煙は農作物や野生動物に深刻な問題でも人間の健康に問題はない」と指摘した (Newell, 1997)。1845 年に外科医であり、登記官であった Bevan は、都市委員会への報告書の中で「銅の煙は感染症の予防になる」と述べた。この見解は、Swansea 地区の死亡率が他の工業都市に比べて低いという統計値によって支持された。Beche は Bevan の主張に疑いを持った (Newell, 1997)。Beche は植物を蝕む煙霧は人に対しても有害であるはずだと主張した。また Beche は死亡率の統計値の問題点についても論じた。第一に、Swansea は他の工業都市ほど都市化していない点をあげた。Swansea 以外の他の工業都市では人口の集中があり、死亡率も大きかった。第二に、Swansea の住民の死亡率を一般的に捕らえることは、市内の都市化された小区画の住民の高い死亡率を見落とすことになった。Beche は、このように統計値も Bevan によって示された煙霧の益を支持しないことを、1845 年に論じたが、銅の煙霧に健康上の問題があることを証明できなかった。そのため多くの人の賛同を得られなかった (Newell, 1997)。

1846 年の議会報告で、Beche と Playfair は銅製錬所からの煙霧と燃料の燃焼によってできる煙霧とは別のものであり、取り扱いが異なるべきだと主張した。この理由として、溶鉱炉からの煙霧を削減するための十分な技術がないことをあげた (Newell と Watts, 1996)。1840 年代に Vivian 家は、労働者に対して平均的な市民の家よりも大きな家を与え、下水設備や学校を建設するという対策を講じた。それでも労働環境の厳しさについて、1850 年に歴史家の Lambert は「よそから来て製錬所で働いている者は、数ヶ月で病気になるか死ぬ」と記述した (Rees, 1993)。このように煙霧の人体に対する有害性の意見が一般に大勢を占めるのは、19 世紀半ば以降のことである。

銅の廃棄物の影響で Swansea Valley の大部分の植生が破壊された。動植物は失われ、降水量の多さ (年間  $1.2 \times 10^3$  mm) と植物の根の喪失により、土地の表層部は生命のない状態になった (Lavender, 1981)。Williams は 1854 年の報告書で「Swansea の北部、東部の地域は文字通り焼け焦げている。目にとまるのは、Kilvey や Morryston や Llansamlet の丘の斜面上の砂利や赤土だ。かつて表面にあった土壌は雨によって洗い流され、谷の下部に堆積している。草も灌木もないが、煙を含んだ風を避けることのできる窪地や川に沿った低地にわずかに弱弱い葉の植物を認める。150 年間、二酸化硫黄に蝕まれて晴れやかだった谷は、ついに無生物の砂利や灰の風景の土地に変わってしまった」(Rees, 1980-81) と書いているが、一方 Williams は Bevan の見解を支持し、銅の煙霧は労働者に対しては無害であると主張した。

Percy は Williams の意見に対して、1861 年に煙霧の有害性を主張した。製錬業者 H.H.Vivian は、煙霧の恩恵を確信していて、コレラの発生時に、労働者に薄めた硫酸を

勧めた。19世紀半ばでは、一般的に硫黄がコレラの治療薬とみなされていた。しかし、1864年の児童雇用についての王立委員会の報告は、労働者に対して銅製錬の不健康な影響を認めた。1870年代に Swansea の保健責任者である Davies は Swansea 周辺の調査をした。それによると、Swansea の周辺の村は煙霧の影響を受けているが、その死亡率は Swansea より低い。しかし、それらの地域では肺の病気の割合が高いことがわかった。Davies はこれらの現象を説明することができなかった。しかし地方議会医療関係の職員が Davies の統計を使って、局地的な差異に注目するのではなく広域的な国の規模で検討すると、煙霧と健康との間に重大な関係があることを 1874 年に発表した (Newell, 1997)。

19 世紀に入ると 1 人あたりの石炭使用量は年 1 トンで 18 世紀に比べ 2 倍になった。大気の汚染も進み、英国議会は、1819 年に蒸気機関と炉から発生する煙害の防止方法を調査研究するための委員会に蒸気機関と炉の構造について諮問した。その後、1821 年に煙害防止法が制定された。さらに 1847 年に、工場で完全燃焼するような炉が使用されることという都市整備法が制定された。効果的な大気汚染源の管理は 1863 年のアルカリ法の制定によった。このアルカリ法は煙突より排出されるガスの基準値を定めた。1881 年にアルカリ等工場規制法が制定され、化学工場の排煙の規制を行った。アルカリ法やアルカリ等工場規制法は鉱山や金属製錬所などの重要な産業を規制対象から除外していた。硫黄を含む鉱石の焙焼は、1906 年にアルカリ法の対象にされた。この規制に対し産業界から反対があり、該当の工場を登録することはできたが、工場が二酸化硫黄を大気中に排出することを防止する最善の実際的方法の採用を法的に義務付けられなかった。技術的な問題は、1930 年代に二酸化硫黄を接触法で硫酸にする方法が採用されることによって解決した (畑, 1997)。

英国で銅の煙霧の問題がなくなったのは、技術的またその他の問題の解決によるものではなく、構造的変化によるものであった。その第一は、製錬業者が硫黄を多く含んだ Cornwall の鉱石を使わなくなったことによって、1860~1870 年代に Cornwall の鉱業が崩壊したためである。第二は、他の国から英国に regulus(中間製錬鉱)や焼いた黄銅鉱(硫黄の多くは取り除かれている)の形で輸入された銅鉱石が増加したためである。このため銅の煙霧の問題は英国外の問題となった(Newell, 1997)。

この地域の産業が終息したとき、あたりの土地はやせて黄色になっていた。産業廃棄物、銅や亜鉛、ブリキ、鉄等の副産物がこの谷に投棄された。製錬所が閉鎖された後、この谷に残された廃棄物は  $7 \times 10^6$  トンと見積もられている。降水は廃棄物を浸食するだけでなく、有害な銅や亜鉛の塩類をその下の土壤に浸出させた。Swansea を流れる Tawe 川は、交通路であり、産業に使う水の供給源であったが、廃水を容易に処理する場にもなった。硫酸、硫化鉄やゴミ捨て場からの灰や燃殻が川に流れ込み、同時にその中の生物をも死滅させた。その後、この地域の土地改良計画の多くのことは、1968 年~1974 年に行われた(Lavender 1981)。しかし、Swansea の北部、東部の土地の状態は、21 世紀初期においても完全に回

復していない。

### 3.5 考察

Swansea を中心にした鉱害の歴史的段階を(表 3-5)に示す。ここで 1.汚染源発生,2.現象の認知,3.反対運動,4.現象の科学的解釈,5.対策,6.終息の 6 段階を示す。これらの段階はおおよそこの順序で生じたが、ある段階が終了してから次の段階に進んだというものではなく、ある段階の事象が継続しながら次の段階の活動が行われていた例があった。「1.汚染源発生」と「2.現象の認知」の関係は、現象が認知された後も、1924 年まで銅製錬の操業が続いた。またほぼ並行して活動が行われた場合もあった。「3.反対運動」と「4.現象の科学的解釈」と「5.対策」はこの例である。さらにこの中を検討していくと、「3.反対運動」のように裁判が結審して、そこで終了するものもあった。また、「4.現象の科学的解釈」のように、18 世紀半ばまで煙霧と鉱害の関係に対して意見が拮抗していたが、徐々に煙霧の有害性の認識が多数を占めるようになってきた場合もあった。また「5.対策」については、社会的側面と技術的側面がある。かなり初期の段階から対策に着手したことは、経営者の社会に対する姿勢の現れである。後に煙霧に対する手立ての改善ができたが、これは技術的貢献による。しかしこの技術も完全ではなかった。これとは別に、完全な技術があってもそれを受け入れるかどうかは、そのときの社会的要請による。技術は技術だけで独立しているわけではない。このように鉱害を含めた公害問題解決のために、ひとつの要素だけを取り出して解決できるわけではなく総合的考察が必要である。

[挿入(表 3-5)]

これらのうち「4.現象の科学的解釈」と「5.対策」の段階は、銅資源の枯渇及び経済的環境の変化により銅製錬業の海外移転という事態で途中で「6.終息」の段階に移った。終息は解決ではなく、鉱害の海外移転であり、また Swansea に廃石等の残留物、森林破壊等の環境破壊を残した。

金属の製錬業が Swansea を中心とする地域で盛んになった一因に、Cornwall の銅鉱石と南 Wales の石炭の存在がある。豊富で安価で容易に手に入る石炭は製錬時に還元剤として、大量に石炭を使う製錬法であるウェールズ法にも適していた。また蒸気機関の燃料として有効に働いた。その蒸気機関はとくに Cornwall で坑内の水を汲み出す際に使われた。これによって、銅鉱石を大量に供給することができた。ここで、資源と技術の組み合わせによって、さらに産業の発展という構造ができあがった。ただ新技術の出現だけを、産業の発展の原因とするのは適当ではない。新技術が産業を発展させたのではなく、産業の発展が新技術を必要としたとも言える。新技術の必要を社会が求めていたので、Watt がそれまでの蒸気機関に新機構を加えて発明した。

銅鉱石とその還元剤である石炭を豊富に国内に持っていたという点に加えて、沿海に製錬所を有していたことも地理的な有利さのひとつであった。Cornwall 及び Devon にあつ

た銅鉱石は **Bristol** 海峡を横断して大量に安価に運搬することができた。また内陸での輸送は、運河によって推進された。歴史的な点に注目すれば、この時期は海上輸送と運河輸送の時代であった。蒸気機関は揚水に貢献していた。蒸気機関車が内陸交通の主力となるには、当時の鉄道網は未整備であった。

鉱物資源がいくら豊富でもそれを活用するソフトウェアが必要である。英国では物理学をはじめとして自然科学の基礎研究の蓄積があり、自然科学の研究者及び技術者という人的資源に恵まれていた。そのころ英国は、自然科学及び技術の各分野が発展の初期段階にあった。当時は、それらの学問が発達して、権威付けられる以前のことであった。学歴等の権威にとらわれることなく、自由な環境の中で開発研究が行われた。**Boulton** と **Watt** の所属していたルナ協会は産業革命期に重要な役割を果たした(リッチ・コールダー 1982)。ルナ協会の会員は鉱業以外の分野でも重要な成果をあげた。

産業革命が進むにつれ、銅を含む金属の需要が増えたが、それが **Wales** の **Swansea** 周辺の金属工業の衰退を招いた。鉱石の産出量に限界があり、やがて鉱石を海外から輸入するようになった。さらに製錬そのものも海外で行われるようになり、**Swansea** 周辺の金属産業は終息した。これは同時に鉱害発生の終息であった。しかし廃石、周辺森林への影響はその後しばらく残った。

金属製錬による環境への影響は、人類が製錬技術を開発したときから始まったと思われる。畑(1997)は、金属の製錬には大量の薪木や木炭を必要とするので、周辺の森林破壊は凄まじいものであり、古代オリエント地域の森林破壊と砂漠化を早めたことは間違いないとしている。歴史的事実としての鉱害はあっても、近代で英国は最初に産業革命を成し遂げ、またそこで鉱害を経験した。したがってその対処法が十分に確立されていなかった。

最初に鉱害に気がついたのは、農業、牧畜に携わる人びとであった。**Harford Copper Work** の経営者の **John Henry Vivian** は鉱害に対して個人的に対応した。1810 年ころから 1822 年まで行われた煙霧除去の実験には、当時の一流の科学者である **Faraday** や **Phillips** を雇って対応を研究させた。また煙霧を遠方に拡散させるという目的のために、高い煙突が建設されたのは 1830 年であった。これらは訴訟が始まる前のことである。これらの **Vivian** の行動は自らの非を認めるというよりも、個人的に被害者の救済をして企業のイメージを高めることを目的としたように考えられる。鉱害の一部に対して、企業側は何らかの対策をとろうという姿勢を見せたが、多くはそのままにされた。煙霧だけでなくスラグ、河川汚染、健康問題、生態系問題、景観損傷等の問題は未解決であった。

1832 年に生業に影響を受けた一部の人びとが反対運動を起こした。一部の住民は裁判を起こしたが、1833 年の裁判は住民の敗訴に終わった。このとき、**Vivian** は弁護士として前司法長官の **Scarlett** を雇って、万全の備えをした。**Vivian** に、社会的敗北を避けようとした強い意志が感じられる。

当時の多くの人々にこの鉱害問題を社会全体として取り組まなくてはならないものと



する認識はなかった。国家の体制の中で処理されなかったので、個人の立場で対処した。鉛毒がまだ社会的に認知されていない時代での対応であった。当時は鉛毒という観念のない時代で、その被害者であってもその意識はなかった。生産者側は銅製錬という企業活動を通して利益の追求という経済活動をしていた。生産量の増大が、生産者にとっての目標になっても、多くの企業家はそれに付随する環境への負荷を社会の大勢として省みることにはなかった。鉛害問題に取り組んだという点に関して、Vivian 家は少数派であった。

発生源と被害との相関関係が存在しても因果関係を認めるのは、さらに次の段階になる。この時代、相関関係すら公には認められなかった。鉛害の発生が自然科学的原因であっても、それを認定するには社会科学的手続きが必要になる。住民の健康上の異常を含め環境上の異常は存在した。鉛害の認定に、ある一定の手続きが必要であり、それを社会が認めるのは、その後の時代のことになる。この時代は鉛害に対しての取り組みの試行錯誤の時代であった。

### 3.6 まとめ

本研究から以下ことが示唆された。

#### a. Swansea における銅製錬が環境及び社会に及ぼした歴史的段階

を 1.汚染源発生,2.現象の認知,3.反対運動, 4.現象の科学的解釈,5.対策,6.終息の 6 段階とした。これらの段階は、おおよそこの順序で生じるが、ある段階が終了してから次の段階に進むというものではなく、ある段階の事象が継続しながら次の段階の活動が行われている例があった。やがて銅資源の枯渇及び経済的環境の変化により、銅製錬業の海外移転という事態で途中で「6.終息」の段階に移った。各段階の事象が直線的につながっているのではなく、場合によっては並行して生じて影響を及ぼしあっている。このように鉛害を含めた公害問題はひとつの要素だけを取り出して解決できるわけではなく総合的考察が必要である。

#### b. 世界初の産業革命が英国で起きた。銅鉛石、石炭等に恵まれて、英国で銅製錬も盛んになった。各種の蒸気機関が発明され、坑内の水の汲み上げのために使われ、銅鉛石を増加させ、産業を推進させるという技術と資源の相互作用が起きた。

#### c. この時代の技術は、生産のための技術が中心であり、鉛害防止の技術はあまり考慮されていなかった。はじめ、還元剤として木炭を使用していた。そのために森林への負荷が大きかった。また、坑木等にも森林伐採がなされた。そこでの還元剤が石炭に切り替わっても、製錬に伴う煙害により森林は被害を受けた。また廃水によって河川の汚染は進んだ。製錬によって生じた廃石も環境汚染のもととなった。蒸気機関は銅鉛石を増産させたが、結果として銅製錬に伴う二酸化硫黄を増加させた。このように、生産が増え続けると同時に鉛害も増加した。

#### d. 当時は公害としての鉛害が社会的に認められる以前の社会であったが、現象としての

鉦害は確かに存在した。それに対処する方法は制度的なものではなく、個人的な方法だった。Vivian のような一部の経営者は、鉦害の解消に向けて技術的改善の行動を起こした。

注(\*はインターネット・ホームページから引用)

3-1 「Levant Mine」

\*(<http://freespace.virgin.net/levant.mine/history/Levant%20History.htm>)

3-2 「Camborne School of Mines Virtual Museum」

\*(<http://www.projects.ex.ac.uk/geomincentre/min1.htm>)

3-3 Newcomen の機関も Watt の機関も、ともにシリンダー内に真空を作り大気圧を動力源とすることから大気圧機関(atmospheric engine)である。Newcomen は蒸気をシリンダーと分離した容器で発生させ、シリンダー内で蒸気を凝縮させた。Watt は Newcomen と同じくボイラーとシリンダーを使用した。蒸気の凝縮は完全に分離した容器の中で急速に行った。また往復運動を回転運動に変換する技術の開発される以前は、beam の上下運動を利用したので Newcomen の機関や初期の Watt の機関は beam engine に分類される。蒸気機関(steam engine)の言葉が初めて登場するのは、1719 年に作成された銅板画にある文章の中である(ディキンソン, 1994)。

## 参考文献

- Alexander, W., Street, A. 1982. Metals in The Service of Man. Harmondsworth 312p
- アシュトン, T. S. 中川敬一郎(訳). 1973. 産業革命. 岩波書店 205p
- Barton, D. B. 1961. A history of Copper Mining in Cornwall and Devon. Truro Bookshop 98p
- Bentley, S. P., Siddle, H. J. 1966. Landslide research in the South Wales coalfield. Engineering Geology 43:65-80
- Buckley, J. A. 2002. The Cornish Mining Industry. Tor Mark 48p
- Clapp, B. W. 1994. An Environmental History of Britain since the Industrial Revolution. Longman House 268p
- ディーン, P. 石井摩耶子, 宮川淑(訳). 1973. イギリス産業革命分析. 社会思想社 339p
- ディキンソン, H. W. 磯田浩(訳). 1994. 蒸気動力の歴史. 平凡社 295p
- 畑明朗. 1997. 金属産業の技術と公害. アグネ技術センター pp411
- Hughes, S. 2000. Copperopolis Landscapes of the Early Industrial Period in Swansea. Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales 358p
- 池田謙三. 1940. 銅製錬上巻. 実文堂 668p
- 小林英夫. 1988. イギリス産業革命と近代地質学の成立. 築地書館 338p
- ラングトン, J., モリス, R. J. (編). 米川伸一, 原剛(訳) 1989. イギリス産業革命地図. 原書房 249p
- Lavender, S. J. 1981. New Land For Old The Environmental Renaissance of the Lower Swansea Valley. Adam Hilger pp137
- Newell, E. 1990. 'Copperopolis': The Rise and Fall of the Copper Industry in the Swansea

- District, 1826-1931. BUSINESS HISTORY 32:75-97
- Newell, E. 1997. Atmospheric Pollution and the British Copper Industry, 1690-1920. Technology and Culture 38:655-689
- Newell, E., Watts, S. 1996. The Environmental Impact of Industrialisation in South Wales in the Nineteenth century: 'Copper Smoke' and the Llanelli Copper Company. Environment and History 2:309-336
- Rees, R. 1980-81. The South Wales Copper-Smoke Dispute, 1833-95. Welsh History Review 10:480-496
- Rees, R. 1993. The Great Copper Trials. History Today 43:38-44
- リッチ・コールダー 笠 耐(訳) 1982. バーミンガムのルナ協会. サイエンス 12:104-114
- スミス, B. ウェブスター 和田忠朝(訳) 1966. 銅の6000年. アグネ 148p
- Stanier, P. 1990. Cornwall's Geological Heritage. Twelveheads Press 51p
- Tallon, A. R., Bromley, R. D. F. and Thomas, C. J. 2005. Swansea. City profile 22:65-76

## 第4章 日本の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響

### 4.1 はじめに

製錬の歴史は日本史の古代から始まる。しかし産業革命時の大規模な鉱害はその周辺の人々に大きな被害を及ぼした。それ以前にも、日本で銅製錬は行なわれたが、この時期の鉱害は、その後の現代の人々の生活に影響を与えた。現在の鉱害問題の改善点は産業革命時の反省点から生まれ、いまだに存在する問題点はこのときの負の遺産である。日本は、欧州の先進国に遅れて産業革命を成し遂げた。しかし、英国と同様に、産業革命は同時に環境へ負荷を与え環境問題を引き起こした。鉱害もそのひとつである。本研究では、主として産業革命時の近代日本の金属産業、とくに銅の製錬と環境の問題について、足尾銅山の製錬の例を取り上げる。

この時期に日本では、足尾以外の別子、小坂、日立でも銅の製錬が行われたが、足尾がその中で最初であった。日本の近代社会が鉱害に対してどのように対処したかを足尾の銅製錬の鉱害を通して知ることができると考える。菅井(1979a)は、これらの鉱害事件を比較研究し、足尾における被害民の運動が、結果的には体制側に鉱毒・煙害事件の一般的処理方式の確立を促したとしている。つまり、別子、小坂、日立の鉱害問題の展開は足尾の事件をふまえて展開した。本論では日本の産業革命期の初期に人々が鉱害に対処した足尾の事例を取り上げ、そこで鉱害に対する日本の特性を探ることとする。やがて英国と日本との産業革命時の鉱害問題の比較をする場合にも、日本的な特徴が表れていると思われる足尾を選んでこの事例を調べることが有効と考える。

日本の産業革命の時期については、さまざまな見解があるが、本論では、19世紀末から20世紀初頭にかけての時期として、論を進めていく。この時期を中心とした足尾の鉱害問題を取り上げ、政府、企業、一般民衆の対応を明らかにし、足尾銅山と環境との関連について検討する。現代では、環境問題は広域化し複雑化している。ここで歴史上の足尾銅山の問題を、環境との関わりで取り上げることは今日の環境問題を考えるためにも意義あるものと考え。とくに発展途上国の経済成長が多く、多くの鉱害問題を引き起こしている現状では、今日的な課題でもある。

### 4.2 足尾地域の地質

足尾銅山周辺の地質はジュラ系から完新世まで分布している(図3-1)。中新世の海底火山活動で特徴づけられるグリーンタフ地域は多くの金属鉱床が生成されている。足尾鉱床もこのひとつである。足尾鉱床の銅鉱床は足尾流紋岩と呼ばれる、主として溶結凝灰岩からなる岩体中に存在する熱水鉱床である(兼平ほか, 1980)。足尾鉱山の場合は、熱水鉱床の中の鉱脈鉱床に分類される(兼平ほか, 1980)。鉱脈鉱床は、普通数10cmから数mのまと

まった脈幅を持ち、走行傾斜方向に連続するものをいう(円城寺, 2004)。また流紋岩のまわりの古生層中のチャートや流紋岩自体を交代してできた河鹿と呼ばれる交代鉱床もある(兼平ほか, 1980)。

[挿入(図 3-1)]

### 4.3 産業革命時の銅製錬

#### 4.3.1 概況

日本の産業革命について、大石(1977)は、国家権力・軍事機構の強化を第一の要請にして行われたとする。それは一挙に機械制大工業を移入し、地主、商業資本の他律的な上からの産業資本への転化の道であった。その結果、賃労働関係等の生産過程においても、流通過程においても半封建的關係が否定されずに残り、むしろ維持強化された。さらに、特質として、江戸時代に既に発達していた経済活動を基礎にして欧米からの技術を移入して効率的な産業革命を成し遂げた点をあげている。江戸時代末期において国民の基礎的な学力がある一定の水準にあったことも、産業革命を進めるにあたって有効であった。また江戸幕府から明治新政府へという政権の交代の直後に産業革命があり、思い切った政策を実行しやすかったと考えられると説明する。効率的な技術の導入があっても、鉱害についての認識、対処についての思想や技術の導入はなかった。鉱害についての認識等は、産業革命先進国でも未発達であった。

足尾で銅の富鉱が発見された当時、日本の工業は本格的な発展期を迎えてはいなかった。銅を使用する産業は実用的な什器類程度で消費量も小量であった。国内の需要だけ期待するのではなく、海外にも販路を求めなくてはならなかった。1888(明治 21)年、英国商社ジャーディン・マセソン商會を介してシンジケートより古河鉱業会社に向こう三年間の全産銅の購入について引き合いがきた。1888(明治 21)年 7 月の契約で、同年 8 月から 1890(明治 23)年 12 月まで古河鉱業会社の  $1.9 \times 10^4$  トンの銅を引き渡す契約が成立した。この契約を履行するために、産銅量をさらに 5, 6 割高めなければならなかった。その過程で、坑内から銅、硫酸を大量に含んだ地下水が湧出し、選鉱、製錬の過程で生じる鉱さい、廃石などとともに渡良瀬川に廃棄され、汚染が一挙にすすんだ(藤本, 1993)。このように海外における銅需要によって銅生産が支えられた。1899(明治 32)年から輸出税の免除もあって、輸出はいっそう促進された。これに伴い、銅輸出額の全輸出総額に占める比率もしだいに上昇し、1882(明治 15)年の 2.2%から 1900(明治 33)年には 6.3%となった(日本経営史研究所, 1976)。

#### 4.3.2 足尾地域

##### (1) 地理

この地区を渡良瀬川とその支流が流れる。支流のひとつ、餅ヶ瀬川沿いに唐風呂地区が

ある。また支流の庚申川沿いに小滝坑があった。渡良瀬川本流を遡り、高原木の地区から、松木川、仁田元川、久蔵川に分かれ、それぞれの川沿いに、松木、仁田元、久蔵の地区があった。足尾製錬所は本山の約 700m の標高にあった。松木地区は渡良瀬川の支流の松木川に沿って北西に遡ったところに位置した。約 800m の標高にあった松木地区は、四方を尾根で囲まれており、松木川の上流部の標高は 1000m 付近である。

## (2)歴史

宇井(1982)は足尾銅山の鉱毒問題を「起」「承」「転」「結」にまとめている。「起」を 1880 年代初頭から 1895 年ころまで、「承」を 1901 年ころまで、「転」を 1919 年ころまで、「結」をそれ以降とした。これによれば、「起」に鉱害の発生、訴訟等が含まれる。「承」に第一次の鉱毒調査会、大衆運動、排煙脱硫塔等工事が含まれる。「転」には谷中村強制破壊、谷中村の遊水地化が含まれる。「結」には、反対運動の終息、沈殿池からの氾濫、遊水地決壊が含まれる。

また菅井(1979a)は、足尾銅山鉱毒事件を被害に関する分析、被害民側の反対運動に関する分析、加害企業と体制側の対応に関する分析、世論の動向に関する分析から社会問題化した時期を 3 つの時期に区分した。その第 1 期は 1890～1896 年、第 2 期は 1897～1901 年、第 3 期は 1902～1907 年である。運動形態について見ると請願、陳情が主であるが、その一面では直接行動的な側面を持っていた。第 2 期、第 3 期において、首都の政治家、宗教家、言論人、知識人などによる幅広い支援が目立った。足尾での運動は、加害者に対する要求ではなく、政府に対して「鉱業停止」を要求するものであった点が特色である。政府は、鉱業停止にならない解決を図った。つまり渡良瀬川下流地域の遊水池化を計画した。菅井(1979a)は、これらの各時期の中で、(1)被害の発生、(2)被害民による被害の認識、(3)被害民の鉱害反対運動とそれに対する加害企業または体制側の対応、(4)体制側の一定の対策と事件処理、(5)事件の再発の五段階をとるという見方をしている。

本論文は、菅井(1979a, b)のように足尾銅山、別子銅山、小坂鉱山、日立鉱山の鉱害事件の比較研究ではないので、足尾銅山についての時期を 1 期、2 期、3 期という分類をしないで、一連のものとした。菅井(1979a)の第 1 期以前に鉱害は、発生しており、その元になるのは古河家による経営であるので、明治初期から詳細に検討していくことにする。

足尾銅山は 1610(慶長 15)年に発見され、翌年から幕府直轄銅山として銅製錬を開始したといわれる。1877(明治 10)年、足尾銅山が古河市兵衛の経営に移り、近代的な鉱山経営がはじまった。1877 年の古河家の足尾銅山の経営開始が汚染源の発生の源流であった。

その後の足尾付近の鉱害の歴史的段階を(表 4-1)にまとめた。それは、1.汚染源発生、2.現象の認知、3.反対運動、4.現象の科学的解釈、5.対策、6.終息の 6 段階である。鉱害のうち煙害は 1956 年に古河オートクランプ法という製錬技術が完成するまで発生し続けていた。また、2.現象の認知、3.反対運動、4.現象の科学的解釈、5.対策の一部は同時並行で進行する場合

もあった。これらの段階は、ある段階が終了して次の段階へ行くというものではない。ただ、それぞれの段階の初期を並べると、おおよそこのような順番になることを示している。1882年に煙害の発生が認められていた。1884(明治17)年に巨大鋳床の横間歩大直利が発見される以前であり、ダイナマイトの使用やシュラム削岩機や水套式熔鋳炉等の新技術使用前に鋳害が発生していたことは注目に値する。1956年までの期間、採用された技術は鋳害の発生を抑制することを考慮に入れない技術だった。その結果、生産量が高まるほど、煙害の程度は大となった。

[挿入(表 4-1)]

1883(明治16)年の産銅量が647トンであったものが、翌年に2286トンになった。この時点で、全国産銅量の26%を占め、別子銅山を抜いて全国一の銅山になった(加藤, 2003)。その翌年は、4000トンを越えた。全国生産量のうちで足尾の占める割合も増加し、1891年では、全国生産量のうち約4割が足尾産となった(表 4-2)(図 4-2)。採掘製錬技術が進歩し、鋳害が発生して反鋳害運動が起きた。これに連動して政治活動が生じたという動きを、(表 4-1)に示す。

[挿入(表 4-2)(図 4-2)]

### (3)技術的变化

選鋳法について、足尾銅山では、1883(明治16)年から洋式機械を用いて、近代的な方法が導入された。その後改良され、1885(明治18)年には、含銅品位4~5%以下の低品位粗鋳も使われるようになった。この時代、これが限界であった。さらに1907(明治40)年前後には1%含銅の低品位鋳も有利に処理し、8~10%含銅の精鋳を得ることができた(日本経営史研究所, 1976)。

足尾の溶鋳炉が製錬用燃料としてコークスを使用したのは1887(明治20)年である。はじめ大阪市場でコークスを購入し、これを足尾まで輸送していた。やがてコークスを自給自足する計画をたて、東京府南葛飾郡に深川骸炭所を建設し、1888(明治21)年10月から操業を開始した。製錬法について、足尾銅山では、はじめ、伝統的な方法で行われていたが、1883年ごろから焼鋳(鋳石から硫黄分をとばした後の銅鉄の化合物)と焼鋳(不純な硫化物)を同時に溶解製錬する方法を採用した。さらに1887年に水套式熔鋳炉を築造した(日本経営史研究所, 1976)。

それまでのレンガで造られた高炉に熱に弱い欠点があった。ヨーロッパで開発された水套式熔鋳炉は、鉄板で二重に囲み、その中に水を入れて冷却するという技術であった。鉄板の表面に鋳滓や鋳石が付くことにより、鉄の腐食を防ぐことができ、外からの水の冷却で鉄をもたせることができる。新しい技術で生産が上がり、二酸化硫黄の放出が増えた。足尾では硫砒銅鋳( $\text{Cu}_2\text{AsS}$ )も混ざっていたので、動植物に有毒な砒素を煙と一緒に放出した(宇井, 1971)。



ベセマ製錬法は、1856年にベセマが行った鉄製錬法である。1880年フランス人マネースはこれを銅製錬に応用し成功を収めた。1883～1884年、アメリカ、モンタナ州のパロット社の銅製錬所で、このマネースのやり方によるベセマ製錬法が紹介された(池田, 1940)。足尾では、1893(明治26)年より、この方法による製錬を始めた。鉱石を焼鉱したものを熔解して50%の銅鍍として、これを熔鍍炉で再熔する。次にこれを転炉に入れ、空気圧気機を使用して送風し、そこで銅鍍に急激な酸化作用を促し、これから発生する熱量によって金属状態となるまでこれを自熔させる。不純物は酸化され除去され、同時に燃料を必要とすることなく良好な銅を得ることができる。従来は鉱石から製銅を得るには32日間を要したが、この製錬法で2日に短縮できた(日本経営史研究所, 1976)。二村(注)によれば、32日は土竈を用いて焼鉱していた時代の数字であろうという。反射炉による焙焼で焼鉱日数が2週間以上短縮され、さらに転炉の導入によって約15日が節約されたという。

#### (4) 鉱害

東海林(1982)は製錬所から発生する二酸化硫黄の量を、統計的手段により濃硫酸に換算して産銅量の4倍であると推定した。その結果、1907年までの放出亜硫酸を濃硫酸に換算して、累計539,820トンであるとした。

本論2, (1)銅鉱石と製錬の(1)式(2)式より $2\text{Cu}$ から $4\text{SO}_2$ が生じ、これから $4\text{H}_2\text{SO}_4$ が生じる。本論では、化学式量の比( $4\text{H}_2\text{SO}_4/2\text{Cu}$ )=3.1から、発生する二酸化硫黄は濃硫酸に換算して、産銅量の3.1倍とした。

足尾銅山の場合、(表4-2)に示すように1884年の銅生産量が2286トン、1885年に4090トンになり、それ以降、20世紀初期の生産量は年間6000トン以上になっている。1877年の創業以来1906年までの累計産銅量は、126,697トンである。この期間、1885年以降、年間 $1 \times 10^4 \sim 2 \times 10^4$ トン程度の濃硫酸が周辺に放出されたことになる。1877年から1906年までの間に、発生した二酸化硫黄の濃硫酸換算量は、 $3.9 \times 10^5$ トンに達する(表4-3)(図4-3)。

[挿入(表4-3)(図4-3)]

#### (a) 山林への影響

1884(明治17)年の横間歩大直利の採掘を機として、急激な出鉱増加を処理するために、製錬用木炭の供給が重大問題となった。また木炭以外に、坑木用丸太や建築材のための山林資源の需要があった。このため銅山近くの山林資源伐採が急速に進んで枯渇する状態に達していた。山林資源の不足は、やがてコークスの使用という道を歩むことになった。このことは英国と同じであるが、英国と異なり、日本は既に出来上がっているコークスの技術を取り入れて実践するだけであった。

二酸化硫黄は降雨によって硫酸となり、土壌を汚染し、植物の種をまいても芽が出ず、

苗、若木も枯らした。銅の生産増大により、鉱毒と煙害が激化した。銅製錬の燃料等の確保のため山林は乱伐され、水源涵養林は荒廃した。これらの諸要因の加速度的な進行によって、生態系は破壊され、剥がれた山の表面は露出し風化、崩壊が進んだ。

(表 4-4)に足尾官林の伐採面積、累計伐採面積、足尾銅山の銅生産高、累計銅生産高を示した。このうち伐採面積と累計伐採面積の関係を(図 4-4)に示し、銅生産高と累計銅生産高の関係を(図 4-5)に示した。

伐採面積は 1884 年の横間歩大直利の発見以来大幅に増加し、1888 年には 1,571ha にも達した。農地被害の顕在化した 1890 年までの伐採面積の累計は 4,501ha に達している。水源涵養林である山林の伐採は、洪水の発生の原因となった。山林の伐採は、1888 年、1890 年、1891 年に渡良瀬川に大洪水を招いただけでなく足尾山林を急速に荒廃させていった。(表 4-4)にある 1881 年から 1893 年までの足尾の官林伐採面積の合計は、6,704ha であった。これを足尾・細尾官林輪伐区域の足尾分だけの 10,981ha と対比すると、61%となる。また足尾官林総面積の 13,394ha と対比しても 50%である(栃木県史編さん委員会, 1984)。

[挿入(表 4-4)(図 4-4)(図 4-5)]

ここで足尾官林伐採面積と銅生産高の関連を検討する。製錬に薪、木炭を必要とするが、それらを供給する森林面積を計算する。はじめに薪と木炭の関係を求める。一般に木材の密度は  $600(\text{kg}/\text{m}^3)$  であるから、1 トンの薪の実材積は  $1.67\text{m}^3$  と計算される。また平均的には実積  $1\text{m}^3$  の薪材から 135kg の木炭が製造されるので、1 トンの製炭に必要な木材は  $7.41\text{m}^3$  となる(斉藤, 1989)。木材の密度は  $600(\text{kg}/\text{m}^3)$  としたので、薪  $1\text{m}^3$  で 600kg である。つまり、600kg の薪から 135kg の木炭が製造される。このことは、1 トンの薪から、225kg の木炭が製造されることと同じ比率である。

次に森林伐採面積を推定する。1881 年から 1885 年の間に消費された木炭と薪の量は、日本経営史研究所(1976)の数値を使った。1881(明治 14)年の木炭の年間消費量は  $6.56 \times 10^2$  トンであったが、1885(明治 18)年には、18 倍の  $1.19 \times 10^4$  トンになった。また薪の年間使用量は、同じ時期に  $9.0 \times 10^3\text{m}^3$  から 7 倍の  $6.6 \times 10^4\text{m}^3$  になった。この資料の木炭の消費量を薪の量に換算した。木炭消費量と薪消費量を合算し、薪の相当体積で示した。山林における蓄積量の標準的な値は、 $100 \sim 130(\text{m}^3/\text{ha})$  である(斉藤, 1989)ので、ここでは 1ha あたり  $120\text{m}^3$  を使う。合算した薪の相当体積量を 120 で除して伐採面積を推定した。

1886 年以降の木炭と薪の量は、栃木県史編さん委員会(1984)の数値から推定した。これによると、1891 年から 1893 年の間の平均値として、荒銅 100 斤あたり、薪 0.47 棚、木炭 41.8 貫、コークス 12.6 貫の数値が示されている。つまり荒銅 1 トンあたり、薪  $23.5\text{m}^3$  (木炭相当 3.2 トン)、木炭 2.6 トン(薪相当  $19.3\text{m}^3$ ) 必要した。これらから荒銅 1 トン生成するために、薪に換算して  $42.8\text{m}^3$  必要であることがわかる。1ha あたり  $120\text{m}^3$  として  $42.8\text{m}^3$  蓄積量は、0.36ha の森林に相当することになる。結論として荒銅 1 トン生成するために、0.36ha の森林が必要であった。計算に用いた蓄積量よりも実際の蓄積量が劣っていれば、

それに反比例して必要な森林面積は増加することになる。このように、1886年以降は、銅生産高(トン)に0.36を乗じて推定伐採面積(ha)とした。このようにして作成した推定伐採面積と推定累積伐採面積も(表4-4)に記載した。また累積銅生産高と推定累積伐採面積の関係を(図4-6)に表した。

[挿入(図4-6)]

累積銅生産高と足尾官林の実際の累積伐採面積の値は、年とともに増加している(図4-7)。両者の増加の傾向はほぼ平行している。この累積銅生産高と累積伐採面積の関係を(図4-8)に表した。この関係式の傾きから、銅1トンが0.14haの森林資源に相当することを示している。これは製錬に必要な量として先に示した0.36haに比べて少ない値である。足尾官林の伐採によって製錬のすべてを賄うことはできなかつたと推測できる。

[挿入(図4-7)(図4-8)]

実際は足尾官林だけでは薪炭材が不足し、それを補うために近隣の山林または木炭を購入し、京浜、阪神地方からコークスを移入していた。古河は群馬県東村沢入の官林払下を申請していたが、1889年輪伐区方式による許可が出た。乱伐と煙害の被害のため、足尾官林は荒廃した。水源涵養や土砂流出防止のために足尾官林の伐採禁止令が、1894年東京大林区署によって発せられた(栃木県史編さん委員会, 1984)。

## (b) 鉾山周辺への影響

製錬所が分散設置されていた1882(明治15)年に、被害が発生していた。製錬所周辺の赤倉、本山、間藤で草木が枯れていた。製錬所からの高濃度の二酸化硫黄がこの地区に吹き付けていたことが推察される。1883(明治16)年には、製錬所から渡良瀬川、その上流の松木川沿いに排出ガスがまっすぐ北上していった。その先にある松木村でも被害が出た。ここでは農作物の不作が目立った。1883(明治16)年は、後に小滝につくられた製錬所を除くその他の製錬装置が本山に集められた年である。1885(明治18)年に赤倉、高原木、仁田元、久蔵、間藤、松木の6村が農作物被害について県知事に請願しようとした。しかし、赤倉の龍蔵寺の住職が足尾銅山との交渉を買って出て、松木村を除外した残りの5村のために示談金を得た(飯島, 1982)。

1887年以降、煙害は一層激しさを加えた。第一次鉾毒調査委員会の委員の農商務省技師和田国次郎は、1893(明治26)年当時の状況を「明治林業逸史」の中で二酸化硫黄によって樹木、草木がなくなり、山骨が露出されている状況を報告した。被害民による請願や示談要求などの本格的な要求に対し、銅山側は、野火が原因とみられる大火を山林荒廃の最大原因と主張した。特に1887(明治20)年の火災は、足尾東部8地区におよぶ大火災であった。和田国次郎は野火による森林荒廃を認めつつも、煙害によって山林が岩石崩壊にまで追い込まれている状況を述べていた(栃木県史編さん委員会, 1984)。

鉾山側は、1885(明治18)年以降に煙害が発生したと主張した。これは、松木を除く5

村の住民と銅山との間の示談契約が 1885 年に結ばれたことを念頭においてのことと思われる。このとき除外された松木村は 1895 年 10 月に示談に応じた。銅山側は唐風呂住民との訴訟に勝った直後であり、松木住民にとっては不利な示談であった。この示談で、既往及び将来の一切の損害について何らの請求もしないという永久示談の条項が含まれていた(栃木県史編さん委員会, 1984)。

1893(明治 26)年 4 月、煙害の被害を受けていた唐風呂の住民は、その被害に対する和解願を宇都宮地区裁判所に提出した。一ヵ月後、古河鉱業会社は事実を認めず、要求を拒否した。山元住民は多かれ少なかれ銅山の恩恵を受けていた。古河鉱業会社は、これを利用して住民の分断を図った。和解を拒否された唐風呂住民は、1895(明治 28)年 4 月、東京地方裁判所に損害賠償請求の訴訟を起こした。33 名の原告は、1883(明治 16)年以降、畑作物、養蚕、山林、果樹などに被害が現れ、1888(明治 21)年の小滝銅鉱での発掘以来、野菜をはじめ桑その他の樹木にいたるまでことごとく枯れていると主張した。同時に農学者、稲垣乙丙の提出した証明書は、主たる原因として二酸化硫黄をあげ、それに次いで銅、砒素をあげた(栃木県史編さん委員会, 1984)。一方、銅山側は、農産物減収、山林荒廃と煙毒の因果関係を否定することに努めた。農作物、養蚕の減収の事実はなく、たとえあったとしても、農作業を怠ったためであるとした。山林荒廃は野火のためであり、さらには薪炭需要の増大とその高騰によって乱伐が進んだためであると主張した。裁判所は、両者の対立点に対して明確な判断を示さなかった。

1895(明治 28)年 7 月、東京地方裁判所は「原告ノ請求相立タズ」と判決を出して、結果的に古河市兵衛の勝利に終わった。孤立した唐風呂住民は敗訴後 4 か月で示談に応じた(栃木県史編さん委員会, 1984)。

1896(明治 29)年に初の鉱害予防工事命令が出され、1897(明治 30)年に第 2 回鉱害予防工事命令が出された。二酸化硫黄対策として脱硫塔の建設があげられたが、効果なく、被害はさらに拡大、深刻化した。1900(明治 33)年に、松木村村民は政府へ「人命救助嘆願書」を提出した。そこには二酸化硫黄のために山林、耕作地、宅地、家畜、人々の健康に被害が及んでいることが書かれていた。1902(明治 35)年に、松木村村民は離村のために田畑、宅地、山林のすべてを足尾銅山に廉価で売り渡した(飯島, 1982)。

地理的に松木村は製錬所北部で久蔵、松木、仁田元の 3 川が合流する地点から松木沢沿いに北西にやや入りこんだ区域にあった。製錬所から松木へは、渡良瀬川から松木川へと川沿いにほぼ直線的な道が通っている。この川の左岸に切り立った高い峰の連なり、右岸にはやや平地があるものの、松木村跡は、南、北、西を山で囲まれている。飯島(1982)は風との関係について「製錬所は松木の南東に建設されており、夏季に南風がそこから排出される亜硫酸ガスを運んだ。松木溪谷は自然の煙道の役割をした。冬季の北西の季節風は、左岸の高い山並みに妨げられて、無風状態になりここに亜硫酸ガスが到達すれば停滞しやすくなった」と記している。村上(2006)によれば、足尾地区の最多風向は、6 月、7 月の

南西以外は、ほとんど東北東である。風速も全体的に弱く、10m/s 以上の日数は年間で 4.5 日となっている。冬の晴天の夜、無風状態であれば、逆転層が生じ、これによって二酸化硫黄の下層部への停滞はさらに増加する。二酸化硫黄の相対蒸気密度は空気を 1 とした場合、2.25 である。また、もし山谷風の影響があるとするれば、日中は谷風が卓越し、松木村は、夜間より二酸化硫黄の被害を多く受けたであろう。夜間では、山風が卓越し、二酸化硫黄の発散が困難になり、製錬所付近に滞留することになる。

製錬所を中心に煙害激甚地、煙害中害地、煙害微害地が取り囲む。煙害激甚地は渡良瀬川の流域沿いのほぼ三角形の地域に分布し、森林が破壊されて荒廃地となったところである。その周りに、煙害中害地が分布し、枯損耐煙樹が点状に残存する。さらにその周りに、煙害微害地があり、葉が縮れた程度で 1~2 年で自然復旧する。足尾地区の荒廃地は山腹荒廃地と溪流荒廃地がある。山腹荒廃地は、裸地化した状態及び裸地化がさらに進んで山腹の表土も失われて基岩が露出した状態であり、溪流荒廃地は山腹荒廃地の岩壁が砂粒化して崩落することで溪流が埋まり、溪流の機能の奪われた状態の地区である。1977 年現在、山腹荒廃地の面積は 1313ha であり、溪流荒廃地の不安定土砂は  $6.25 \times 10^5 \text{m}^3$  である。山腹荒廃地としては、中でも松木川下流の部分が多くを占め、548ha になる。溪流荒廃地では、松木川上流の不安定土砂が多くを占め、 $2.20 \times 10^5 \text{m}^3$  である(飯島, 1982)。

### (c) 渡良瀬川への影響

1879(明治 12)年夏、渡良瀬川で魚の大量死が発生した。1887(明治 20)年、渡良瀬川で鮎がほとんど見られなくなり、漁業を営む人の生活が脅かされた。1888(明治 21)年、大洪水で渡良瀬川沿いの広大な田畑が鉍毒水をかぶった。翌年、足利、安蘇、梁田、下都賀 4 郡の農作物は、深刻な不作に見舞われた。渡良瀬川流域の本格的な化学調査は、1891(明治 24)年に群馬県の新田、山田、邑楽の三郡に関する待矢場両堰水利土功会の働きである。同会は、帝国大学医科大学の丹波敬三教授に土壌の分析を依頼した。丹波は同年 12 月 8 日、水利土功会に調査結果を報告した。この中で、稲作被害の原因は土壌中の銅であり、この銅は足尾銅山から出たものであると結論づけた。一方、栃木、群馬両知事は東京大学農学部的前身である農科大学の古在由直、長岡宗好両助教授に被害農地の土壌分析を依頼した。その結果は 1892(明治 25)年 2 月 2 日付の官報に結果が掲載された。調査報告書は、被害の原因は銅と硫酸で、植物の根が銅を吸収して枯死することと、渡良瀬川沿いは砂地のため銅を吸収しやすく、被害を大きくしやすいことなどを明らかにした(川名, 1989)。

古河市兵衛は被害者の人々と示談を考えて、契約書を作成した。1892(明治 25)年から 1897(明治 30)年の各地の示談書について、荒畑(1999)は「これらの契約書はどれも、銅山から出る粉鉍が鉍害の原因としていない」「粉鉍採集器の据付が唯一の鉍毒除去の方法と断定している」と主張した。また下流部の被害も人為的な要素があることを、足尾銅山の元事務員の証言として紹介している。それによると、1882(明治 15)年に、横間歩の良鉍に

あたり、出鉱の量が多くなり、品位が6%という比較的高いものでも放棄して捨石とした。埋め立てられた捨石は凝結し、堆積岩のようになった。捨石場が遠距離になり、運搬に要する費用を削減するため、大雨の襲来したときに渡良瀬川に放出した。捨石は凝集性を帯びて、強固な地盤となっていたのでダイナマイトを使って崩壊させた。渡良瀬川への放流時期は、1890(明治23)年8月の洪水時、1891(明治24)年9月の大水のとき、1896(明治29)年7月、8月、9月の大水のときに行った。

製錬で生じる鉱滓、廃石、鉱屑などは野積みそのまま放置され、降雨のたびにこれらの廃棄物や溶けた硫化第二銅(CuS)および製錬の工程で排出される廃液などが渡良瀬川に流入した。下流では河床が堆積物で浅くなり、そこへ保水能力を失った足尾の山々からの雨水が流入したため、渡良瀬川はしばしば氾濫して広大な農地を鉱毒で汚染した(川名, 1997)。1892(明治25)年ころには、中流部は約1.5mも埋まった(川名, 1989)。

以下は足尾銅山鉱毒事件研究会の報告による(足尾銅山鉱毒事件研究会, 1969)。「明治29年9月の大洪水のとき、堤防近くで土俵を積んでいると、左右の手がかゆくなった。そのときは、鉱毒のせいだとは知らなかった。明治28, 29年に植えたクワは枯れた。麦、大豆もとれなかった。土筆しか生えなかった。製錬所からの煙が山林の木を枯らし、雨が降ると大量の雨水が、貯めてあった鉱毒を流した」「原石を処理した後の鉱毒泥は、鉱山法を無視して捨てられていた。これが雨のときに渡良瀬川に流れ出し、水田の表面に堆積する。稲は空気と水を遮断され呼吸困難を起こして根腐れを起こす。もうひとつは銅イオン過剰症により呼吸作用ができなくなる。これにより葉緑素が形成されなくなる。植物生育の銅含の限界は50ppmということであるが、毛里田村(現在群馬県太田市)あたりの水田では $2.0 \times 10^3 \sim 6.0 \times 10^3$ ppmである。足尾を通過する前の渡良瀬川の銅の含有量は、0.01ppmで、足尾の工場地帯を通過後は、58~38ppmになる」

古在由直は1902年に鉱毒調査委員会の委員として渡良瀬川上流水質の検査結果を報告した(表4-5)(図4-9)。

[挿入(表4-5, 図4-9)]

1968年(昭和43年)、渡良瀬川の水質基準として、「灌漑地の銅の平均濃度は0.06ppm(CuO換算で0.075ppm)を越えてはならない。これを越えないために、鉱山側はいくつかの工事を行い、下流の農民に対しては、土地改良その他で若干の農業投資をする」という示談契約が成立した(宇井, 1971)。製錬所は、出川と渡良瀬川の合流部のやや上流部にあった。(表4-5)によると、一部の支流の下流部を除いて、製錬所より下流部では銅の濃度が高く、1968年の水質基準をほとんどのところで超えていた。各測定地点間の値に違いがあるが、同一測定点でも測定値に幅がある。これは試料の採取日に対応する。(半谷, 1991)は渡良瀬川の水質の時間的変化を示し、降雨時に銅の含有量が平常時の10倍以上になる例をあげている。一般に環境破壊の特徴は、降雨時のような特別の気象条件のときに顕著に現れる。このため水質基準値を平均値で示すことには問題がある。

## (5)法律、政治関係

明治政府は、政府による鉱物所有と鉱業経営を明確にするために、1872年、太政官布告第100号で「鉱山心得」を制定した。これをさらに明文化し、法制化した「日本抗法」という立法を翌年発布した。この「日本抗法」は「鉱山心得」の「鉱山国家独占主義」を継承し、鉱物は、すべて政府の所有に帰し、政府のみが採掘する権利を有するとされた。このような「鉱業国家独占主義」は、民間活力の導入を阻止し、鉱業の発達を阻害することになる。「日本抗法」は1890年に廃止され、「鉱業条例」がこれに代わった。この「鉱業条例」は、鉱業権者の地位を保護し鉱業権を私権として安定させ鉱業の自由営業による発展を主目的とするものである。「鉱業条例」の59条には、必要に応じて「予防命令」または「停止命令」が出せる措置を規定した。1905年、「鉱業条例」を全文改正して(旧)「鉱業法」を制定した。先進諸国に追いつくための鉱業の保護育成という明治政府の政策に則ったものが「鉱業条例」であったため、土地所有者や鉱害を受ける地表権者には十分な配慮がなされなかった。1939年、(旧)「鉱業法」は一部改正されて「無過失責任主義」が追加、導入された。しかし、(旧)「鉱業法」は大綱において「鉱業条例」と大差なく、鉱山労働問題(鉱山事故)においても、(旧)「鉱業法」は十分な対応をしなかった(斉藤, 1991)。

政府は古河に鉱害対策のために、次のように五回の予防工事命令を発令した(日本経営史研究所, 1976)。1896(明治29)年12月、政府は古河市兵衛に対し第1回の予防工事命令を発令した。その中で、粉鉱、汚泥の除去、可溶性銅鉄塩類等の除去のための適切な方法を設けて、からみ、捨石等を安全な地に堆積させるようにという内容であった。

第1回の予防工事命令は古河に温情的であるという非難が、田中正造らによって強く主張された(日本経営史研究所, 1976)。世論の関心の高まりに対して、政府は1897(明治30)年3月に、内閣に足尾銅山鉱毒調査会を設けた。当初、農商務省は鉱業停止の方針を決めていたという。やがて、改善の余地があるという調査会の中の意見が支持を多く得て、鉱山を生かすことに決まった。政府は調査会の決定を受けて、1897(明治30)年5月13日古河市兵衛に第2回の予防工事命令を出した。この中の条項には、「本口坑、有木坑、小滝、通洞の外、鷹の巣、渋川、上流の諸坑等より一切捨石を出すを禁ず」、「現今使用の石灰自動給装器は不完全なるを以て更に改善を加ふべし」というように第1回命令をやや具体化したにすぎず、工事期間の指示もなく、きわめて手ぬるい内容であった。

1897(明治30)年5月27日、東京鉱山監督署長より第3回予防工事命令が出された。これは、第一項の「本山有木坑及小滝坑抗水は一切之を流出せしめず総て選鉱用に供し生石灰乳の攪拌法を行ひ砂聚器を通過せしめたる後順次之を沈殿池及濾過池に導くべし若し抗水の分量不時に増加したるときは生石灰乳攪拌法を行ひ別に掛樋を設けて直に沈殿池に導くべし」から第三十七項の「此命令書の事項に異背するときは直ちに鉱業を停止すべし」までである。この命令は第1回、第2回の命令を包括し、足尾全山に対する抗水、廃水、

廃石、からみ、硫黄の処理および護岸砂防工事を厳密に指令したものであった。各工事毎に竣工期限が命令され、もし遅延するときは鉱業を停止するという点が注目される。

1901(明治 34)年 3 月、第 4 回予防工事命令が出された。脱硫塔ガスの分析器具方法の改良整備等、脱硫塔操業に関する指令が含まれていたであった。

1902(明治 35)年の鉱毒調査委員会は既設の防除工事の完否を精査し、当局に追加命令の交付を促した。これを受けて政府は、翌年 7 月、京子内堆積場の排水法の改良等を含む第 5 回予防工事命令を発した。

政治家として足尾銅山問題に取り組んだ人物が田中正造であった。田中正造の国政への登場は 1890(明治 23)年の第一回衆議院議員総選挙に初当選してからであった。この年、渡良瀬川の大洪水があり、稲の立ち枯れ等で社会問題が起きていた。田中正造の帝国議会での足尾銅山鉱毒問題についての活動は、1891 年から 1892 年までの前半と 1897 年から 1901 年までの後半に分かれる。前半の活動は次の通りである(森長, 1982)。田中正造は衆議院で 1891(明治 24)年 12 月、足尾銅山鉱毒問題について政府を追及した。農商務大臣陸奥宗光の答弁は次の 3 点からなっている。

1.被害の原因は土壌化学的成分と土壌機械的組成による。2.土壌や流水から水を採集して分析試験中である。水利土功会の出願により帝国大学医科大学の丹波敬三教授を出張させ、栃木、群馬の請求により農科大学にも調査させているが終了していない。3.古河が成しうる予防法を実施させる。ドイツと米国に注文していた粉鉱採集器を購入新設し、鉱物が流出するのを防止する準備中である。この答弁で陸奥は、ドイツとアメリカに注文しておいた粉鉱採集器を鉱害防止用にすりかえた。

1892(明治 25)年 2 月 10 日付「東京新聞」に鉱山局長和田維四郎の意見が載っている。日本抗法第 10 款 3 項の「試掘若しくは採掘の事業公益に害あるときは農商務大臣は既に与えたる許可を取り消すことを得」とある。この「公益の害」は、賠償することのできない害のことで、足尾銅山より生ずる公利は被害地の損害より遥かに大きく、この害は損害賠償によって取り消すことができるという考えであった。損害賠償の問題は、裁判官の問題であり、行政は関与しないという考えを示した。自然に放任させることにより結果的に強者に味方した。日本抗法にも鉱業条例にも現在の鉱業法(昭和 25 年)の第六章「鉱害の賠償」の規定や公害紛争処理法(昭和 45 年)などがなかった時代である。

1892(明治 25)年 5 月、第三議会で田中は質問書を提出し、同日質問演説をした。被害は沿岸 7 郡 28 か村にまたがること、ほとんど不毛になった田畑は 1600 余町歩(1587ha 余)に及ぶこと、堤防の芝草は枯死し、洪水で崩壊の危険にさらされていること、鉱毒は飲料水に波及し、人民の衛生を害していることを演説した。丹波、古在らの鑑定結果を引用し、日本抗法第 10 款 3 項を元に政府を追及した。

1892(明治 25)年 6 月 10 日付答弁書で、陸奥から代わった河野敏鎌農商務大臣が回答した。河野は足尾鉱毒が沿岸耕作地被害の一原因であることは認めた。さらに続けて「此被



害タル公共ノ安寧ヲ危殆ナラシムルガ如キ性質ヲ有スルモノニアラザルノミナラズ、且其損害タル足尾銅山ノ鉱業ヲ停止セシムベキノ程度ニアラザルヲ以テ鉱業条例十九条ニ拠リ特許ヲ取消スベキ限ニアラズ」とした。さらに、古河の粉鉱採集器設置、沈殿場の建設を評価した。河野は、既往の損害に対して行政官はなんらの処分する権限も持たないとも回答した。田中正造はこれに反発し、同年6月14日に質問書を提出し、「被害の一原因」とは、ほかに原因があるというのか、「公共の安寧危殆ならしむる」とはどの程度か、川底に沈殿した鉱毒は洪水のたびに掘り起こされて流れるので粉鉱採集器の効果はないと主張した。

田中正造は、この質問の後、1897(明治30)年2月までの約5年間、帝国議会で鉱毒問題の質問を中断した。1894(明治27)年から1895(明治28)年の日清戦争の間、人々の関心はこの戦争に向かっていた。1897(明治30)年2月の第十帝国議会で、田中は帝国憲法と鉱業条例19条に基づいて足尾銅山の鉱業停止を強く要求した。

1897(明治30)年2月の田中の質問演説の2日後、東京で鉱毒演説会が開かれた。これが新聞に報道され、有力な識者が鉱毒問題の理解者になった。これらの動きが、後に「押出し」と呼ばれる「大挙上京請願」という大衆運動に結びついた。第1回押出しの出発日は1897(明治30)年3月2日であった。

田中の質問に対する答弁書の中で、鉱毒による農地汚染の原因を足尾銅山にあると認めた点だけは新しかった。その他、洪水を自然現象とし、農民の損害は示談か訴訟によるしかないなどとして、古河をかばうものとなった。その後、田中正造は1901(明治34)年10月、衆議院議員を辞任し、同年12月に天皇直訴という行動に出た(川名, 1989)。

#### 4.4 考察

足尾銅山の鉱害の歴史的段階を(表4-1)に示す。それは、1.汚染源発生,2.現象の認知,3.反対運動,4.現象の科学的解釈,5.対策,6.終息の6段階である。これらは、ある段階が終了して次の段階へ行くというものではなく、それぞれの段階の初期を並べると、おおよそそのような順番になることを示している。各段階が同時並行で進行する時期もある。

1877年の古河家の足尾銅山の経営開始が汚染源の発生の源流であった。1882年に煙害の発生が認められていた。その後1956年に古河オートクランプ法による製錬が行なわれるまで、鉱害の発生は続いた。1882年の銅の年間の生産量は後年の年間生産量の最大値に比べると、50分の1以下であった。それでも煙害は生じたことは注目に値する。足尾銅山は当時の最新の技術を導入した。たとえば、コークスの輸入、さらにその製造、ベセマ製錬法の導入、発電所及び電気の利用等をあげることができる。当時の先進国の技術を効率的に導入した。これらはすべて成功した。このように最新技術を導入できたのは、当時の日本に先進国の技術を理解できる人材がいて、また技術導入できるだけの経済力があつたと見るべきであろう。欧州からの技術導入により産業の発展という目的を果たしたが、鉱害

については考慮されていなかった。この場合の技術は生産拡大の技術であって、鉱害防止の技術ではなかった。そのため、その後生産が増えるほど、鉱害の程度は大きくなっていった。

足尾銅山は 1973 年に閉山を迎えた。これは国外の銅山開発の経済的有効性という外的要因によるものであった。これで、足尾銅山の問題は全て解決されたのではなく、その後も森林の荒廃、廃棄物等の環境問題は残った。

足尾銅山、製錬所が内陸部に存在したことは、鉱害を時間的にも空間的にも広域化させた。その結果、鉱害という現象を認知するにあたり、上流、中下流で時期的な違い、また鉱害の性格に違いを生じさせた。上流では煙害、中下流で魚類の被害や、洪水等の被害を受けた。また松木村のように住民がそこで生活しなくなり、煙害の程度を認める人も存在しなくなった例もある。

被害の広域化は、反対運動にも影響を与えた。反対運動は場所によって、その性格が異なった。渡良瀬川上流部では、煙害を受けたが、反対運動は下流に比べて小規模なものになった。下流では、渡良瀬川の鉱毒問題による鉱害反対運動が起きた。また上流部でも松木村のように他の地区から分断されて交渉させられた例もあった。このように鉱害反対運動がひとつのまとまりにならなかった。被害者の連携について何らかの問題点を見つけるとしたら、組織作り困難さがあったのではないかと考える。結果的に企業にとっては、被害住民を分離して扱うことになり有利な立場に立つことができたといえよう。反対運動は被害住民による上京請願、裁判、和解があった。さらに田中正造による国会を中心とする活動があった。

現象の科学的解釈の第一歩は、水質検査のデータであった。その解釈について、企業は自身になるべく不利にならないように説明しようとした。企業側は鉱害の原因が自らの側にあることがわかっているにもかかわらず、その程度や時期をどのように説明するかについて苦心した。科学的解釈の問題というよりもその運用の問題、つまり政治的な問題に変質した。真理探究が目的であるはずの学問も、当時は政府を窓口にして西欧から取り入れられた。学問を専門とする人にそれなりの地位が与えられた。一部の科学者にとって、自然科学の領域を越えて、反体制的な行動を取ることは難しいことであった。

技術的に鉱毒を除去できなければ、鉱業停止しかないという考えもあったが、大勢としては、鉱業活動を継続しながら何らかの対策をしていくという考えで進んだ。当時、日本は国家体制の変革直後であり、国家の主導で事業が進められていた。製錬された銅は日本の工業の素材に使われるのではなく輸出されて外貨を稼ぎ、それが産業発展の基礎となった。鉱害に対して対応策がなくても、操業を中断しないで、国家的事業は継続された。鉱害が発生するのを承知の上で国家的利益を優先して操業が続けられた。現実には鉱害による被害が出ていても、有効な対策がとられなかった。環境対策を第一に考えるのであれば、人材も資金も十分に投入されたであろうが、現実とは逆であった。当時、英国のような産業

革命先進国も環境に対する対策で手本となる技術を持っていなかった。

谷中村の遊水地化計画で一応の処置をし、さらに操業中止で終局を迎えた。谷中村の遊水地化計画を含む渡良瀬川改修計画に対して、渡良瀬遊水地成立史編纂委員会(2006)は3つの説を紹介していた。一つは、渡良瀬川改修は鉱毒問題を治水にすり替え、遊水地の建設は鉱毒問題を谷中村に押しつけ、問題の隠蔽を図ろうとするものである。二つは、鉱毒問題と治水問題を同時に解決するもので、遊水地の必要性はそこから現れたとするものである。三つは、鉱毒問題は洪水氾濫を媒介として被害が拡大するという意味で治水問題であるとする考えである。同委員会は鉱毒問題と治水は不可分であるとの立場で第二の説をとった。一方、荒畑寒村をはじめ、第一の説の支持者も多い(東海林と菅井, 1984)。足尾鉱山を営業する限り鉱毒は発生し続けた。また営業終了後も廃棄物は存在し続けた。改修計画は解決という言葉とは遠く、単なる処置、便法に過ぎなかったと、ここでは考える。谷中村の遊水地化という現実的な選択せざるを得なかったのは、足尾鉱山、製錬所が内陸部に存在したことも一因である。

政府と企業とそれに科学技術者をも巻き込んで日本の産業革命は進んでいった。このような中でも「押し出し」という大衆運動や田中正造の政治活動があった。足尾銅山の事件は日本の鉱害の先駆的イベントであった。足尾鉱害問題で大衆の要求は受け入れられなかった。しかし、その後の各種の公害問題について影響を与えた。

#### 4.5 まとめ

本研究から、以下のことが示唆された。

- a. 足尾銅山の鉱害の歴史的段階として、1.汚染源発生,2.現象の認知,3.反対運動,4.現象の科学的解釈,5.対策,6.終息の6段階を設定した。それぞれの段階の始まりのイベントを並べると、おおよそ、この段階の順に出来事が進行したが、同時並行で進行する段階もある。
- b. 日本の産業革命は、西欧に比べると後発であった。そのため蒸気機関だけでなく、電気の技術も取り入れ、能率的に生産活動を行なった。しかし、それらに鉱害防止の技術は含まれていなかったため、生産増加とともに鉱害は進行した。
- c. 足尾が内陸部にあるために、鉱害の発生もその影響を受けた。被害の範囲も広域化し、発生時期、それに関わるイベント等も多様なものとなった。被害についても、山林被害、農作物被害、河川汚染、洪水等さまざまな分野に及んだ。内陸にある足尾銅山の鉱毒に対する現実的な処置として渡良瀬川の遊水地化の建設が行なわれた。
- d. 当時の日本は政治体制の変革期後であり、新たな政策を導入しやすかった。足尾銅山操業もその一環であり、鉱害が生じて、生産第一の姿勢は変わらなかった。公害という考えを移入することも、煙霧削減のための行動を自ら生み出すこともなかった。大衆運動は失敗に終わったが、近代日本の鉱害反対運動の先駆けとなり、その後に影響を与えた。

## 注

二村一夫. インターネットによる

<http://oohara.mt.tama.hosei.ac.jp/nk/ashio-3-3-3.html>

## 参考文献

- 荒畑寒村. 1999. 谷中村滅亡史. 岩波書店 196p
- 足尾銅山鉍毒事件研究会(速記録). 1969. 栃木史心会報 2:51-66
- 円城寺守、円城寺守(編). 2004. 地球環境システム. 学文社 238p
- 藤本鉄雄. 1993. 「明治期」の別子そして住友. お茶の水書房 317p
- 半谷高久、岡部昭彦、秋山紀子(編). 1991. 人間と自然の事典(鉍業と環境). 化学同人 348p
- 飯島伸子. 1982. 足尾銅山山元における鉍害. 国際連合大学 29p
- 池田謙三. 1940. 銅製錬下巻. 実文堂 pp.669-1407
- 兼平慶一郎、勘米良亀齡他(編). 1980. 岩波講座地球科学 15 日本の地質. 岩波書店 387p
- 加藤俊夫. 2003. 足尾鉍山の地質構造. 水晶 16:10-11
- 川名英之. 1989. ドキュメント 日本の公害 第4巻 足尾・水俣・ビキニ. 緑風出版 493p
- 川名英之. 日本環境教育フォーラム+安田火災海上保険株式会社(編). 1997. 市民のための環境講座 [上巻]. 中央法規出版 pp.55-78
- 古在由直. 1902. 渡良瀬川上流ノ水質試験報告 8p (明治後期産業発達史資料第 399 巻鉍毒調査報告書 復刻版. 1998. 龍溪書舎)
- 森長英三郎. 1982. 足尾鉍毒事件(上). 日本評論社 206p
- 村上安正. 2006. 足尾銅山史別冊. 随想舎 139p
- 日本経営史研究所(編). 1976. 創業 100 年史. 古河鉍業株式会社 614p
- 大石嘉一郎、大江志乃夫(編集解説). 1977. 日本の産業革命. 校倉書房 296p
- 斉藤昌弘. 1989. 日本の森林と製銅. 森林文化研究 10:121-132
- 斉藤政夫. 1991. 鉍害の法社会学. 風間書房 592p
- 志賀美英. 2003. 鉍物資源論. 九州大学出版会 289p
- 東海林吉郎、飯田賢一(編). 1982. 重工業化の展開と矛盾(技術の社会史第4巻). 有斐閣 318p
- 東海林吉郎、菅井益郎. 1984. 通史足尾鉍毒事件 1977~1984. 新曜社 307p
- 須藤定久、牧本博、秦光男、宇野沢昭、滝沢文教、坂本亨、駒澤正夫、広島俊男. 1990. 20 万分の 1 地質図幅「宇都宮」. 地質調査所
- 菅井益郎. 1979a. 日本資本主義の公害問題(一). 社会科学研究 30(4):94-162
- 菅井益郎. 1979b. 日本資本主義の公害問題(二). 社会科学研究 30(6):75-150
- 栃木県史編さん委員会(編). 1984. 栃木県史通史編 8 近現代三. 栃木県 1014p
- 宇井純. 1971. 公害原論 1. 亜紀書房 275p

宇井純. 1982. 技術導入の社会に与えた負の衝撃. 国際連合大学 40p

宇井純、東海林吉郎、菅井益郎、宇井純(編). 1985. 技術と産業公害. 国際連合大学 182p

渡良瀬遊水地成立史編纂委員会. 2006. 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 476p

山元孝広、滝沢文教、高橋浩、駒澤正夫、広島俊男、須藤定久. 2000. 20万分の1地質図幅「日光」.  
地質調査所

## 第5章 日本と英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響の比較

### 5.1 はじめに

世界史的視点に立てば、製錬の歴史は世界史の初期から始まる。しかし産業革命は現代の人々の生活に影響を与えた。現在の生活の改善点は産業革命時の反省点から生まれ、問題点はこのときの負の遺産である。英国は世界で最初に産業革命を成し遂げ、日本は遅れて産業革命を実現した。両地域の主として産業革命時の銅製錬が自然環境、社会にもたらした影響を比較することにより、人間と自然環境、社会との相互関係の普遍的なものを探っていく。産業革命により経済分野での変革が起きたが、自然環境と社会に対してどのような変化をもたらしたのかを日本と英国で比べる。銅製錬業を取り上げ、英国 Wales の Swansea と日本の足尾の類似性、異質性を比較検討する。場所と時代の異なる産業革命であれば当然性格も異なるはずであるが、環境問題に対する差異はどのようなものかを明らかにする。環境問題への対応に共通するものがあれば、そのように至った条件を検討する。両地域での製錬業は終息しても、他地域を含めてみれば鉱業と環境との問題は今日的な問題である。現代の鉱業と環境の問題の解決のためにも、歴史的な産業革命時の環境問題を振り返り、産業と自然環境、社会との相互関係の本質的なものを追究することは意義あることと考える。

### 5.2 銅製錬と環境との関係の日英比較

#### 5.2.1 歴史的展開

18世紀初頭から現在までの約300年間に科学技術の進歩と相まって急激な社会経済条件の変化が生じた時代が二つある。一つは英国の産業革命の時期である。この時期についてさまざまな見解があるが、本論では1750年から1850年の間とする(ディーン, 1973)。英国はその後の産業の発達に必要な資源を国内に持っていて、以後覇権を握った。しかし19世紀末に大不況が訪れ、英国の覇権の時代は衰えた。第二の急激な変化は、19世紀末の技術革新の時期に起きた。この後、アメリカが20世紀の覇権国になった。この時期に自動車、飛行機、電気、化学工業などの産業が現れた(秋山, 1988)。同じように産業革命といっても、日英ではその環境が異なる。日本の産業革命の時期についてさまざまな見解があるが、本論では19世紀末から20世紀初頭にかけての時期とする。日本は19世紀末に、その当時最新の技術成果を取り入れることができた。ある技術は英国から、ある技術は米国から取り入れることができた。足尾では、日清戦争(1894~1895年)の前後に技術革新があり、それが全て成功した。1891年に電気鉄道、1893年にベセマ法の転炉の設置、1895年に鉱石の掘り出しのための巻揚機の電化、1897年に電気精銅に成功した。失敗がなかったということで、自分たちの手で技術を発展させる機会がなかったということにな

る。このため、鉱毒を減らすための技術的努力も鉱山自身によってなされなかった(宇井, 1971)。

本論では、日本の足尾と英国の Swansea の環境問題の進展を(表 5-1) (「鉱害の歴史的段階の日英比較」)のように比較した。事件経過を 1, 汚染源発生、2, 現象の認知、3, 反対運動 [(1) 訴訟(示談), (2) 政治的行動]、4, 現象の科学的解釈、5, 対策、6, 終息、の 6 段階として比較を試みた。この段階の始まりの時期は、おおよその歴史的流れに沿ったものであるが、一段階が終了して次の段階が始まるというものではない。それぞれの段階が直線状に配置するのではなく、ある段階の事象が他の段階の事象とともに共存している例も多い。

特に足尾の場合、川上側と川下側で被害が二分されているので、川下側の被害が明らかになる前に、川上側の示談交渉が始まった。足尾の場合、鉱害の現象が確認された後、訴訟が起こり、さらに科学的解釈がされた。その直後の技術対策は効果のないものであった。

科学的解釈がなされても、それがさまざまな立場の人々に認められるかどうかは別問題である。足尾の場合、完全な技術的対策は、1956 年の古河オートクランプ法の導入までとられなかった。その間、足尾で政治的行動が活発になった。

英国の場合、各段階の事象は、同時期に起きていることが多い。とくに、「3, 反対運動」、 「4, 現象の科学的解釈」、「5, 対策」は同時並行で生じていた。英国では、技術的対策もかなり早い時期から行なわれた。英国の場合、行動を起こすのは個人であり、さまざまな人がそれぞれの時代に各個人の基準で行動を起こした結果と思われる。日本の場合も各段階の事象が同時並行で生じていた例もあるが、「3, 反対運動」から「5, 対策」までの時期について、各段階の事象が始まる時期が段階を重ねるごとに遅れていく傾向にある。

[挿入(表 5-1)]

異常が認知されてから現象の科学的解釈や対策が行なわれることが予想されるが、英国の場合、これが早い時期に着手された。Maton のように 18 世紀のうちに製錬所近くの空気の有害性を主張した人物もいた。本来、科学は重大な被害の発生する前に演繹的方法から危険性を予測できるものである。しかし、現実の歴史の上では、鉱害という異常な現象の科学的解釈が社会的に認められたのは、かなり後であった。19 世紀半ばまで、煙霧の有害性についての意見は、賛否が半ばしたが、19 世紀半ばを過ぎて煙霧の有害性の意見が支配的となった。

科学的解釈での日英の違いは、英国ではこの鉱害の原因確定までに時間がかかったということである。日本の場合、この鉱害の原因が、製錬にあることは比較的早く認められた。しかし日本では国民の一部に被害が出て国家の発展のためにはやむを得ないとされた。足尾で被害を受けて、それを糾弾した人は一部であった。英国でも被害を受けていても、それを自覚し企業に保障を求めていこうという人は少数であった。日英とも、その企業活動により何らかの利益を受けている人は行動を起こしにくいという事実があった。産業革命当時の日英では、鉱害という意識が社会的に認知される以前であり、ともに反企業活動

は困難であった。

森(1992)は、環境問題において汚染源発生から因果関係確認までのプロセスを(図 5-1)のように示している。②までの段階では、汚染も汚染源もいまだ不明なため規制を行うことができない。③は、まだ原因が特定できない場合。これに二通りの意味がある。ひとつは、原因の候補が複数あるいは未知で決められない場合である。もうひとつは、ほぼ絞られていてもデータの数が不足していて統計学的に結論が出せない場合である。④は汚染物質(汚染源)と被害の間のデータ上の相関がはっきりしていても、そのプロセスのメカニズムがまだ突き止められない状況である。⑤の段階で因果関係のメカニズムがわかる。⑤の段階に達するまでかなりの時間がかかる。メカニズムがわからないうちは「科学的な証拠がない」とするのが被告企業側の主張である。メカニズム不明でも相関関係が明らかなら因果関係を推定するに足るとするのが、原告側の疫学的判断である。このプロセスに従えば、Swansea の場合、③の段階であり、足尾の場合④の段階であった。Swansea の場合、司法の場で原告と被告が論争していた。利害関係のあるものが自己の正当性を主張し、相手の不当を非難していた。一応司法という公的な機関が認定して結論を出したが、Swansea の場合③の段階にとどまっていた。原告側、被告側の両者が科学的解明に協力すれば、さらに次の段階に到達できたはずである。足尾の場合、原因と現象の相関関係が認められても、企業の責任をいかに小さくするかについて国は気を使った。結果的に被害者の救済は行なわれなかった。

[挿入(図 5-1)]

### 5.2.2 政治・経済・行政・社会

日本で 1896 年に第 1 回予防工事命令が出た段階で、政府は足尾銅山の責任を認めていたと考えられる。工事命令を受けて、古河市兵衛は沈殿池、堆積場の設置工事を始めた。翌年の足尾銅山鉍毒調査会が設置された段階で、農商務省は鉍業停止の方針を決めていたという見方もある。調査会の委員の一人、渡辺渡が後年当時を回顧した次のような言説があった。

「其内に足尾に鉍毒事件が突発した。鉍毒事件は古河家の興廢の歧れる処であった。其時に農商務省あたりの意見では、種々設備を命令したけれども技術上鉍毒を除防することは不可能だと云ふことであつたと見える。さうなると仕方がない、技術上いかぬと云ふことならば、どうも鉍毒があると看做さざるを得ぬから操業を停止すると云ふことに決まってしまうて居た。(略)私等は委員として引張り出された、それで行って見ると高橋健三氏(内閣書記官長)が、『君、出て来たけれどもあの山は止めることに決まってしまった。今更山へ行っても仕様がなかろう。』『イヤさうではない。兎に角山を視なければ分からない。山を視に行つて、愈救済の途がないと云ふならば已むを得ぬ、併しながらこれは足尾だけの事件でなく、鉍山全体の事件である、若し足尾に向つて過ちをすると、その過ちが附い



て廻って日本の鉱業を阻害する、農商務省はどう云ふ意見であったかは知らぬが、委員となった以上は山を視よう。』と云ふので視に行つた。視に行くと幾らでも改善の余地がある。(略)農学の人が専ら害毒を述べて居つたけれども、議場も段々公平な判断をするようになった。さうして最後に予防命令を出して、兎に角、鉱山を活かそうと云ふことになった。(略)」(日本経営史研究所. 1976)

渡辺渡は工学系の学者で、足尾の銅製錬推進派であつた。ここからも農学系の学者との間で意見の違いがあつたことがうかがえる。

1897年に第2回・3回予防工事命令が出された。第1回、第2回の命令を包括し、工事を厳密に指令したものが第3回予防工事命令であつた。1903年の議会に第2次調査会の報告書が提出された。それによれば、渡良瀬川や被害地に存在する銅の成分は、先の鉱毒予防工事以前に排出された「残留物」が主で、当時の足尾銅山によるものは「比較的小部分」に過ぎないとされた。報告書は現実の足尾銅山の加害責任を免罪し、鉱業継続を保証する内容であつた。脱硫塔についても、効果が十分でないことを認め、現在の施設以上の方法はないとして、これを是認した(日本経営史研究所. 1976)。Swanseaの場合、因果関係はもちろん相関関係すら企業は認めようとはしなかつた。被告である企業は裁判にも勝ち、労働者、マスコミもこれを歓迎した。

殖産興業を基本的な政策に掲げる明治政府にとって、足尾銅山は保護・育成すべき重要な事業であつた。当時の日本の基本政策は富国強兵であり、これに反するものは迫害され、鉱害の被害者運動は治安問題として弾圧された。宇井(1982)は、政府が足尾鉱毒問題を治安問題とみなしたことについて次のように論評している。それは、1880~1890年代に被害を拡大させる重大な原因となり、また鉱害を発生源において防止せず、被害者の負担において処理するやり方は、社会的な不公正であるばかりか、技術的にも不合理であるという内容である。また宇井(1971)は、政府による運動の弾圧、買収等を取り上げ、行政と企業が互いに助け合つて、鉱害を激化していった例としている。日本の近代化を第一目標とする政府にとって、田中正造の鉱業停止要求は受け入れられるものではなかつた。しかし、鉱毒処理問題は、技術上の困難な点があつたことも事実であつた。渡辺渡の言つた「改善の余地」は、鉱山操業を前提とした便法と解釈する。

Newell(1977)は英国の産業革命当時の社会状況を次のようにまとめた。英国では、鉱毒の問題が深刻であつたにもかかわらず、18世紀、19世紀の大部分の間、銅の煙霧は企業活動にとってあまり不都合でないとみなされた。英国の法律も製錬業者に対して好意的であつた。銅の煙霧は繁栄する産業の比較的わずかな代償とみなされた。立法府議員は、法律的な仕組みや政治的な方法によって、銅製錬業者に社会的経費の補償をさせたり、煙霧を抑制させることはできないと主張した。その当時、公衆保健や職業上の健康という社会的費用についての根拠は確定していなかつた。企業に対する好意的な態度が社会の中でも政治の世界でも一般的であつた。英国は19世紀までに世界の工場としての名声を確立し

た。銅の煙霧は、必要悪であり、局地的な悪とみなされた。英国は産業革命に成功して繁栄し、国際的に重要な地位についたが、鉱害に対して平然として何ら行動を起こさなかった。その後 20 世紀後半になって、グローバルな段階で産業化による社会的費用の関心が高まった。

英国の産業革命時の鉱害は、近代社会で、初めて直面するものであったため、鉱害という概念の把握がなされていなかったと考えられる。この点は足尾でも同様である。足尾の鉱害は日本の産業革命時の初期に起きたものであり、その対応について混乱を生じさせた。戦後の鉱害は、これに比べれば、一層意図的に利益の追求のために放置された。

### 5.2.3 人権・思想

英国の労働者がその権利を獲得していったのは、産業革命期の後期のことであった。英国では、労働者が力を獲得していき、1824 年に団結禁止法が撤廃された。1831 年に、労働諸階級全国同盟が結成された。この団体は、成人男子普通選挙を要求した。1832 年に第一次選挙法改正法が成立した。そこで、小売店主まで選挙権が拡大されたが、労働者階級の参政権は認められなかった。1836 年にロンドン労働者協会結成され、同会は 1838 年 5 月に人民憲章(People's Charter)を公刊した。人民憲章には、成人男子普通選挙や議員の財産資格廃止などがうたわれていた。ここで、人民憲章を採用するように政府に迫る労働運動であるチャーチスト運動が起きた。1838 年 9 月から 12 月にかけてチャーティスト国民代表大会のための代表が選出された(古賀, 1994)。

Wales でも Swansea をはじめ Newport 等で労働者協会が創立されていた。Newport は Swansea から約 70km ほど東にある港町で、内陸の溪谷で産出した石炭を船積みする港町として重要性を増していた。ここで 1839 年 11 月 3 日に Newport 蜂起が起きた。チャーチスト運動の中で、武力を伴うものとして歴史に記録されている。首謀者とされる Frost は、この行動を直前まで止めようとしていた。武力を伴う示威行動は鎮圧され、Frost らリーダーは逮捕された(コール, 1994)。やがて、1840 年代になると、チャーチスト運動は沈滞していった。都市労働者に選挙権が与えられたのは、1868 年の第二回選挙法改正のときであった。英国の産業革命期の労働者は、その権利を獲得しつつある過渡期の状態にあった。

日本の人権思想は、第二次世界大戦後にはっきりと憲法で保障されたように見えるが、菅井(1974)は、足尾の鉱毒反対闘争の根拠を人権意識と結びつけて次のように論理を展開している。(1)鉱毒被害は一人たる古河の鉱業による人為的加害に原因する、(2)被害民は「皇帝陛下の臣民」として明治憲法によりその生存権、財産権を保障されているのだから、政府は鉱業を停止して、一方的に害を被っている人民の権利を守る義務がある、(3)ところが政府は鉱業の監督さえせずに逆に古河という一人を擁護し、被害民を無視している、(4)したがって政府に行政責任を認めさせ、その義務を履行させて人民の権利を回復し

なければならない、というものである。さらにこの運動論理が、明治憲法を根拠として政府の行政責任を問うという、政治的な問題として組み立てられていたことを加えている。1889年公布の明治憲法の中に不十分ながら近代的な権利のいくつかが保障されたものと考えられる可能性を示している。

鉱害被害者の人権について、宇井(2002)は、日本では被害者は強烈な社会的差別にさらされることが多いと主張した。さらに、地域社会はもちろん、被害者本人でさえ、被害を表に出したがる。そのことがさらに被害の激化をもたらすという悪循環が存在する。またそれをよいこととして表に出ている部分さえ調べようとしない行政の怠慢が促進されるという。宇井(1985)は社会的弱者と環境破壊との関連を次のように説明した。社会的弱者、貧困層のほうが、強者、富裕層よりも、より多く自然環境に依存して生活している。自然環境が破壊され、その豊かな生産力を失うとき、より大きな被害を受けるのは、このような社会的弱者、貧困層である。鉱業分野もその一部であるが、公害の発生により、新たな貧困層が発生するという。さらに政府との関連で、政府に基本的人権を実現しようという政治的意思が欠けていれば、環境は不可避免的に破壊され、救済不可能な被害を生ずるという。英国でも、自然に依存していた農民、漁民、牧畜民は致命的な打撃を受けた。鉱害の予防と解決のために、地域の住民の基本的人権を尊重する態度を常に持つ必要があった。さらに自治権を人権思想の一つの現れとみる見方(宇井, 1971)もできる。自治権の強いところでは鉱業分野だけでなく広範囲の公害を出しにくく、自治権を制限されているところでは公害問題が激しくなるとしている。日本は自治権を制限されている地域として考えられる。

#### 5.2.4 訴訟関係

英国で1820年代以降、各地で工業発展とともに、銅の煙霧についての訴訟が起こった。銅の鉱害問題のいくつかの局面が明らかになった。ひとつは、家畜や土地に対する個人的な迷惑という状況であった。地域社会が受ける被害という状況もあった。また、公衆衛生問題および職業上の健康問題という状況もあった。これらのうち、製錬業者は最後の状況だけを脅威と感じた。これに対し、原告団は農作物や牧草を汚染され、農業や牧畜業に支障が出てきたので訴訟を起こした。製錬業者は、一部の農民等よりも多数の一般民衆と良い関係を維持していきたいという願望が根底にあった。この問題に対し、製錬会社は次の方法で対応した。あるものは何もしなかった。あるものは影響を受けた人に対して法廷外で解決を図った。ごく少数のものは汚染物の放出を減らしたり、汚染物を市場性の高い副産物として再生する技術的解決に取り掛かった。19世紀中でも、銅の煙霧を処理したと思われる製錬業者は、公的なイメージを高める。この鉱害問題にもっとも注意を払った人々は Vivian 家の人々であった。副産物を利用しようという経済的な動機は別にして、彼らの対応は高度な政治的態度に基づくものであった(Newell, 1977)。

当時の英国で、裁判で鉱害の原因及び責任が企業側にあることは認められなかった。日本では、唐風呂の住民が和解願を提出したが、聞き入れられなかったので訴訟を起こした。この住民側の敗訴の結果、企業側の意向に沿った示談が認められた。裁判制度の違いや、裁判に対する意識の違いもあるが、日本では、はじめから訴訟という形式を取らなかった。赤倉等の五村は栃木県知事への請願を計画したが、その後銅山との間に示談を結んだ。銅山が唐風呂との訴訟に勝ってまもなく、銅山側は強い立場を生かして、松木地区との示談交渉に臨んだ。松木地区は不利な条件で妥協せざるを得なかった。日本では、足尾の場合、銅山側は煙害の実態を知らず表向きそれを認めず、将来煙害がさらに激化した際の防波堤として示談契約を利用した。それにもかかわらず、不本意ながら示談契約に応じなければならなかった被害民の弱い立場が契約内容に示されている(栃木県史編さん委員会, 1984)。訴訟に対する日英の意識の違いのひとつとして差別がある。日本では公害問題に関連して差別の例が見られた。この種の差別問題が生じるのは人権意識の低さのあらわれと考えられる。したがって、人権意識の低い地域ほど差別問題が生じることになる。宇井(1971)は鉱業分野だけでなく、広く公害と差別との関連を取り上げている。公害問題は差別の一形態であり、公害被害者は差別されるという。その理由が不明であるが、日本ではこれまで訴訟を起こすことに対し英国ほど積極的ではなかった。そのことは、差別の問題との関係も考えられる。

## 5.2.5 科学技術

### (1) 科学と権力

英国での産業革命の時期は自然科学の発達期でもあった。自然科学を発達させた人々は、必ずしも国家権力に近い人ばかりではなかった。産業革命期に蒸気機関の発展に寄与した **Boulton** と **Watt** が所属したルナ協会を取り上げる。そこで英国の科学がどのような性格であったのかを振り返る。

**Small** はアメリカで物理学を教えていたが、1764年に英国に戻った。その後、技術的な革新と哲学的な討論を主要な活動としたルナ協会が創立された。創立時の会員は、**Small, William**、**Boulton, Matthew**、**Darwin, Erasmus** の3人であった。工場を営んでいた **Boulton** は、動力源を水車から蒸気機関に変更しようとして **Watt** の助けを借りた。やがて **Watt** もルナ協会の会員になった。会員の中では化学分野で業績をあげた **Priestley** や **Keir** や **Murdock** 等の人物がいた。英国の自然科学は17世紀中葉に発展を遂げたが、その後沈滞していた。ルナ協会の会員の活躍は、英国の学会に外から刺激を与えることになった。やがて会員は科学の権威となり、中枢部で指導的役割をした。英国の場合、在野から権力中枢部へ科学の活動の重心が移動した。

これに対し日本では、科学は権力の側から生まれた。近代日本の初期に、欧州の科学の成果を国家が介在して取り入れた。日本で科学を扱うことのできた人は、国家の認めた学

校を卒業し、公職に就き、国家によって認められた人であった。したがって、科学を扱う人間は、はじめから権威者であり、どちらかといえば権力と結びつきやすい環境にあった。このような日英の違いは、社会構造の違いでもあった。ルナ協会の会員の中には経済的に恵まれた人も多かった。日本では、経済を気にしないで科学研究活動が続けられる人は多くなかった。必然的に、国家の科学行政の組織に身をおくことになった。また時代的な違いもあるだろう。時がたつにつれ科学がだんだん巨大になり、個人で科学技術の研究を続けることが困難になり、国家の主導で科学技術研究が行われるようになってきた。

日本の科学者の中でも、その分野によって多少の程度の違いがあった。1896年に第1回予防工事命令が出た段階で工学系学者と農学系学者の間の鉱害に対する意見の違いがあったことに触れた。これに関連して、菅井(1979)は、1903年に提出された足尾銅山鉱毒事件の第二次調査会の報告書の件で、この点に言及した。菅井(1979)は、この報告書は被害の実態と原因の化学的分析に関する部分はいへん明瞭であるが、実態と原因の因果関係について分析する部分は非常に不明瞭になるという特徴を指摘した。これは前者が、被害の実態を直視した農学や林学系の学者の担当部分で、後者がいわゆる御用学者ともいうべき工学系の学者の担当部分であったことと関係していると説明した。宇井(2002)は、日本の多くの鉱業分野だけでなく広く公害事件で、積極的に原因を究明し、被害者を救済しようとした科学者は少数であったと論じた。さらに、多数派は事態を放任することによって消極的に政府や企業の側についたと続けた。

教育制度との関係について、宇井(1982)は、教育制度の普及によって、専門家が非専門家を軽視する結果をもたらしたと指摘した。教育が科学者をますます権威付けるという恐れがある。そこで社会が科学者や技術者と称する専門家の判断を評価するときに、慎重さを要する。広く公害問題において専門家に安易に依存する危険は、今日さらに大きい。また問題に関係する科学者は、当面する困難の大きさに対し、科学的手段は限られていることを認識すべきである。現在、科学はますます進歩していて、多くの人の理解を困難にしている。一方、教育の普及によって、科学は中立であるという想念が普及した。これも科学が権力と結びつきやすい要素である。科学が権力と結びついたり、権威そのものになるという危険性は、現在も消えていない。

専門家だけに頼る危険性について、宇井(1985)は、アカデミックな手法だけでは、鉱害を含めた公害問題を十分に解明するのに限界があるとして次のように主張した。それは、研究は被害から出発し被害へもどらねばならぬという現場重視という考えである。また、住民や被害者と協力してこそ、環境科学の新しい方法論が生まれる。さらに、自然科学だけでなくあらゆる分野で専門家と非専門家との間に生じる問題について、新しい方法論の考察を深めない限り、深刻な問題となるという意見である。

## (2) 鉱害における総合と分析

17 世紀中葉に発達した物理学を中心とする自然科学は自然現象を分析的方法によって研究した。現象を要素に分割し分析し単純化して法則を求めるといふこの自然科学の方法はこれまで成果をあげてきた。ところが産業革命期に発生した鉱害問題は、その土地の自然条件、社会条件のさまざまな複雑な組み合わせによってあらわれ方が決定される。この解明のためには総合的な見方が必要である。総合的な見方を進めるには、さまざまな人々が自由な環境の中で討論を重ねることが重要であるが、前述のルナ協会の例の通り、英国における社会的環境のほうが総合問題解決に有利であったと思われる。

19 世紀の日本の科学者は、科学技術の成果の吸収だけに手一杯であった。当時の日本の科学者は総合的な考察の上で行動する余地はなく、また政府や資本家もそれを要求しなかったのが足尾の悲劇であったと宇井(1982)は主張した。日本の科学者で、工学系の学者と農学系の学者との間で鉱害についての見方の相違について記した。これも分析的見方と総合的な見方を反映している。ただ鉱害問題解決に当たって、科学方法論上の分析、総合の二分法はとらない。分析なき総合的な考察も、その逆も問題解決からは遠い。今後、自然科学だけでなく、広く科学の領域で鉱害問題解決のための新たな科学方法論が必要とされる。

### (3) 鉱害防止技術

足尾の銅鉱石や Cornwall 及び Devon の銅鉱石は、ほとんど硫化鉱であり、製錬時に大量の二酸化硫黄が発生した。これによる煙害は人間、家畜、森林に悪影響を与えた。また二酸化硫黄は大気中の水分と反応して亜硫酸、硫酸になり地域の植生、住民の健康に被害を与えた。Cornwall 及び Devon の銅鉱石を用いて Wales で製錬された銅の量の資料(Barton, 1961)から、製錬時に発生する二酸化硫黄の硫酸換算量を計算した。それによると 1770 年から 1865 年の間に  $2.4 \times 10^6$  トンとなる。この間、年間  $3 \times 10^4$  トン以上の硫酸に相当する二酸化硫黄が排出された時期もあった。同様に、足尾において製錬された銅の量の資料(日本経営史研究所, 1976) から、製錬時に発生する二酸化硫黄の硫酸換算量を計算した。それによると 1877 年から 1907 年の間に  $4.1 \times 10^5$  トンとなる。この間、年間  $2 \times 10^4$  トン以上の硫酸に相当する二酸化硫黄が排出された時期もあった。また酸性鉱山排水も両地域に共通の問題であった。

Swansea の Vivian の工場では製錬時に硫黄を取り除くために、1865 年に Gersten-hoffer process を用いたが、硫黄の含有量の多い鉱石には効果的でなく大気汚染は続いた。足尾では発生する二酸化硫黄の対策として脱硫塔を建設したが、その効果はなかった。脱硫塔と大煙突を含めた製錬の煙害防止工事は年間売上額二百万円の足尾工業所に、百万円以上の資金を消費させた(村上, 2006)という。しかし、最初から二酸化硫黄除去の見込みなどなかったという見方(菅井, 1985)もある。効果がないことを承知の上で建造したのなら、建設という単なる実績作りということになる。

村上(2006)は、欧米の鉱毒除害技術は生産技術よりはるかに遅れ、かつ不十分なもので

あったという。したがって日本が欧米の生産技術を取り入れた時期に手本となる除害技術が乏しく、鉱毒被害の予想外の大きさに驚愕し、模索したのが明治期の鉱害問題の核心であったと考えられるのであると説明している。一般的に、問題点が生じ、生産活動に支障が出た状態になって、処理解決する方法や技術が生まれてきた。日英で重要視されてきた技術は、生産の技術であった。鉱害防止技術が銅製錬業の初めから完成していなかったことは、日英とも共通のことである。

防止技術導入時期については人為的理由がある。同じ日本国内でも、足尾で二酸化硫黄処理技術開発が遅れたことについて、宇井(1982)は、経済的必要がなければ鉱害防止技術が開発されない例であるとした。住友資本のもとにあった別子銅山では、すでに煙害の原因となった二酸化硫黄からの硫酸の製造が煙害対策として成功していた。別子銅山では住友資本の化学工業への進出の第一歩として、1913年から化学肥料を製造した。これに対し足尾銅山では煙害の被害を受けた松木村が消滅してしまったために、煙害対策としての硫酸製造の必要を感じず、1956年まで硫酸の回収は行なわれなかった。

生産技術と鉱害を含めた公害一般の防止技術との関連について宇井(1971)は、その発生源に手をつけないで、防止のために金をかけることが、日本の技術の特質だと説明する。足尾銅山は技術革新によって合理化を達成したが、鉱害の問題は考慮に入っていなかった。そのため、足尾銅山の生産の増加と鉱毒の激化は並行してあらわれた。技術の中でも特に鉱害防止技術は、はじめから完成されていたものではなかった。英国では Vivian 家の人々は、その動機が何であれ鉱害防止技術を開発しようという進取の精神を持っていた。足尾では、生産に関わる技術を積極的に取り入れたり、開発しようとしていたが、鉱害防止技術に対して積極的ではなかった。当時の日本では、国家と企業は一体であった。国家は企業に積極的に防止技術の開発を指示せず、企業も鉱害関連の非生産的な部門へ精力を注ぐことをしなかった。

#### 5.2.6 マスメディア

日本のマスメディアは鉱害に批判的だった。これに対し英国のメディアは企業寄りだった。というより当時の英国の社会は、ほとんど企業の活動を支持していて、マスメディアはそれに迎合した。英国では、企業寄りの人が多数派だったせいもあり、商業的にも反企業の立場で記事を書くわけにはいかなかったのであろう。世論をリードすることもマスメディアの働きであるが、当時の社会の状態からかけ離れて論評することはできなかった。両国のマスメディアの立場の違いは、歴史的な違いである。時代が下り、日本の産業革命の時期は、鉱害の原因が企業活動にあることが明らかになっていった。あとは、いかに世論を喚起して解決への道をつけるかという点であった。日本のマスメディアは英国のマスメディアと違って、この役割を果たした。地元の足尾で反鉱害運動の支持者が減少しても、鉱害反対の運動は全国的な展開を見せた。マスメディアの強力な力を政府、企業は知り尽

くしていたので、報道の自由に圧力をかけるということも足尾の事件では起きていた。足尾の鉍害反対運動は結局失敗したが、その後の社会運動へ大きな影響を与えた。社会が変わらなくても、社会に事実を知らせることはマスコミの主要な使命であり、足尾でこれが果たされた。

### 5.2.7 地理的要因

Swansea の製錬所は沿岸部にあった。一方、足尾の製錬所は内陸部にあった。炭鉍に近い Swansea で、Cornwall から運んだ銅鉍石を製錬した。これは、大量のコークスを必要とする製錬法であるウェールズ法にとって都合がよかった (Newell, 1990)。地理的な問題点について、John Vivian は息子の John Henry Vivian に次のようにジレンマを指摘した。銅の製錬工場は、銅鉍山から離れても可能であるが、炭鉍から離れるわけにはいかない。しかし、炭鉍と製銅所の近くには、多くの居住者がいる (Rees, 1993)。Swansea の場合、水路による効率的な運用をしていた。Tawe 川に並行して Llansamlet 運河と Swansea 運河があり、原料及び製品の輸送に使われていた。さらに Bristol 海峡は Wales と Cornwall の間にあり経済的な輸送路となっていた。

足尾でも、はじめ木炭で製錬をしていたが、その後、コークスによって製錬が行われた。コークスの運搬は、東京府南葛飾郡に深川骸炭所から舁運搬で秋葉原駅に運び、秋葉原から日光まで鉄道、日光から足尾まで馬車鉄道と鉄索道で輸送した。蒸気機関による鉄索道は 1890 年に運転開始された。さらに蒸気機関車による輸送は、1914 年に足尾本山まで開通した足尾鉄道によって担われた (村上, 2006)。足尾は内陸部にあるが、産業革命の成果である蒸気機関を十分利用して、内陸部の不利を克服した。内陸部にあるということは、生産には、有利ではなかったが、決定的な不利でもなかった。

しかし鉍害という観点で、内陸部に位置する足尾鉍山が環境に与えた影響は大きかった。鉍毒問題における足尾の立地上の不利について、菅井 (1985) は、関東平野という農業生産性の高い地域を流れる渡良瀬川の源流に足尾銅山が位置していた点を強調した。内陸立地のため、排水路はコストがかかり建設できず、高煙突拡散方式は被害面積の拡大となるので使えなかった。山元だけでなく、広大な下流域に影響がでた。山元の森林、下流域の農地、そしてそれらの住民の健康に重大な被害を与えた。さらに、この下流域の先に首都があった。東京の被害を防ぐため渡良瀬川の改修工事が行われた。鉍害被害者が東京に徒歩でも行ける距離にいたことは、政治的な意味合いも大きかった。鉍毒被害民が政治的な直接行動をとることを可能にした。足尾銅山の被害は山元、渡良瀬川下流域に及び、さらに下流まで影響を及ぼしかねないものであった。20 世紀後半にグローバルな視点に立ち、鉍業分野だけでなく広く公害対策が議論されてきたが、足尾鉍山の事例はその魁となった。

## 5.3 考察



鉱害問題は、自然条件、社会条件が複雑に組み合わさり、総合的に表れる。本論では、これらの条件に時間的要素を加えて、総合的に考察していく。(表 5-1) (「鉱害の歴史的段階の日英比較」)に段階として 1 から 6 まで示したが、各段階は鉱害の各種の側面である。したがって、各段階の事象は、この順番の通りに進行するのではなく、各時期の事象が時間的に重なることもある。

「1, 汚染源発生」の後に「2, 現象の認知」が来るが、この「2, 現象の認知」は、公に認められたものではなく、被害者が被害を意識したことを示す。その後「3, 反対運動」が来ることも、日英で共通である。さらに「4, 現象の科学的解釈」、「5, 対策」と続くが、これらの「3, 反対運動」から「5, 対策」までは、時期的に重なる部分があり、時期的に並行して進行する。ただ日本の場合、「3, 反対運動」から「5, 対策」までの時期について、各段階の事象が始まる時期が段階を重ねるごとに遅れていく傾向にある。英国では、「4, 現象の科学的解釈」や「5, 対策」に対して、個人的動機によって行動を起こすことが多く多様化したと思われる。

両者の産業革命は地域と時期が異なり、別の政治体制の中で起きた事象であるが、概観すると鉱害と自然環境および社会の関係を認識する人間の態度や自然環境において、共通点や相違点がある。共通点のひとつとして両地域とも「環境」という要素を重大視する以前の時代に産業革命を達成したということをおげることができる。したがって体制側は経済第一の姿勢を貫くことができ、多くの賛同を得ることができた。これは一企業の体質だけでなく、国家体制、科学技術、文化等の総合的な理念の表れが反映している。英国も日本も「環境」が市民権を得る前では、環境の状態を評価することすら困難であった。

現況を調査し、原因と思われるものと被害に何らかの相関関係があるということがわかって、それだけでは統計学の応用に過ぎない。さらに必要であれば実験等を含んだ分析的な研究をして因果関係を確定しなければ科学的調査は完了しない。しかし現実には被害が発生している以上、その救済を急ぐ必要がある。どの段階で、原因と思われる事業所に何らかの働きを行うかは、司法の問題であり政治の問題である。それらの基になるのは国民の合意である。Swansea の被害者も足尾の被害者も司法や政治の後ろ盾はなかった。鉱害という現実が存在しても鉱害という言葉はなく、多くの国民の支持もなかった。鉱害問題の解決に対し、分析的方法だけでは限界がある。日英のこれらの事件は、その問題提起となった。

また日英の銅製錬に伴う共通の問題のひとつに森林破壊がある。Swansea と足尾は時代も異なり、製錬の詳細について同一ではない。しかし、両地域とも初期は製錬時の還元剤として木炭が使われた。また木材は建設用材等にも用いられた。木炭をコークスに変更したのは、木材の不足が原因であった。また両地域とも硫黄を含んだ銅鉱石を用いて行われた。その製錬の結果、煙害によって人びとの健康や森林が被害を受けたことも共通している。産業革命の間、さまざまな技術が開発されたが、両地域とも環境保全の技術開発に

ついでに優先順位は低かった。環境よりも生産性を重視する考えは日英とも共通していた。

同じ産業革命という流れの中で両地域に環境問題が発生したわけであるが、いくつかの相違点もある。一つは市民社会の中の英国と国家主導の日本である。英国では独創的な技術を個人が開発し、それを製品化するのは一企業であり、鉱害が起きれば被害者は個人の立場で企業を訴えた。足尾の鉱毒事件では、明治維新後まもなくのことでもあり、政府に期待する国民の意向も強く、また政府も主導的に対応した。足尾の鉱毒の被害者が、企業に対してでなく、政府に対応を迫ったことは、このことをよく表している。

産業革命を最初に経験する国と後追いの国という違いから生じる性格の違いがあった。産業革命を最初に始めた英国にとって、鉱害もまた初めての経験だった。そこで技術がないから対応しないという論法を用いなかった。ある者は現実に応じた技術を開発しつつ前進していこうとした。日本の産業革命は外国からの技術の導入によって遂行された。日英では自然条件、社会的条件が異なるので、日本独自の工夫もしたが、外国からいかに効率的に技術を導入するかが日本の産業革命の推進の要点であった。大方の分野で、この方法は成功を収めた。日本は、産業革命先進国と比べると時間差があったので、後の時代の優れた各種の技術をも同時に導入できた。日本では、英国の産業革命時に開発された蒸気機関とその後に開発された電気エネルギーの利用技術を同時に利用できた。技術史的に見れば、当時の英国は蒸気機関の時代であったが、一方日本は電気の時代に入っていた。1880年代になって、電気は新規の動力源として、そして照明源として重要になっていた。当時の日本は、先進技術の電気をいち早く導入し生産性をあげた。

英国で蒸気機関は産業革命を推進させたが、それは揚水機としての蒸気機関であった。蒸気機関の交通への応用である蒸気機関車による鉄道網が英国全土に普及するのに、19世紀後半の50年かかった(ラングトンとモリス, 1989)。日本で蒸気機関は、索道や鉄道という交通機関としても利用された。

英国の **Swansea** は沿岸部に位置しているが、足尾銅山は内陸部にある。このことによる足尾の輸送上の不利な点は技術によって克服された。しかし環境への負荷を技術によって軽減することはできなかった。足尾は内陸部にあり、それだけいっそう、環境への影響を大きくした。足尾と **Swansea** の地理的な差異は、環境への影響で大きな相違となった。内陸部で発生した鉱害は、その影響する範囲もその程度も甚だ大きくするという事例を足尾で示した。

両地域の鉱害は、技術的解決ではなく経済の構造的変化により終息した。生産拠点を海外に移転したために鉱害の発生はなくなった。しかし、これで問題は決して解決したわけではなく、以前の製錬所周辺の環境問題及び外国での環境問題、そして地球規模の環境問題としての課題を残した。今後、自然科学、社会科学を含めた総合的な科学の中で解決に向けた方向を探る必要がある。人間の行動を動機付けるもののひとつは経済であり、環境破壊の影響を評価し環境保全社会実現の具体的対策を示すことを目的にしている環境経

済学の成果が期待される。また、環境問題を扱う地球科学以外に、オペレーションズリサーチやシステムアナリシスという分野の成果を環境問題解決のために応用することも考えられる。さらに、人間の行動を規制するものは法律である。現在研究されている環境法学の成果もこれらの問題解決のために期待される。

#### 5.4 まとめ

本研究から以下のことが示唆された。

- a** . 日本の足尾と英国の **Swansea** の銅製錬による環境問題の進展を 1, 汚染源発生、2, 現象の認知、3, 反対運動、4, 現象の科学的解釈、5, 対策、6, 終息、の 6 段階として比較を試みた。両地域とも、それぞれの段階が直線状に配置するのではなく、ある段階の事象が他の段階の事象とともに共存している例も多い。とくに 3, 反対運動、4, 現象の科学的解釈、5, 対策が並行している例がある。
- b** . 両地域とも、鉱害という意識が社会的に認知される以前であり、環境よりも生産優先の社会風潮の中で問題が起きた。
- c** . **Swansea** では汚染源を公的に特定できない状況であったが、足尾の場合、汚染源と被害との相関関係は、はっきりしていても汚染源と被害とのメカニズムが不明の状況であった。
- d** . 両地域とも、銅製錬の煙害により大量の二酸化硫黄が生じて住民、森林、家畜等が被害を受けた。
- e** . 市民社会が成熟しつつあった英国と国家主導の日本とで、鉱害に対する人々の態度に違いが表れた。英国では個人的動機に基づいて環境に対する行動を起こした例があった。
- f** . 産業革命を初めて起こした英国と後追いの日本を比べると、生産という面では日本に有利に働いた。しかし環境対策上の有利さはなかった。
- g** . 沿岸部の **Swansea** と内陸部の足尾という地理的な相違は、環境への影響で大きな相違となった。足尾の場合、影響する範囲と程度を大きくした。

## 参考文献

- 秋山伸一. 1988. 資源開発の歴史的展望と国際協力. 鉱山地質 38(2):172-184
- Barton, D. B. 1961. A history of Copper Mining in Cornwall and Devon. Truro Bookshop 98p
- コール, G. D. H. 古賀秀男, 岡本充弘, 豊島宏(訳) 1994. チャーティストたちの肖像. 法政大学出版局 515p
- ディーン, P. 石井摩耶子, 宮川淑(訳). 1973. イギリス産業革命分析. 社会思想社 339p
- Hughes, S. 2000. Copperopolis Landscapes of the Early Industrial Period in Swansea. Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales 358p
- 川名英之. 1989. ドキュメント 日本の公害 第4巻 足尾・水俣・ビキニ. 緑風出版 493p
- 古賀秀男. 1994. チャーティスト運動の構造. ミネルヴァ書房 pp370
- ラングトン, J., モリス, R. J. (編). 米川伸一, 原剛(訳) 1989. イギリス産業革命地図. 原書房 249p
- Lavender, S. J. 1981. New Land For Old The Environmental Renaissance of the Lower Swansea Valley. Adam Hilger 137p
- 森俊介. 1992. 地球環境と資源問題. 岩波書店 234p
- 村上安正. 2006. 足尾銅山史. 随想舎 654p
- Newell, E. 1997. Atmospheric Pollution and the British Copper Industry, 1690-1920. Technology and Culture, 38:655-689
- Newell, E. 1990. 'Copperopolis' : The Rise and Fall of the Copper Industry in the Swansea District, 1826-1931. BUSINESS HISTORY, 32:75-97
- 日本経営史研究所(編). 1976. 創業100年史. 古河鉱業株式会社 614p
- Rees, R. 1993. The Great Copper Trials, History Today, 43:38-44
- リッチ・コールドー. 笠 耐(訳) 1982. バーミンガムのルナ協会. サイエンス 12(8):104-114
- 菅井益郎. 1974. 足尾鉱毒事件(下). 公害研究 3(4):61-69
- 菅井益郎. 1979. 日本資本主義の公害問題(一). 社会科学研究 30(4):94-162
- 菅井益郎、宇井純(編). 1985. 技術と産業公害. 国際連合大学 37-56
- 東海林吉郎、菅井益郎. 1984. 通史足尾鉱毒事件 1977~1984. 新曜社 307p
- 栃木県史編さん委員会(編). 1984. 栃木県史通史編 8. 栃木県 1014p
- 宇井純. 1971. 公害原論 1. 亜紀書房 275p
- 宇井純. 1982. 技術導入の社会に与えた負の衝撃. 国際連合大学 40p
- 宇井純、宇井純(編). 1985. 技術と産業公害. 国際連合大学 173-182
- 宇井純、吉田文和・宮本憲一(編). 2002. 岩波講座 環境経済・政策学 第2巻 環境と開発. 岩波書店 250p

## 第6章 20世紀環境史における足尾銅山鉱害の問題

足尾銅山鉱害問題は日本の産業革命期にさまざまな問題を起こした。技術的にも社会的にも一応の区切りをつけたが、その影響は20世紀の社会に大きな影響を与えた。本章で20世紀環境史の中における足尾銅山鉱害問題の意義を検討する。本章の始めに、20世紀の環境史を区分し、それぞれの特色を取り上げる。また20世紀の環境史の特色を歴史的变化、地理的变化、環境システムから考察する。これらをもとに足尾銅山鉱害問題の歴史的意義を考察する。歴史から環境問題を解明するという作業から、今後の環境問題に対する対策にも役立つと考える。

### 6.1 20世紀の環境史の時代区分

連続した時間の中で、特定の事象は歴史的にそれ以前の事象の影響を受けていることが多く、また後世の事象に影響を与えることも通常のことである。その中での区分は、ある種の恣意が働くが、ここでは3区分とした(表6-1)。これは、第1期(1901年～1972年)、第2期(1973年～1988年)、第3期(1989年～2000年)の3期である。これらは、足尾銅山の鉱害問題だけでなく、日本や世界の環境問題の歴史の流れを考慮して設定した。

[挿入(表6-1)]

#### 6.1.1 第1期(1901年～1972年)

この期間は、足尾銅山の閉山が決定されるまでの時期である。この間、日本は産業革命を経験し、足尾を始めとしていくつかの公害問題が起きた。それに対する法整備等の対策も進んだ。国際的には徐々に環境問題に対するグローバルな視点からの活動が生じた。

#### (1)足尾

第4章で、取り扱ったとおり、20世紀はじめは足尾鉱毒問題の最終段階にあった。1903年、鉱毒調査委員会(第二次調査会)は、渡良瀬川流域の谷中村を含む地域の遊水地計画を打ち出した。翌年、これに反対する田中正造は谷中村に入った。1906年、谷中村は廃村となり、翌年谷中村の土地収用法認定公告がなされ強制収用がされた。本節では、古河オートクランプ法が開発される前期と後期で大きく二分して概観する。

#### ①前期

1955年までは、二酸化硫黄を含む煙霧に対し有効な手がうたれないまま操業が続けられた。その間、銅生産量は増加し、1917年にピークの15,735トンを記録した(村上,2006)。この時期、製錬所から排出される煙塵と二酸化硫黄を除去する試みがなされた。1915年から1918年まで希薄法により実行された。煙道に鉱煙を通過させる間に煙塵を除去し、鉱煙の温度を下げ二酸化硫黄と水を反応させて硫酸を製造する原理である。この方法は良好

な結果が得られなかった(秋山, 1990)。鉱煙の中の煙塵の除去はコットレル式電気集塵法により実用化された。煙塵を帯電させこれを集めるものである。1919年に電気集塵機を導入し、その後、試験、調整、研究の結果、1929年に完全除塵の実現が確認された(猪俣, 2006)。

二酸化硫黄の除去の試みは、二酸化硫黄から硫酸製造という方式で研究が進んだ。1933年11月に硫酸試験工場が完成した。さらに、1935年2月に砒素を多く含む鉱石からの転炉ガスである二酸化硫黄から砒素含量のきわめて少ない高純度硫酸を生産できることを確認した(猪俣, 2006)。その後、日産70トンの接触式硫酸製造を計画したが実現に至らなかった(村上, 2006)。

足尾銅山山元に鉱害は継続していたが、松木村等の消滅により被害を訴える人もなく、また示談により形式的には解決していた。ただ植生に対する負荷は継続していた。第3回鉱毒予防工事命令により1897年から1899年まで足尾官林復旧事業が最初の国有林対策であった。次に1906年から1913年まで、足尾国有林復旧事業が行なわれ煙害に強い樹種が導入された。足尾国有林の治山事業は1914年より開始され1940年に終了した。この治山事業は1947年に再開された(秋山, 1990)。

治山治水対策として本流に砂防ダムを作り、支流に溪間工を施す。山腹に山腹基礎工及び緑化工を施す。溪間工には、小規模ダムをつくり土石流を防止する谷止工や溪流に横断的の工作物を建造する床固工がある。山腹基礎工には山腹石積やコンクリートブロック積があり、山の斜面の崩壊を押えて土砂が移動しないようにする。緑化工のために川端勇作は、1951年に「植生盤」を発明した。これは、泥状にした土に草の種・肥料・堆肥・硫安・窒素・カリ・切りワラなどを混ぜ合わせたものを、縦20cm、横30cm、厚さ6cmの木枠にいれ、型と同じ大きさの新聞紙を載せ、圧縮機で厚さ4cmくらいにしたものである。成型するとき指先くらいの穴があき、そこから草の芽が出てくる。その後、植生盤の良さと客土の効用を取り入れた「植生袋」が考えられた(秋山, 1990)。緑化事業は3年計画で行なわれる。1年目は丸太等で柵を作り土砂の移動を抑止する土留工やコンクリートブロック等を用いる山腹工により斜面を安定させる。2年目に植生盤等を斜面に固定する。3年目に苗木を植える(秋山, 1990)。

技術上の根本的な解決がないまま、操業を続けるために谷中村付近を遊水地として整備するという現実的な案を、政府は選択した。1910年に渡良瀬遊水地改修工事施工準備が着手され、1925年に渡良瀬川改修工事の竣工式が挙行された(渡良瀬遊水地成立史編纂委員会, 2006)。これで渡良瀬川下流域の鉱害問題が解決したわけではなく、渡良瀬川に鉱毒が流下して甚大な被害を与えた例が1934年、1935年、1939年に知られている(東海林と菅井, 1984)。治水事業として、1950年に松木川、久蔵川、仁田元川の合流地点に足尾砂防ダム(三川ダム)が着工され、1954年に完成した(秋山, 1990)。このダムは緑化工事の前段階として重要であった。

## ②後期

古河オートクンプ法の完成は、1956年である。これ以降を後期として概観する。古河オートクンプ法はフィンランドのオートクンプ社の自溶製錬の技術を基にしている。銅鉱石の大部分を占める含銅硫化鉱に含まれる硫黄分が燃焼する際に生じる熱量を鉱石中の銅分を溶かすために用いる。この鉱石中の硫黄分の熱量だけで銅を溶かす製錬法をオートクンプ社は実用化した。この製錬法は燃料を必要とせず、低コストであるばかりでなく、密閉炉であり、排ガス中の二酸化硫黄の濃度が高いため、二酸化硫黄を完全に回収することができる。古河はこの技術に、改良を加えて、実際の操業に最も適した古河オートクンプ法を完成させた(日本経営史研究所, 1976)。

源五郎堆積場は1943年に設置された。1958年にこの堆積場が決壊し約 $2.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ の鉱泥が渡良瀬川に流入し、 $6.0 \times 10^3 \text{ ha}$ の水田に被害を与えた。この影響は、待矢場両用水の取入口がある群馬県山田郡毛里田村(現在太田市毛里田)を最激甚地として広大な地域に及んだ(東海林と菅井, 1984)。その後も毛里田村にかかわる鉱害問題は生じた。

渡良瀬川の水質基準は、1968年3月の水質審議会第六部会で、大間々町高津戸地点での渡良瀬川の水質基準を銅の含有量 0.06ppm, 足尾銅山の排出基準を足尾町のオットセイ岩地点で 1.5ppm と決定した。この値は、毛里田と三市三郡の同盟会の前会長で審議会の恩田委員の主張した渡良瀬川の水質基準を銅の含有量 0.01ppm とする案とは開きがあった。渡良瀬川の水質基準は1969年12月施行された。

この水質基準は銅の含有率を規制することによって、銅以外の重金属汚染の防止を目的にしていた。実際に砒素、カドミウムの汚染問題が生じた。桐生市の上水道の原水である渡良瀬川の水から国の環境基準を上回る砒素が1969年に検出されていた。1970年に入ってから、基準の4~5倍の砒素が検出された日は一ヶ月で10数日にものぼった(東海林と菅井, 1984)。

1971年2月に毛里田地区産米からカドミウムが検出された。同年6月、住民検診が実施された。同月、毛里田同盟会は古河鉱業に対して鉱害被害補償を要求したが、古河は応じなかった。1972年1月、毛里田地区産出米の一部は政府によって出荷凍結の処分にされた。農民は古河鉱業に損害賠償を請求したが、古河鉱業はこの要求を拒否した。毛里田同盟会は政府の中央公害審査委員会に調停を申請した(東海林と菅井, 1984)。

1956年の古河オートクンプ法の完成により、二酸化硫黄の排出がなくなった。そのために植林された苗木の枯れる一番の原因が取り除かれた。これ以降、足尾の緑化回復事業が本格的に始められた。1957年1月、前橋営林局、建設省渡良瀬川砂防工事事務所、栃木県の関係者の協議が行なわれた。この会議で、前橋営林局は足尾国有林内の植林とそのために必要な治山工事を受け持ち、建設省渡良瀬川砂防工事事務所は砂防ダム建設と山腹の工事及び護岸工事を受け持ち、栃木県は民有林の治山工事を受け持つことになった(秋山, 1990)。これらは国家による鉱害処理の体制を示した。

次に、足尾荒廢地の本格的復旧事業開始後の治山実績として、1957年度から1988年度までの経費を見ていく。この期間、国有林の山腹工、溪間工、保安林整備及びその他の経費の合計は、5,404百万円であり、民有林のそれは、6,445百万円であった。両者の合計は、11,849百万円となった(秋山,1990)。これらの費用は、一企業古河の経済活動による鉱害から生じたものであるから、古河が負担すべきという考えも出てきた。

国はこの件に対し、法的にも明確な態度を示す必要があった。1960年6月25日付林野庁長官通達「国有林野鉱煙害賠償要綱」の改正で補償請求権を放棄していた(朝日新聞,1980)。この通達で1957年度、1958年度、1959年度の3年分の損害についてのみ賠償を請求することになった。この通達では1956年度以前については、鉱業法第一一五条の第一項前段の規定によって三年時効が成立しているために、損害賠償請求権はすでに消滅したとの見解をとっていた。鉱業法第一一五条の第一項前段は、被害者が損害及び賠償義務者を知った時から三年間おこなわないときは、時効によって消滅するというものである。1960年10月、国と古河との間に協定が結ばれ、政府は損害賠償請求権を放棄した。前橋営林局は、古河鉱業株式会社との間で協定を結び、古川鉱業は、足尾銅山の鉱煙による鉱害に関し、災害復旧の協力等として320万円を出した(東海林と菅井,1984)。

この件に関し、東海林と菅井(1984)は、驚くべき行政の怠慢ぶり、企業との癒着ぶりと評したが、明治以来の国有林の煙害問題に決着がついたという見方(石川,2001)もある。ただこの後者の見方をする者は「足尾に緑を育てる会」の理事で、同会は国土交通省関東地方整備局との間で共同事業を展開している団体であり、政府寄りの見方をするのも当然のことである。1960年の鉱害に対する処理は、国と企業が一体になって処するという形態であり、これは明治の産業革命期のころの国と企業の関係と変わらない。

渡良瀬遊水地の洪水調節機能を重視し、1963年から渡良瀬遊水地の調節池化を図った。大きな洪水の時だけ調節池の中に川の水が入るようにし、以前より洪水調節機能を増大させる事業を実施した。1963年に着工し、1970年に第1調節池、1972年に第2調節池が完成した(注6-1)。

1970年以降の世界的な銅価の低落と円レートの切上げは、国内銅鉱業に決定的な打撃となり、業界各鉱山の閉山ラッシュが始まり足尾銅山も例外ではなく、収支は大幅な赤字となった。古河鉱業は新操業計画をたて、新規事業も加えて再出発したが、さらに経営は悪化した。古河鉱業の本社は生産不振の原因を、銅品位の低下と鉱源の枯渇によるものとした。また会社は銅品位を1.5%と想定していたが、1972年上期の平均品位は1.22%(日本経営史研究所,1976)で、経営者には厳しい数字となった。

また渡良瀬川に排出される銅の含有量の制限を守るために、鉱害防止施設の維持、改善、新設に巨額の投資を行わなければならなかった。その経費は年に2億円に達し、それがコスト高の一因となってきた。1972年10月の古河鉱業の常務会は足尾銅山の操業継続はき



わめて困難であるという結論に達した。同年 11 月、定時取締役会は閉山の方針は正式に承認され、翌年 2 月 28 日に足尾鉍山は閉山した(日本経営史研究所, 1976)。なお、古河の製錬部門は引き続き操業していた。

## (2)日本

日本の産業革命の進行に伴い、各地で銅山の鉍害問題が発生した。それらのうちで足尾銅山の鉍毒、煙害が最初であった。菅井(1979a, 1979b)は、足尾銅山とともに別子銅山、小坂鉍山、日立鉍山の鉍毒、煙害事件を取り上げて、それら四大銅鉍山の鉍毒、煙害事件に関する詳細で精力的な比較研究を行った。それにより、事件が社会問題化した時期を足尾銅山以外について取り上げると次のとおりになる。別子銅山煙害事件(I)は 1893 年から 1904 年まで、別子銅山煙害事件(II)は 1905 年から 1910 年まで、小坂鉍山煙害事件(I)は 1902 年から 1916 年まで、小坂鉍山煙害事件(II)は 1924 年から 1926 年まで、日立鉍山煙害事件は 1907 年から 1914 年までとなっている。

工業化の進展とともに、公害病が発生した。それらのうち四大公害病であるイタイイタイ病、水俣病、四日市ぜん息、新潟水俣病を次に取り上げる(環境管理協会 2002)。

神通川中流域で後にイタイイタイ病と呼ばれる奇病が発生した。最初は神経痛のようにも見えるが、痛みは次第に激しくなる。骨にひびが入り、咳をしたり体を動かすだけで骨折を繰り返す。やがて全身の骨が折れ「イタイイタイ」叫び苦しみながら衰弱死していく。1955 年ころからイタイイタイ病が地方の学会で発表され始めた。1968 年、厚生省の調査研究班は、イタイイタイ病の主原因を、神岡鉍業所から排出されカドミウムであると結論づけた。被害者は訴訟を起こした。その拠り所は、1969 年に制定、公布されていた「公害健康被害救済特別措置法」だった。1971 年の訴訟で、被害者(原告)側の勝訴が確定した。

1956 年に水俣保健所に「類例のない患者が発生した」として新日窒付属病院の細川一院長から届けられたことが、その後水俣病の公式発見とされるようになった。1959 年、厚生省食品衛生調査会が「水俣病の主因をなすものは水俣湾周辺の魚介類に含まれる有機水銀化合物である」との答申を厚生大臣に提出した。1968 年に水俣病についての政府見解が出された。この見解の中で、チッソ(1965 年社名変更, それ以前は新日本窒素肥料)の水俣工場のアセトアルデヒド・酢酸設備内で生成されたメチル水銀化合物が水俣病の原因物質であるとした。さらに、工場排水に含まれていたメチル水銀化合物が、魚介類の体内で濃縮され、住民がその魚介類を長期かつ大量に食べることで中毒性疾患の水俣病が起きたとする公式見解をまとめた。また司法の場では、1973 年に被害者(原告)側の勝訴が確定した。

1960 年ころから、四日市のコンビナートの煙突から排出される硫黄酸化物による被害が発生した。その後さらに、四日市ぜんそくの公害認定患者が多発した。1963 年、厚生大臣・通商産業大臣の委嘱を受けた四日市地区大気汚染特別調査団(団長黒川真武、いわゆる黒川調査団)は調査を開始し、翌年、四日市コンビナートの特色を指摘した上で、公害対策

の勧告をした。これを受けて四日市市と三重郡楠町は 1966 年 5 月から煤煙規制法の第二次指定地域になった。1967 年、磯津地区の公害認定患者 9 人は第一コンビナートを構成する 6 社に対し共同不法行為責任を主張し、損害賠償訴訟を提起した。1972 年、これについて原告側の全面勝訴で結審した。

1964 年以降、新潟県阿賀野川の下流域一帯で、手足のしびれやめまい、歩行困難などの症状を訴える患者が発見されるようになった。翌年、患者の頭髪から高濃度の水銀が発見された。新潟大学付属病院の椿忠雄は、これらの患者の病気が有機水銀中毒によるものであることを発表した。同年、厚生省の特別研究班も現地調査に入った。厚生省研究班は昭和電工の鹿瀬工場の排水溝付近などから高濃度の総水銀を検出した。1968 年、「新潟水俣病は、昭和電工鹿瀬工場アセトアルデヒド製造工程中で副生されたメチル水銀化合物を含む排水が中毒発生の基盤である」という正式の政府見解が出され、公害病に認定された。1971 年、この新潟水俣病に関する訴訟で被害者(原告)側の勝訴が確定した。

この第 1 期の日本の環境史は、公害問題の発生とともに、それらに対応するための法整備の本格的開始の時期であった。1950 年に(新)鉱業法が公布された。(新)鉱業法は鉱業の実施という特定の事実を原因とする損害の賠償について規定し、損害発生時の鉱業権者は、その損害を賠償しなければならないとしている。これは民法の不法行為による損害賠償のように、加害者の故意又は過失を要件としない、無過失責任主義である(注 6-2)。無過失責任主義は 1939 年に(旧)鉱業法が一部改正されたときに追加、導入された。(新)鉱業法の第 109 条は「鉱物の採掘のための土地の掘さく、抗水若しくは廃水の放流、捨石若しくは鉱さいのたい積又は鉱煙の排出によって他人に損害を与えたときは、損害の発生の際における当該鉱区の鉱業権者」が、その損害を賠償する責に任ずると規定した。これによって鉱害被害者は、鉱害被害を主張することが容易になった。

1958 年、水質二法といわれる「公共用水域の水質の保全に関する法律」(水質保全法)と「工業排水等の規制に関する法律」(工業排水規制法)が制定された。その後、1970 年に水質二法を廃止して、「水質汚濁防止法」が制定された。これは水質汚濁防止を図るため、工場及び事業場からの公共用水域への排出及び地下水への浸透の規制、生活排水対策の実施の推進等を含んでいる(注 6-3)。これらは、現状に適合した法律を目指したものと考えられる。

また、1962 年に「煤煙規制法」が成立した。ここでいう「煤煙」とは燃料その他の燃焼または熱源利用に伴い発生する「すす、その他の粉塵、亜硫酸ガス、無水硫酸」と定義されている。1968 年に「煤煙規制法」に代わって「大気汚染防止法」が制定された。この法律には、工場及び事業場における事業活動や建築物の解体に伴う煤煙や粉塵の規制、有害大気汚染物質対策の推進、自動車排ガスに係る許容限度等が盛り込まれていた(環境管理協会 2002)。これらも、現実的な法律への変更であろう。

環境アセスメントの概念はアメリカで生まれたものだが、それに先駆けて日本では、

1965年から、黒川調査団の成果を踏まえ「産業公害総合事前調査」の名で大規模開発に伴う将来汚染予測の調査を実施した。本格的な環境アセスメントの取り組みは、1972年、「各種公共事業に係る環境保全対策について」の閣議了解で国などの公共事業実施に際し「事業の環境に及ぼす影響」の内容、程度、回避策などについて、必要に応じ事業実施主体に対し調査、検討を行わせることとなったときからである（環境管理協会 2002）。日本の環境行政の歴史の上で、その手法の独創性は特筆されるべきものと思う。

無過失責任主義は（旧）鉱業法が一部改正されたときに無過失責任主義は追加、導入されたが、大気及び水質にも適用された。1972年の国会で成立した大気汚染法及び水質汚濁防止法の一部改正に、事業者による無過失賠償責任が盛り込まれた（環境管理協会 2002）。これによっていっそう国民の生活の安全が守られることになった。

この第1期の後半は、環境関係の立法の充実により国全体で公害対策に当たろうとしていた。とくに1970年の、いわゆる公害国会では、「公害対策基本法の一部を改正する法律」を含めて、公害関係14法が制定・改正された。またこの期の末期は「公害」から「環境」への意識の変革が社会全体に進んだ。行政では、1971年に環境庁が設置された。これによって各省庁にまたがっていた公害行政の一元化が目指された。1969年に初めて「公害白書」が発行されたが、1972年、環境庁として初めての「環境白書」が発表された。この中で、近時においては、公害がその要因や被害の態様においても、また地域の広がりにおいても比較にならないほど広範なものになってきている（環境庁,1972）と警鐘を鳴らした。

### (3)世界

局地的な環境問題ではなく地球規模の環境問題としての研究が行われた。ローマクラブは1970年3月にスイス法人として設立された民間組織である。世界各国の科学者、プランナー、教育者、経営者などから構成されている。ローマクラブは、豊かな社会の背後にある深刻な問題の危機回避の道を探索することを目的としている。それらの問題としては、天然資源の枯渇化、公害による環境汚染の進行、発展途上国における爆発的な人口の増加、軍事技術の進歩による大規模な破壊力の脅威等がある。ローマクラブは、活動の目標を次の二段階に分けた。第一段階は、人類社会の来るべき危機の諸要因とその相互作用を全体として把握しうるようなモデルを作成し、将来の危機の様相の展望と危機を回避するための方途の検討に資することである。第二段階は、第一段階における分析をもとに、新しい政策のあり方を検討し、世界的討論の場を通じ政策当局の考慮を促すことである。この第一段階の目標のために、マサチューセッツ工科大学のシステム・ダイナミクス・グループに研究の依頼がされた。その後、中間報告、討議等がなされて、1972年に報告書「成長の限界」が発表された（メドウスほか, 1972）。この報告書は、地球の有限性についてのさまざまな因果関係を数理的に予測した。その中で、多くの貴重な資源重要な幾何級数的増加と汚染物質の発生によって、地球は限界に近づいていることを示した。

この期の後半に、世界的な規模で環境問題が高まってきた。国際会議によって国際的な協調の場が設けられた。また、環境問題の解決を目指した国際的な動きがあった。1968年の国連経済社会理事会でスウェーデン代表が、人間環境に及ぼす無計画、無制限な開発の問題について理解を深め、その調整に国際協調すべきと提唱した。これを受けて国連人間環境会議が開催されることになった。1970年の国連人間環境会議準備会でウ・タント事務総長は、「国連は人間環境問題を解決しようとする全ての国々の行動を調和させるための中心にならなければならない」と挨拶した。1970年、東京で開かれた各国の社会学者による国際公害シンポジウムでは、「環境破壊が世界規模で拡がっており、現代における最大の問題の一つになっている。物質的な破壊だけではなく、文化的退歩にまで及び、人々の福祉を阻害している。よい環境に住むのは人間の基本的権利であり、また、よい環境をこれからの世代に遺産として渡すのは、現世代の責務である」と決議した(環境管理協会 2002)。環境問題が国際的な問題であるという意識が人々の中に行き渡っていった。1968年、国連経済社会理事会での提唱を受けて、1972年、ストックホルムで国連人間環境会議が開催され「人間環境宣言」(ストックホルム宣言)が発表された。そこでは、環境破壊は、甚だしい人工の害であり、人間環境を擁護し向上させることが人類にとっての至上の目標であることが提唱された。「人間環境宣言」が発せられたのを受けて、国際行動計画として実施に移す機関「国連環境計画(UNEP)」が設立された(環境管理協会 2002)。

1970年に施行された米国国家環境政策法(NEPA)の中で環境アセスメントが制度化された。それ以来世界各国で制度化が進んでいった。前章で記したとおり、NEPA施行前の日本で同様の調査・検討が実施されていた。1965年から、通商産業省は「産業公害総合事前調査」を行った。大気、河川、海域を対象とし、現地調査と風洞実験などの手法によるシミュレーションを行った。これらは大規模開発に伴う将来汚染予測に基づいて企業を指導するためのものであった(環境管理協会 2002)。ただ環境アセスメントは科学の一方法であるが、その使い方によっては政治的な意味を持つ恐れがある。

自然保護関係では、1971年にイランのラムサールで、特に生物種が多様かつ豊富な干潟など湿地の保全を通じて国際協力の水鳥を保護しようという目的で、「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約」(ラムサール条約)が採択され、1975年に発効した。また海洋関係では、1972年の国連人間環境会議で問題になった海洋汚染問題の解決のため、同年ロンドンで海洋投棄規制条約が採択され、1975年に発効されるに至った(環境管理協会 2002)。この第1期の世界の環境問題は、国際的な協調が始まる時期に当たった。

#### 6.1.2 第2期(1973年～1988年)

日本の国内外で連続的な事項の流れが生じていたが、足尾銅山閉山後、足尾製錬所廃止の前年までを第2期とした。また最終年は、初の環境サミットであるアルシェ・サミットの前年である。

## (1)足尾

1973年2月に、足尾銅山は閉山したが、環境問題は継続した。足尾砂防ダム(三川ダム)は、1954年に完成した。これで下流の人々は大雨が降っても、洪水・流砂の心配をしなくてもすむようになった(秋山, 1990)という見方があるが、1973年8月に足尾砂防ダムの下流排水口の一ヶ所から、約 $2 \times 10^3$ トンの土砂が流出し、桐生市をはじめ渡良瀬川から取水する各地の水道局が厳戒態勢をし、事件が起こった(東海林と菅井, 1984)。技術に完全なものはないという一例である。

簗子橋堆積場からの抗排水の処理は、中才浄水場が担当していた。1979年10月の台風の際に、中才浄水場から未処理の水が溢れて渡良瀬川に流れ出た。堆積場からの鉍毒を含んだ水があまりに多すぎて、中才浄水場の処理能力を超えたために溢れ出た(東海林と菅井, 1984) という。

1972年3月、毛里田同盟会は、第一次分の調停申請をした。その後、数次にわたり調停手続きへの参加申立てならびに調停申請の変更申立てがあり、これらが併合されて、請求金額が約32億8000万円という調停申請となった。1974年5月まで中央公害審査委員会(1972年7月以降法改正により公害等調整委員会)は調停作業を行った。調停案は、申請の対象とされた1952年ないし1971年の期間にとどまらず過去にさかのぼる全期間について、一切の被害に対する解決のための補償金として、15億5000万円を古河が支払うというものだった。古河は調停案を受諾した。1974年5月に調停成立の調印が行われた(日本経営史研究所, 1976)。毛里田地区の調停成立直後の1974年11月、桐生市の桐生地区鉍毒対策委員会が設立され、農民444人が古河に対し交渉をもった。1975年5月に和解が成立し、古河は鉍毒被害を認め、2億3500万円を支払った。また1974年10月、太田市菰川地区鉍毒根絶期成同盟会の農民546人が、13億円の賠償を古河に請求した。1976年12月、和解が成立し古河は1億1千万円を支払った。1977年12月、毛里田地区で申請漏れとなっていた住民との和解が、390万円で成立した(注6-4)。これで紛争は、全て終結したが、鉍害で引き起こされた環境破壊は継続している。

## (2)日本

前期に噴出した公害問題は、それなりに対策が講じられたが不十分であった。この時期、法律は現状に即し実効あるものに改善されていった。法律的な充実期といえる。また公害問題から環境問題へと人々の意識の変革が生じた時期でもある。以下、環境関係の法律の変革を産業環境管理協会(2002)により概観する。「大気汚染防止法」の問題点は、排出基準に適合していても、総量として排出量が多ければ、汚染が地域全体として深刻になる点であった。この欠点を改善するため、1974年に「大気汚染防止法」が改正され、総量規制制度が導入された。個別規制でその地域の望ましい環境を維持することが困難とされた場

合、一定地域内の汚染物質の排出総量を環境保全上で許容しうる限度にとどめるように規制する方法である。同様の主旨で水質汚濁防止法も 1978 年に、水質総量規制制度を導入した。

前期末に国会で成立した「大気汚染防止法」および「水質汚濁防止法」の一部改正に事業者による無過失賠償責任が盛り込まれた。これを受けて、1973 年に「公害健康被害の補償等に関する法律(公害健康被害補償法)」が制定された。この法律により、被害者の医療費は国により全額補償された。問題であった逸失利益についても、療養費等を含めて年金制で生涯保障することになった。

この時期、環境アセスメントについて本格的な取り組みが行われた。1974 年、中央公害対策審議会(中公審)が「環境影響評価の運用上の指針(中間報告)」の中で環境アセスメントの実質的な指針を政府として初めて明らかにしたとされる。1975 年 2 月に設置された中公審の環境影響評価制度専門委員会は、同年 12 月、「環境影響評価法案要綱」の検討結果を公表した。1976 年、環境庁は「環境影響評価法案要綱」をまとめた。また、自治体レベルで条例や要綱を定め、大規模開発に対する環境アセスメントを進める動きが広がっていた。国レベルの法制化の動きとして、1981 年に環境影響評価法案が通常国会に提出されたが、当初から産業界等との調整に手間取り、1983 年の衆議院解散で審議未了、廃案となった。当面の措置として、1984 年「環境影響評価の実施について」の閣議決定が行われ、「環境影響評価実施要綱」の中で対象事業を国が実施または免許等を通じて関与する大規模開発等 11 種の対象事業に限定した上で環境アセスメントを実施することとされた。

この時期、公害問題から環境問題へと人々の問題意識が広く広がった。環境庁の設置もそのひとつであり、法制度の改革もその表れである。また公害防止の技術開発が推進され、充実した環境対策の一因となった。大気汚染防止技術、水質汚濁防止技術、騒音防止技術、廃棄物処理技術等の技術開発が進んだ。法律と技術には相互作用があり、技術的に実用化できる見込みがなければ、法的に環境基準値を設定できない。環境基準を設定すれば、それを通過するような技術を導入することになる。1965 年から 1987 年までの統計の中で公害防止投資額の推移を見ると投資額の最大値は 1975 年度である(環境省, 2001)。また、1966 年から 1980 年までの統計の中で環境装置生産実績のうち排煙脱硫装置の最大値は 1974 年度である(環境省, 2002)。これらのことは、1974 年に硫黄酸化物の総量規制が導入されたことに関係している。

### (3)世界

環境問題は、一国だけでなく地球全体に関係する問題であることを気づかせるような事件が起きた。原子炉関係では、1979 年にスリーマイル島での放射能漏れ事故、1986 年にチェルノブイリの原子力発電所事故による放射能汚染があった。

また、1976 年、イタリアのセベソの農薬工場の爆発事故、いわゆるセベソ事件が起きた。

この事故で、周辺土壌がダイオキシンなどで汚染された。汚染土壌の処理の方法が分からず、ドラム缶に保管されたが、1982年、それらのドラム缶が北フランスで発見され問題になった。同年、ECは有害物質による汚染を減らし人々の安全を守るための規則を求めた指令(セベソ指令)を発し、1985年までに実施するように加盟各国に求めた(注6-5)。

酸性雨について、1969年のOECD環境政策委員会で初めて問題提起された。工業地帯で排出された原因物質が数千kmも離れた地域にまで運ばれ、森林地帯の木々を枯らしていた。1979年に「長距離越境大気汚染条約(ウィーン条約)」が国連欧州経済委員会で採択され、1983年に発効した。この条約は、越境大気汚染防止の政策を加盟各国に求めた。この条約に基づきヨーロッパ各国は、1985年、酸性雨の原因物質の30%削減を盛り込んだ長距離越境大気汚染防止条約として「ヘルシンキ議定書」を採択した。さらに「ソフィア議定書」が1988年に採択された。その中で、1993年までの硫黄排出量や1994年までの窒素酸化物排出量の削減目標などが定められた(産業環境管理協会, 2002)。

オゾン層がクロロフルオロカーボン(CFC)によって破壊される可能性を指摘したのは、1974年に発表された米国のローランドとモリーナの論文であった。1977年にUNEP(国連環境計画)は専門家会合を開催した。1985年には、「オゾン層保護のためのウィーン条約」、1987年には、「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が採択された。日本では、1988年に「オゾン層保護法」を制定するとともに、条約、議定書を締結した。「オゾン層保護法」により、日本では、規制対象物質であるハロンは1993年末で、CFC、四塩化炭素、1,1,1-トリクロロエタン、HBFCは1995年末で、生産及び消費が全廃された。臭化メチルは2004年末で一部必要不可欠な用途を除いて生産及び消費が全廃された。HCFCも2020年で消費が全廃されることになっている(環境省、2007)。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が設立されたのが、1988年のことであった。各国の研究者が政府の資格で参加し、地球温暖化問題について議論を行う場として、国連環境計画(UNEP)及び世界気象機関(WMO)の共催により設置された(注6-6)。報告書は、1990年、1995年、2001年に発表された。IPCCとそれと関連がある気候変動枠組条約について、次の第3期で扱う。

### 6.1.3 第3期(1989年～2000年)

足尾製錬所は、1989年3月、廃止された。海外鉱石の搬入や粗銅、硫酸の搬出という貨物輸送の負担という点で、内陸部での操業は不利であった。足尾での操業は中止されても、環境修復の問題が残された。環境問題は地球全体の問題となり、国際的な活動が活発になった。日本も国際社会の一員としての活動が期待されるようになった。

#### (1)足尾

国有林野内では約 50%が緑化され、当初に植栽された樹木も生育したが、土壌の醸成がまだ不十分であったり、森林の成立密度が高く、地表の植生が衰退したり、土壌が流出した箇所も見られた。これらの問題に対し、改植等により林相を改良したり、本数調整伐を実施し、密度調整を行うなどの方策が立てられた(注 6-7)。

市民団体の「足尾に緑を育てる会」が 1996 年に発足し、植樹活動を行っている。5 年間で約 2ha の地に植樹したという。植樹面積は大ではないが、広報面において効果を持った。これが美談として取り上げられることにより、問題の本質を覆い隠す結果となった。この土地の荒廃の原因は何で、誰が植樹をしなければならないのかという問題は隠れてしまった。この会の事業内容に「国土交通省関東地方整備局と当会の間で体験植樹支援事業として委託・受託契約を締結し、官民共同社会の構築に努める」とある。このようなことから、純粋な市民運動の一環としての活動をすることは難しいと考える。

渡良瀬川下流の渡良瀬遊水地の第 1 調節池内に 1989 年、第一貯水池である渡良瀬貯水池(谷中湖)が造成された。また渡良瀬遊水地の中に第 3 調節池が 1997 年に完成した。渡良瀬遊水地は、洪水防止目的の役割もあるが、1903 年の鉱毒調査委員会の遊水地計画に基づいて造成された。渡良瀬遊水地が鉱毒対策で造成されたことは明白である。上流から新たに流れてくる鉱毒の量は減少したが、遊水地の土壌には鉱毒物質が 21 世紀初頭になっても含まれている(注 6-8)。

## (2)日本

この時期、世界の環境問題と日本の環境問題とが重なる事象がいくつか見られた。海洋汚染問題、廃棄物の越境移動の問題、ディーゼル車の排気ガス問題、循環型社会形成のためのリサイクルの問題等は国際的にも重要な環境問題であったが、日本も条約に加入したり、国内法を成立させたりして対応した。

日本の環境政策の根幹を定める「環境基本法」は 1993 年に成立した。この時期、環境問題は複雑化、地球規模化した。それらに対応するため、制定された。この法律の目的の中に「環境の保全に関する施策の基本となる事項を定めることにより、環境の保全に関する施策を総合的かつ計画的に推進し、もって現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与するとともに人類の福祉に貢献すること」(注 6-9)とある。

20 世紀末期になり、新たな環境問題が生じた。その中にダイオキシンや内分泌攪乱物質の問題がある。1968 年、カネミ倉庫という会社が製造したライスオイルによって中毒患者が出た。当初は PCB が原因と考えられていたが、ライスオイルに含まれていたダイオキシン類が原因で発症したことが明らかになった。欧米では 1970 年代後半以降、ごみ焼却炉から生成するダイオキシンの実態調査が行われた。日本では、1983 年に都市ごみ焼却施設から高濃度のダイオキシンの検出の報告があった。1991 年に厚生省は「廃棄物処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」(旧ガイドライン)を出し、「管理目標値」を定



めた。さらに、1997年に新ガイドライン(恒久対策)が定められた。1999年には、ダイオキシン類対策特別措置法が公布された。この法律は、ダイオキシン類による環境汚染の防止、除去等をするための施策、基準、必要な規則、汚染土壌に係る措置等を定め、国民の健康の保護を図ることを目的としている(産業環境管理協会, 2002)。このようにして第3期は、ダイオキシン対策の制度化が完了した時期といえる。

また、内分泌攪乱物質(いわゆる環境ホルモン)について、1997年、環境・厚生・通商産業・農水・労働の各省庁による情報交換の場が設置され、同年、通商産業省から「内分泌系に作用する化学物質に関する調査研究・報告書」が発表された。1998年から、建設省が何度かにわたり、全国109の一級河川で内分泌攪乱物質含有調査を行ってきた。2000年、環境庁は内分泌攪乱物質のリスク評価を3か年計画でミレニアムプロジェクトとして実施することになった。内分泌攪乱物質は微量でも生物に影響を及ぼすと考えられているが、有害性の評価も難しく、まだ安全基準の確立していないものも多い(産業環境管理協会, 2002)。現在も内分泌攪乱物質については、調査、研究中である。

20世紀はこれまでになく大量消費、大量廃棄の時代であった。この傾向は資源問題にも、環境問題にも悪影響を与えた。1991年に、再生資源の有効利用を促進し、廃棄物の発生抑制、環境保全を図ることを目的にして「リサイクル法」(再生資源の利用促進に関する法律)が成立した。また、同年「廃棄物処理法」(廃棄物の処理及び清掃に関する法律)は抜本的に改正された。これらは「廃棄物関連2法」として、その後の循環型社会に備える法律であった。これらに関連する品目、業種ごとの法律として、「容器包装リサイクル法」(1995年公布)、「家電リサイクル法」(1998年公布)、「建設リサイクル法」(2000年公布)、「食品リサイクル法」(2000年公布)がある。以上の個別のリサイクル法の整備の頂点に立法化されたのが、2000年公布された「循環型社会形成推進基本法」である。同法による「循環型社会」とは、①製品等が廃棄物等となることが抑制され、②製品等が循環資源となった場合、適正に循環的な利用が行われ、③循環的な利用が行われない資源については適正な処分が確保されることにより、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会である(注6-10)。これらは、今後の社会が循環型社会になるための指針を示している。

### (3)世界

世界規模の会議や条約により地球環境の改善を目指す動きは、前の第2期にも、行われていたが、この第3期でさらに本格化した。

第15回先進国首脳会議(サミット)は1989年にフランスのアルシュで開催された。このアルシュ・サミットは初の環境サミットである。この会議で表明された「経済宣言」の三分の一が地球規模の環境問題に充てられた。世界経済情勢の主要な課題のひとつとして環境問題があり、将来の世代のために環境を保護する緊急の必要性を主張した。成層圏オゾン

層の問題、温室効果ガスの過剰排出の問題を示し、協調的な国際的対応、持続可能な開発に根ざした政策の世界規模での採用を求めた(注 6-11)。

IPCC は WMO の一機関であり、「気候変動枠組条約」とは直接の関係はない。「気候変動枠組条約(UNFCCC)」の交渉に IPCC がまとめた報告書が使われた。IPCC は UNFCCC における交渉で主要な情報源となっている(注 6-12)。1992 年 5 月「気候変動枠組条約」が採択され、翌月の地球サミットが各国の署名の場として使われた。大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることがこの条約の目的である。条約の中の原則として、締約国の共通だが差異のある責任に基づく気候系の保護、開発途上締約国等の国別事情の勘案、速やかかつ有効な予防措置の実施等がある。条約の中の約束(コミットメント)が 2 種類ある。先進国と途上国に共通なものと、先進国だけに課せられるものである。温室効果ガスの排出・吸収の目録作り、温暖化対策の国別計画の策定と実施などは共通だが、先進国に対してはさらに、温室効果ガス排出量を 1990 年代末までに 1990 年の水準に戻すことを目指していくこと、温室効果ガス排出量の 1990 年レベルへの回帰を目指した政策・措置の情報提供、途上国への資金や技術の支援が課せられている(注 6-13)。気候変動枠組条約締約国会議は毎年開催されている。

地球規模で進行する環境問題についての国際会議が地球サミットである。1989 年の国連総会で地球サミットの開催が決議された。1992 年、ブラジルのリオデジャネイロで「環境と開発に関する国連会議(UNCED)」は地球サミットと呼ばれた。ここに国連に加盟しているほぼ全ての国の代表が参加した。また産業団体、NGO、地方公共団体の参加もあった。このリオデジャネイロでの地球サミットで、「環境と開発に関するリオ宣言」と具体的な行動計画として「アジェンダ 21」が採択された。

リオ宣言は、前文と 27 の原則からなっている。前文でストックホルム宣言を再確認し、新しい公平な地球的規模のパートナーシップを構築する目標を掲げた。さらに、全ての者のための利益の尊重、地球規模の環境及び開発のシステムの一体性を保持する国際的合意に向けての作業、地球の不可分性や相互依存性の認識を謳い、第 1 原則から第 27 原則までを宣言している。この中で、人類が自然と調和しつつ健康で生産的な生活をおくる資格有することや、環境保護が開発過程の不可分の部分であること、持続可能な開発のための各国内の能力強化のための協力等を宣言している(注 6-14)。

リオ宣言の諸原則を実行するための具体的な行動計画として「アジェンダ 21」が採択された。4 部構成で全 40 章からなる。第 1 部「社会的・経済的側面」、第 2 部「開発資源の保全と管理」、第 3 部「NGO、地方政府など主たるグループの役割の強化」、第 4 部「財源・技術などの実施手段」となっている。環境関係については、大気保全、森林現象、砂漠化と干ばつの防止、脆弱な生態系の管理、生物の多様性等の問題について取り扱われている(注 6-15)。1993 年に、「アジェンダ 21」の実施状況監視など地球サミットの成果実現のためのフォローアップに当たる「持続可能な開発委員会」が設置された(産業環境管

理協会, 2002)。

気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)は、1997年、京都で開催された。COP3では、「京都議定書」を全会一致で採択した。「京都議定書」において、気候変動枠組条約の付属書Iの締約国(先進締約国)は、2008年から2012年までの間に、付属書Iの締約国全体の排出量を1990年比で少なくとも5%削減することを念頭において、個別に又は共同で、温室効果ガス的人為的排出量(二酸化炭素換算量)の合計が、定める数量的な排出抑制及び削減の約束に基づいて計算された割当量を超えないことを確保することが規定された。日本の温室効果ガスの削減量は6%と定められた。国際的に協調して、目標を達成するための仕組みが導入された。それらは、「排出量取引」、「共同実施」、「クリーン開発メカニズム」等の京都メカニズムと呼ばれる柔軟な仕組みである。また森林を吸収源として加えることも認めた(注6-16)。「排出量取引」は、他国の排出枠を購入し、自国の目標達成に利用できる仕組みであり、アメリカの強い要求を受けて取り入れられた。「共同実施」は、ある先進国が削減の容易な別の先進国で削減を達成した場合、その削減分を自国の削減目標に利用できる仕組みである。「クリーン開発メカニズム」は、ある先進国が発展途上国で削減を達成した場合、その削減分を自国の削減目標に利用できる仕組みである(岩淵, 2005)。

第3期の世界の動向は、地球環境問題に対し積極的に協調して解決していこうという姿勢が見られる。各国の利害が対立して、同一方向に進むことは容易なことではないが、痛みを伴う規制をしなければならないほど、環境問題は深刻な状況にあることを各国が理解し始めた。

## 6.2 20世紀環境史の特色

ここでは、20世紀の環境史を歴史的变化、地理的变化、環境システムの観点から取り上げる。これらの時間軸、空間軸の原点を足尾銅山に置いて、環境問題のさまざまな事象を検討していく。歴史的事象は原因と結果があり、それらは時間差がある。結果つまり影響を受けたものを検討することにより原因を浮かび上がらせる作業をする。

### 6.2.1 歴史的变化

足尾鉍毒問題について渡良瀬遊水地を作ることにより、一応の解決を図ろうということが、日本の産業革命期の末期に決定し、その作業がほぼ一世紀にわたって続いた。(表5-1)で示した終息は、発生する二酸化硫黄に対しての解決であった。その他の環境要因、植生を失った山肌や下流に流れていき未処理の汚泥の問題はまだ継続中であり、広い意味で(表5-1)の「対策」は継続中である。環境問題にとって真の終息には、かなりの時間がかかる。足尾問題の意義は、日本の産業革命期の鉍害問題で先駆的であったということである。他の鉍山でも、鉍害問題は起きた。また、水俣病、イタイイタイ病、四日市喘息等の公害も生じた。これらは、いずれも(表5-1)で示した「1.汚染源発生」「2.現象の認知」

「3. 反対運動」「4.現象の科学的解釈」「5.対策」「6.終息」を含む。ただ、(表 6-1)は、主要事件と対策としての法律制定を中心に編成した。

破局についての問題は、「環境システム」の箇所でも扱うが、環境問題で危惧されるのは限界を行き過ぎ、回復不能となることである。現在、人類が恐れているのは地球規模の破局であるが、小領域での破局は現実のものとなっていると考える。足尾を例にすれば、松木村をはじめいくつかの村落は行政的にも消滅した。製錬所近郊の植生は破壊された。これらの鉱害の影響が、東京にまで達するのを恐れて、渡良瀬遊水地を造成したと考える。これも破局の回避である。他の公害問題のそれぞれの領域で、破局が生じて犠牲者が出た。全体としての破局が進行しないように、技術あるいは法律等の社会的対策をたてた。1972年に足尾銅山が閉山となり、1989年に足尾製錬所が廃止されたが、植生や下流域の汚染の問題など環境についての影響は継続的である。

本研究では、足尾と Swansea 以外は概観するだけで詳細な検討をしていないが、小領域の鉱害問題の中にも地球環境問題を示唆する部分を含んでいる。空気の平均密度に比べて、密度の大きい二酸化硫黄は製錬所近くに滞留し、その領域に影響を与え、銅は川を下り影響を与えた。足尾の鉱害問題を閉じられた空間の問題として取り上げれば、根本的には地球全体の環境問題と同一の構造を持つ。小領域の環境問題は地球規模の環境問題を包含していると見ることもできる。最悪の場合該当地域の居住が不可能になりうる。しかし、地球環境問題は、そこから逃れることのできない有限の領域の問題であり、いっそう深刻である。

20世紀を環境問題の上で、1901年から1972年までを第1期、1973年から1988年までを第2期、1989年から2000年までを3期と分けをした。足尾銅山の活動期が第1期である。日本では公害が認知され、対策がたてられた。第2期の足尾では、銅山が閉山しても製錬所は操業していた。日本国内では、第1期の終期に環境庁が発足し、「公害」意識から「環境」意識へと変化していった。それ以降本格的に環境問題に対する対策が打ち出されていった。環境関係の法律も実情に合うものに改正されていった。

第2期の世界の動きとしては、環境関係で協調していくためのさまざまな条約等の取り組みがなされた。第3期は足尾の製錬所の廃止以降の時期である。足尾では付近の植生の問題や下流部の遊水地問題がのこった。日本国内では鉱害だけでなく広く公害として多くの人に関わる環境問題が国民の身近な問題として意識されるようになった。国際的には環境問題に対して協調して対処しようという動きが、20世紀後半に現れた。特にアルシュ・サミット以降、国際的な会議が開催され、協調して解決しようという意識は高まった。しかし、各国の利害対立による問題も存在した。

### 6.2.2 地理的变化

足尾銅山の鉱害を取り上げても、山元から川下へと鉱害の影響が見られる。足尾の鉱害

問題は日本の鉱害の先駆的な事件であった。その後、別子銅山、日立鉱山等で鉱害問題が発生する。(表 6-1)の第 1 期では鉱害に限らず、広く公害が日本の中に広まった。4 大公害病の例のとおり、川の流域や海域に、または空中を介して公害が広がった。これは一地域の問題ではなく、誰でもその被害者になりえるという意識を国民に与えた。国際的には、この期の末期に「成長の限界」が、発表され、環境問題における限界があることを示した。そこでソース(注 6-17)の有限性や排出物の吸収源シンク(注 6-18)の有限性が主張されて、種々の議論が生じた。資源問題の国際化は地球という天体の有限性を人々に思い知らせたが、その後の行動には国によって態度が違っていた。先進国と発展途上国、資源大国と資源小国という立場の違いがあった。

第 2 期では、環境問題に対してさまざまな領域の拡大が検討された。騒音、自動車排気ガス、湖沼の環境基準、水辺の自然生態系やオゾン層等の問題に及んだ。環境がいかにか多様であり、またそれらを慎重に保持していくことが人類の生活に必要なことなのかを意識した時期であった。

公害の影響を受ける空間を人間が認識することは難しい。この一例が CFC の問題である。この問題は、人類の科学技術に対する知識は、常に未熟であることを思い知らせた。しかしまた、危険を回避し正常な道を歩む能力も人間に残されていることを歴史は示した。CFC を製造中止にして、代替品を使用した。また、CFC に関する条約を結んで国際協力によりこの問題に対処した。

ここで、地理的変化について述べてきたが、地理的変化と歴史的変化は極めて密接な関係がある。足尾のような限られた地域の鉱害問題を例にすれば、鉱毒を除去する方法を用いることなく、銅の製造を続けていった結果、被害は時とともに拡大した。

第 3 期はこの流れを止めようとした時期であった。環境サミット、地球サミットをはじめ、いくつかの国際会議が開催された。有限なる地球の環境を悪化させないために協力して問題解決に当たる必要がある一方、各国の利害が対立する場合もある。それでも、人々は一致点を見出そうとした。国際会議において、いくつかの巧妙なからくりを用いて、採択された京都議定書の例もある。環境問題において、人々は地球の有限性の認識を持ったが、それについて国際政治の中でいかに兼ね合いをとるかという問題がある。

CFC を例にして、地球全体の環境問題に言及したが、銅については CFC のように地球全域に影響が現れるものではない。何も対策をしないで、銅製錬による被害が拡大していくことは確かであるが、地球規模というわけではない。銅の鉱害は限定的であり、地球全体から見れば不均一である。つまり銅資源国が製錬をやる場合に、その地域のみが鉱害の被害を受ける可能性が出てくる。これは資源に関する南北問題である。世界的な銅取引をしている点を取り上げれば、国際化であるが、資源国の多くは南の国であり、それを消費するのは北の先進国という図式である。地球全体に被害が現れない、世界全体が被害を受けないということは、ある意味では深刻なことである。一部の地域の被害は、先進国から

黙殺される恐れもある。それを補うのが、マスコミの報道や国際援助等であろう。

### 6.2.3 環境システム

地球がひとつのシステムとして考えなくてはならないほど、環境問題が深刻になったのが 20 世紀である。ここでは、環境に対する人間の意識の変化を足尾銅山との関連で取り上げる。

銅が地球から取り出され、人類社会の経済を通過して再び地球に戻る流れは(図 6-1)で示した。本論文では主として、(図 6-1)の中の「既知埋蔵量」から「加工済原料」への部分、つまり銅鉱石から銅への部分の一部を扱った。本論文は、環境問題について地球システムの一部だけを扱っている。

[挿入(図 6-1)]

(図 6-1)の「発見」の過程では、地中の埋蔵資源を見つけ、可採埋蔵量を増加させるために探査のための資本を費やす。「生産」の過程では、採掘、製錬、輸送の各資本を用いて地下からストック(注 6-19)を引き出し、銅製品を加工工場まで輸送する。その後、銅を用いた製品が製造され、利用された後、投棄される。その後、固形廃棄物として蓄積されるか、再生あるいはリサイクルされる。

メドウズほか(1992)によれば、この流れは、ソースとシンクの双方から制約を受けるといふ。銅資源は有限であり、製錬時の有害ガスも技術的に除去できるので、短期的にはソースによる制約が考えられる。しかし、何をもって有限とするかについては不明である。可採埋蔵量のうち、もっとも回収の確実性の高い確認埋蔵量(注 6-20)をその年の生産量で割った数字が可採年数である。メドウズほか(1992)では、1970 年のデータを用いて、銅の確認埋蔵量を  $3.08 \times 10^8$  トン、銅の可採年数を 31 年とした。さらに銅資源の使用量が幾何級数的に成長していることを考慮に入れれば、銅資源は 21 年しか供給できないとした。しかし実際に、2002 年の銅の確認埋蔵量は、 $4.8 \times 10^8$  トン、銅の生産量は  $1.34 \times 10^7$  トンなので銅の可採年数は 36 年となる(注 6-21)。また陸上の銅資源は  $1.6 \times 10^9$  トン、深海の銅ノジュール中の銅資源として  $7.0 \times 10^8$  トン存在すると推定されている(注 6-22)。確認埋蔵量は経済との関連があり、銅需要が高まり高価格になれば探鉱が盛んになる。その結果、確認埋蔵量も増える可能性もある。安達ほか(2001)による確認埋蔵量の今後のシミュレーションによると、2050 年付近で確認埋蔵量が  $8 \times 10^8$  トンを越えてピークになり、その後減少するという。このように銅資源が有限であるという意識を持っていても、確認埋蔵量及び可採年数の数値を把握する困難さがある。

メドウズほか(1992)は、「成長の限界」の発表から 20 年たち、銅の確認埋蔵量も増えた現実がある一方で、銅の品位を問題にした。品位が下がれば処理費用も増加する。原石中に含まれる利用可能な金属の割合が 1%以下にまで減少すると、1 トンの製品を生産するために採掘、粉碎、処理しなければならない岩石の量が、驚くべき速度で増える。モンタナ

州ビュートで生産された銅鉱石の平均品位が 30%から 0.5%にまで落ちた時、銅を 1 トン生産するのに出た鉱滓の量は、3 トンから 200 トンにまで増えている。鉱滓の増加はエネルギー量の増加と比例する。このように主張して、未来の銅の供給に不安材料を示した。将来のことは総合的に判断しなければならない。

環境への影響として、金属資源と廃棄物の関係がある。一般に消費者のもとで 1 トンの廃棄物が出ると、金属製品の製造の段階で 5 トン、最初の資源採取の段階で 20 トンの廃棄物が生じる(メドウズほか, 1992)。これらの数字は現在の技術による数字である。前の章で扱ったように、廃棄物は製錬の方法によって改善される可能性もあり、流動的である。また製品の利用寿命を長くすることも廃棄物を減らすのに効果がある。

また資源問題を考えるとき、リサイクルも重要なテーマである。特に銅はリサイクルプロセスで化学的性質または物理的性質が劣化または消失しない数少ない物質のひとつである。これを考慮すると、銅スクラップも世界の銅埋蔵量の一部とみなすことができる。銅資源は経済との連動性がある。経済の状況によっては、リサイクル投入率(注 6-23)をあげることもできるが、2004 年の世界のリサイクル投入率は 34.6%で、直前の数年と変わらない(注 6-24)。

シンクは一般的に、気圏及び水圏である。先進七カ国は 1970 年から 20 年の間、二酸化炭素と窒素酸化物の排出量はほぼ一定に保たれている。これは主にエネルギーの効率化による成果である。また同時期、硫黄酸化物の排出量は 40%削減されている。これはエネルギーの効率化と排出抑制技術による成果である(メドウズほか, 1992)。汚染対策に資金を出せる先進国で対策が進んでも資金力のないところでは、なかなか計画が進まない。東ヨーロッパや第三世界では対策が遅れている。また対策が困難な汚染物質として、核廃棄物、有害廃棄物、温室効果ガスがある。これらは化学的に収集、無害化が難しく、生理学的にも感覚による識別が困難であり、政治的にも規制しにくい(メドウズほか, 1992)。

ソースとシンクに限界があることに共通理解が得られても、限界の位置を示すことについては、各種の意見があり一致することは難しい。メドウズほか(1972)は、環境に廃棄物を排出しながら幾何級数的成長を遂げるような経済は、究極的な限界に到達するはるか以前に、環境にストレスを与え始めるという。メドウズほか(1992)は、徴候もしくは反応に遅れ(注 6-25)があり、限界が侵食(注 6-26)されないか、もしくは侵食された状態から素早く回復できるというモデル(図 6-2)が考えられるという。これを「行き過ぎ(注 6-27)と振動モデル」と名づける。行き過ぎと振動が可能なのは、環境が過剰ストレスを受けている間もシステムを維持でき、負担が軽減されたら素早く自己修復してもとの状態に戻る場合に限られる(メドウズほか, 1992)。森林や土壌はこの例である。

[挿入(図 6-2)]

もう一つのモデルは、徴候もしくは反応に遅れがあり、限界が侵食される場合である。これを「行き過ぎと破局モデル」(図 6-3)と名づける。銅鉱石の品位があるていど低下す

るまで採掘することはできる。しかし品位が一定レベル以下になると採掘費用が大幅に増加する。またストックにおいて、汚染水準があまりに高くなって自然の吸収機能自体が損なわれ汚染の蓄積速度にいつそう拍車がかかることがあるとしてこのモデルが作られた。このようにシステムに、しきい値があり、システムの行動は突然変化する。メドウズほか(1992)は、しきい値と侵食メカニズムを持つシステムは管理不可能で限界をゆっくり探りながら進まない限り、破局に至ると主張した。ソースの資源ストックの減少とシンクの汚染の増加が破局への可能性の要因としても、それらを定量的に検証しない限り結論は出せない。

[挿入(図 6-3)]

メドウズほか(1972)及びメドウズほか(1992)は「成長の限界」および「限界を超えて」の中で環境に対する検討をしているが、政治的、思想的に踏み込んだと思われる部分もある。メドウズほか(1972)の中の人口と食糧問題で「より多くの人間をとるべきか、一人当たりの食料を増やすべきか、というトレードオフは、絶対的な選択の問題になる」として二者択一を迫っている。これらの全体に流れているものは、成長の否定である。たとえばメドウズほか(1992)は、破局回避のために「人口と資本の成長を減速させ、最終的には成長を止める」と表現している。

メドウズほか(1972)は「資源有限」論にとらわれているため、「持続可能な開発」を前向きに提起できなかつたと岩淵(2005)は主張する。1987年にブルントラント委員会は「地球の未来を守るために」と題する報告書を発表した(環境と開発に関する世界委員会, 1987)。そこで、環境と開発は不可分であり、社会的にも環境保全上も持続的である新たな経済成長の時代を作り出すことを緒言でうたっている。メドウズほか(1972)による「成長の限界」は現状維持という先進国からの視点に立っているが、「地球の未来を守るために」は発展途上国からの視点が入っている。この報告書の序章に「人口の大半が貧しい国々において新たな経済成長の時代を作り出すことが不可欠だけでなく、これらの貧しい人々が新たな経済成長を支えるのに必要な資源の公平な配分が受けられるように保障される必要がある」とある。さらにこの報告書は、環境と開発の課題の中で、今までの失敗はこれらの問題を包括的に取り扱う機関がなかったことをあげている。さらに、環境破壊を伴う機関に対して環境保全を義務付けていなかったことをあげている。人口と食糧の問題でも「地球の未来を守るために」は「成長の限界」とは、認識が異なり「世界の穀物の生産の伸びは、常に世界の人口増加率を上回ってきた」と主張し、食糧が必要とされるところに行渡らなかつたという配分の問題を提起した。「地球の未来を守るために」の中では世界の農業の潜在的生産能力が主張されていた。このブルントラント委員会の報告書の趣旨が国際社会における潮流となった。その後1992年のリオデジャネイロ宣言の原則1で「人は、自然と調和しつつ健康で生産的な生活を営む権利を有する」とうたわれた。この点について、岩淵(2005)は「持続可能な開発」は「能力」から「権利」へと飛躍した



と論評した。

資源開発と環境の問題を解明するには多くの要素を吟味しなくてはならない。たとえ誤りであっても、モデルを提出して批判を浴びることは学術的発展の上で意義はある。また方法論上の進歩もあるので解決を目指して探求を続けることは意義がある。問題意識を持つこと自体が解決への一歩であると考ええる。

#### 6.2.4 20世紀における足尾鉍害問題

1986年、「環境と開発に関する世界委員会」(WCED)の開会式で、ジンバブエ天然資源・観光大臣の Chitepo は「歴史上名高い産業革命が一体何をもたらしたのか、その当時環境が考慮されなかったせいで、今や問題は深刻なものになり始めている。空は非常に広大で澄んでいたために何もかもその色を変えることができず、木々や天然の森林は非常に豊富に存在していたために消滅してしまうことはないと思われていた」と挨拶した(環境と開発に関する世界委員会, 1987)。

足尾銅山は操業を停止し、主として、外国の鉍山で銅の採掘が行われている。2005年現在、世界の銅の産出量の上位の国とその割合は、チリ(37%)、アメリカ(8%)、ペルー(7%)、オーストラリア(6%)、インドネシア(6%)、ロシア(4%)、中国(4%)、カナダ(4%)、ポーランド(4%)、カザフスタン(3%)、ザンビア(3%)、メキシコ(3%)である(注6-28)。上位12カ国で世界の銅産出の89%を占める。中でもチリは世界の銅の生産高はひととき大きい。また世界の銅の製錬の上位の国は、チリ、中国、日本、アメリカ、ロシア、ドイツと続く。この製錬上位の国の中で、銅の生産の上位12カ国に入っていない国は日本とドイツである。日本とドイツの製錬は粗鉍を扱うのではなく、精鉍を輸入して製錬するという特色がある。

先に示した Chitepo の挨拶は足尾銅山の鉍害問題を歴史上の事件として見てきたものにとっては奇異なものに写る。足尾銅山で経験した鉍害の教訓が現在操業中、あるいは今後操業される予定の外国の鉍山に活かされると考えるのは自然な流れであろう。技術的に鉍害発生を防ぐことができるのは、日本の経験から明白なことである。日本の産業革命時、政府は企業と一体となって経済発展という目標に向かった。そのために犠牲となるものが出てもやむをえないと考えた。それでも国会を舞台にして鉍害を巡る論戦が繰り広げられた。

現在の銅産出国は、産業革命期の日本の銅をめぐる問題より深刻な問題を抱えている。銅産出国は銅の買入れ国に比べて立場が弱く鉍害軽減のための行動に積極的ではない。日本国内に銅資源が存在していても、日本企業にとって、外国の安価な銅鉍石を手に入れるほうが得策である。日本の環境関係の法律に縛られることもなく操業できるのは、企業としてメリットがある。さらに銅産出国から精鉍を輸入することで、銅産出国は銅をもとにした付加価値の高い製品を製造するという産業を育成することができない。ペルーでも2007年現在、新規の銅開発の計画が進んでいるが、ほとんどは銅の精鉍生産を前提にして

いる。銅カソード(種板)生産を計画しているのは一部に過ぎない(注 6-29)という。このためペルーは銅の精鉱の供給国としての世界的な地位が固定化されてしまう恐れがある。ペルーに限らず、現在銅資源のある発展途上国は、かつての英国や日本のように、それを用いて各種の産業を興すことはきわめて難しい。いつになっても工業原料の供給地という地位に甘んじなければならない。日本のような先進国にとっては、鉱害を日本で起こすこともなく、弱い立場の原料供給地は大変便利な存在ということになる。産業革命は英国で発生し、遅れて日本も産業革命に成功したが、現在、鉱業原料の輸出が主な産業である国々は、世界の産業構造上、産業革命には程遠い。

鉱害問題が国際化したのが、実態は南北問題である。経済性それも一時的な経済性だけを考えて行動していけば、足尾のような結果になる。2005年現在、チリにおいて、銅山の鉱害防止や閉山技術についての日本の国際協力が JICA によって行われている(注 6-30)。日本で蓄積された銅山の鉱害防止技術や関連法制度の整備の経験はチリで役に立つであろう。しかし、チリ、ペルー等の銅資源国の鉱害対策は十分ではない。鉱害に関する国際協力は資源国ばかりでなく国際社会にとって有益なことである。

20世紀の環境の歴史を通して、産業革命期の鉱害、特に足尾銅山の鉱害の特性を知るために、20世紀初期足尾銅山の状況と20世紀末の発展途上国の銅産出国の様子を比較した(表 6-2)。主要な銅生産国のうちアメリカ、オーストラリア、ロシア、中国、カナダ以外は発展途上国である。これら先進5カ国の銅生産は、全体の26%である。銅をめぐる問題は、ある意味では南北問題であることは、これまでに記述したとおりである。20世紀末の時期は、電子製品等大幅な需要が生じている。そのため銅の生産高も大幅に伸びた。19世紀末期、世界の銅年間生産高が約20万トンであったが、20世紀末期にはその50倍を超えた。また、それだけの需要に応じられるだけの資源があったと見るべきであろう。しかし銅生産国が世界の一部の国々であることは、日英の産業革命時の状況と同様である。日英の鉱害について、別の章で検討してきた。現在操業中の国々の様子を十分に検討していないが、発展途上国のなかに鉱害の発生の報告がある。日本の産業革命時の鉱害と異なることは、技術の問題ではないということである。鉱害防止が技術的に可能でも、現実に鉱害が発生している。これには政治、経済、法律等の要素が考えられる。日本と異なる過疎地に日本と同じ基準を作る必要もない。問題の国に適切な法律が必要であろう。経済の問題は国際問題でもある。原料供給国の立場を押し付けられ、さらに鉱害防止まで要求されることは、発展途上国にとって負担が大きい。鉱害を地球全体の問題として考え負担を分け合うこともひとつの方法であろうが、これもやさしくはない。大気汚染等の全地球的な要素もあるが、鉱害の場合、地域が限定される場合が多い。これまで、チリの鉱山、ペルーの鉱山という表現をしてきたが、日本を含めた先進国の資本が途上国の鉱山に入っている。これもまた世界の経済の分業化を示す例である。

[挿入(表 6-2)]

今後の展望の中で明るい兆しがあるとするれば、現在「環境」の時代に入っているということである。また、マスコミの影響が国際的な支援を呼ぶ可能性があるということであろう。20世紀初期の足尾の時代も、マスコミは鉱害の実情を知らせた。20世紀末期は、より国際的になっている。明治の日本の産業革命期は「環境」の時代ではなかったが、困難な鉱害問題に立ち向かった人々がいた。現代なら国際世論の環境意識を追い風にして活動できる。環境保護は相互に利益を与えるものであることを理解することができれば、問題は解決に向かうと考える。

かつて公害を経験したものは、その歴史から公害がいかに非生産的で負担の大きいものであるかを学んだ。日本のはじめての環境白書に、いかに社会的費用が増加するかについての記述がある。環境汚染に関する社会的費用の構成要素として、健康に与える被害、農林漁業の被害、家計部門の被害、企業の公害防止の被害、政府の公害対策費(環境庁, 1972)をあげている。これらも含めて、環境と経済は両立するものと考えられる。

環境と歴史について取り扱ってきたが、歴史の循環性と漸進性に触れる。歴史は繰り返すという意味での循環性を英国と日本そして発展途上国の中に見出すことができる。経済活動の中で金属製錬を行い、利潤を上げることを目的にする以上、基本的構造は変わらない。しかし、まったく同じことが繰り返されることはない。それを進歩と呼ぶかどうかは別にして、歴史の漸進性は存在する。

### 6.3 まとめ

本研究から、以下のことが示唆された。

- a** . 20世紀の環境の歴史を、第1期(1901年~1972年)、第2期(1973年~1988年)、第3期(1989年~2000年)の3期に分類した。
- b** . 第1期は足尾銅山の操業期であった。古河オートクランプ法導入以降、二酸化硫黄排出はなくなったが、山野の荒廃は続いた。日本国内では、足尾ばかりではなく広く公害が発生し、それらに対応するための法整備がなされた。環境問題解決を目指した世界的な会議や「成長の限界」のような提言がなされた。
- c** . 第2期は足尾では製錬所だけの操業の時期だが、下流に鉱毒が流れて、被害を与えた事件もあった。日本国内では、前期末期から環境庁が活動を始めた。人々の意識も公害問題から環境問題へと変わっていった。世界的には、環境問題をテーマとするさまざまな国際会議が開かれた。
- d** . 第3期は足尾では製錬所も廃止されたが、周辺の緑化活動は継続中であった。下流の遊水地の整備が行われた。日本国内では、さまざまな環境問題に対応するため、法律の整備がなされた。国際的には初の環境サミット、地球サミット等が開催され、環境についての国際的な行動が必要とされる時期に入った。
- e** . 20世紀において、環境問題の拡大があった。地球の有限性という事実から環境問題

を地球規模に考える必要がでてきた。

- f** . 20 世紀環境史の中で、地球の環境問題をひとつのシステムと考える取り組みがでてきた。「成長の限界」モデルはそのひとつである。しかし、その後の現実社会における数値と異なっていること、あまりに単純化していることなどの欠点がある。
- g** . 20 世紀環境史における足尾銅山鉱害問題の意義は、現在発展途上国で生じている環境問題の要素を足尾銅山鉱害問題が含んでいるということである。

注(\*はインターネット・ホームページから引用)

6-1 「遊水地の生い立ち」

\*(<http://www1.odn.ne.jp/~aan53170/wtrs/part/part01.html>)

6-2 「鉱業の賠償(東北経済産業局)」

\*([http://www.tohoku.meti.meti.go.jp/shigen-nenryo/kogyo/01\\_03.htm](http://www.tohoku.meti.meti.go.jp/shigen-nenryo/kogyo/01_03.htm))

6-3 「水質汚濁防止法」

\*(<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&ecoword=%BF%E5%BC9%BB%DF%CB%A1>)

6-4 「足尾鉱毒事件」

\*(<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%B6%B3%E5%B0%BE%E9%89%B1%E6%AF%92%E4%BA%8B%E4%BB%B6>)

6-5 「セベソ事件」

\*(<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=1543>)

6-6 「IPCC」

\*(<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/index.html>)

6-7 「足尾銅山がもたらした煙害と現在への課題」

\*([www.ritsumei.ac.jp/~oshima/kougi/2001/siryokenkyu2001/mizutani.pdf](http://www.ritsumei.ac.jp/~oshima/kougi/2001/siryokenkyu2001/mizutani.pdf))

6-8 「渡良瀬遊水地」

\*(<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B8%A1%E8%89%AF%E7%80%AC%E9%81%8A%E6%B0%B4%E6%B1%A0>)

6-9 「環境基本法」

\*(<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%92%B0%E5%A2%83%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E6%B3%95>)

6-10 「循環型社会形成推進基本法」

\*(<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H12/H12HO110.html>)

6-11 「アルシュ・サミット」

\*([http://www.g7.utoronto.ca/japanese/japan\\_g8docs/15/index.htm](http://www.g7.utoronto.ca/japanese/japan_g8docs/15/index.htm))

6-12 「IPCC」

\*(<http://ja.wikipedia.org/wiki/IPCC>)

6-13 「気候変動枠組条約」

\*(<http://www.env.go.jp/earth/cop3/kaigi/kikou.html>)

6-14 「環境と開発に関するリオ宣言」

\*([http://www.env.go.jp/council/21kankyo-k/y210-02/ref\\_05\\_1.pdf](http://www.env.go.jp/council/21kankyo-k/y210-02/ref_05_1.pdf))

6-15 「アジェンダ 21」

\*(<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&ecoword=%A5%A2%A5%B8%A5%A7%A5%F3%A5%021>)

- 6-16 「京都議定書」  
\*([http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/kpeng\\_j.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/kpeng_j.pdf))
- 6-17 「ソース」  
供給源。システムが利用する原料及びエネルギーのフロー(ストックの変化の割合)の源。(メドウスほか(1992)より一部抜粋)
- 6-18 「シンク」  
吸収源。システムが利用する原料及びエネルギーのフローが最終的に行き着くところ。(メドウスほか(1992)より一部抜粋)
- 6-19 「ストック」  
原料、エネルギー、情報などの蓄積、あるいは貯え、水準、もしくは量。(メドウスほか(1992)より一部抜粋)
- 6-20 「確認埋蔵量」  
埋蔵量には **reserves** と **reserves base** があるが、本論文では **reserves** の数値を用いた。
- 6-21 「銅の可採年数」  
\*([http://www.lifecycle.jp/manualcoefficient\\_of\\_resources.pdf](http://www.lifecycle.jp/manualcoefficient_of_resources.pdf))
- 6-22 「COPPER」  
\*([minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/coppemcs06.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/coppemcs06.pdf))
- 6-23 「リサイクル投入率」  
再生原料投入量／新規生産量
- 6-24 「2004年のリサイクル投入率」  
\*([www.jogmec.go.jp/mric\\_web/kogyojoho/2007-11/MRv37n4-09.pdf](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/kogyojoho/2007-11/MRv37n4-09.pdf))
- 6-25 「遅れ」  
原因があってから結果が生じるまでのタイムラグ。(メドウスほか(1992)より一部抜粋)
- 6-26 「侵食」  
システムを支える資源基盤が減退し、自らさらなる減退を生むこと。(メドウスほか(1992)より一部抜粋)
- 6-27 「行き過ぎ」  
ねらった水準を超えること。ここでは環境の持続可能な収容力を超えることを意味する。(メドウスほか(1992)より一部抜粋)
- 6-28 「世界の銅の産出国」  
\*([www.jogmec.go.jp/mric\\_web/kogyojoho/2007-11/MRv37n4-09.pdf](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/kogyojoho/2007-11/MRv37n4-09.pdf))
- 6-29 「ペルーの銅山開発」  
\*([www.nexi.go.jp/service/sv\\_m-tokusyuu/sv\\_m\\_tokusyuu\\_0708-1.html](http://www.nexi.go.jp/service/sv_m-tokusyuu/sv_m_tokusyuu_0708-1.html))
- 6-30 「JICA」  
\*([kanto.env.go.jp/to\\_2005/0908a\\_8.html](http://kanto.env.go.jp/to_2005/0908a_8.html))

## 参考文献

- 安達毅、茂木源人、山富二郎、村上進亮、中山徹.2001.鉱物資源グローバルモデルの開発—銅供給の超長期シミュレーション—.資源と素材 117(12):931-939
- 秋山智英.1990.森よ、よみがえれ—足尾銅山の教訓と緑化作戦.農山漁村文化協会 143p
- 朝日新聞.1980年10月20日(夕刊).「放棄していた国有林補償」
- 猪俣二平.2006.私の足尾銅山製錬所—銅の世界史を見つめて—.(私家版) 31p
- 石川栄介,足尾の緑を育てる会(編).2001.よみがえれ、足尾の緑 植林ボランティアは挑戦する(一本の苗木に夢を託して-足尾の煙害と緑化事業の歴史-).随想舎 80p
- 岩淵孝.2005.環境問題再入門—解決をめざす人類の歩みに学ぶ.地歴社 254p
- 環境と開発に関する世界委員会(編)、環境庁国際環境問題研究会(訳)、大来佐武郎(監修).1987.地球の未来を守るために.福武書店 440p
- 環境庁(編).1972.環境白書(昭和47年版).大蔵省印刷局 448P
- 環境省(編).2001.環境白書(平成13年版).ぎょうせい 460p
- 環境省(編).2002.環境統計集(平成14年版).ぎょうせい 232p
- 環境省(編).2007.環境循環型社会白書(平成19年版).ぎょうせい 413p
- メドウス,.D.H, メドウス,.D.L, ラーンダズ,.J, ベアランズ三世,.W.W. 大来佐武郎(監訳).1972.成長の限界—ローマ・クラブ「人類の危機」レポート ダイヤモンド社 203p
- メドウス,.D.H, メドウス,.D.L, ラーンダズ,.J. 茅陽一(監訳).松橋隆治、村井昌子(訳) 1992.限界を超えて：生きるための選択 ダイヤモンド社 376p
- 村上安正. 2006. 足尾銅山史. 随想舎 654p
- 日本経営史研究所(編). 1976. 創業100年史. 古河鉱業株式会社 614p
- 産業環境管理協会(監修)、石井邦宜(編集).2002. 20世紀の日本環境史.産業環境管理協会.197p
- 菅井益郎. 1979a. 日本資本主義の公害問題(一). 社会科学研究 30(4):94-162
- 菅井益郎. 1979b. 日本資本主義の公害問題(二). 社会科学研究 30(6):75-150
- 東海林吉郎、菅井益郎. 1984. 通史足尾鉛毒事件1977～1984. 新曜社 307p
- 渡良瀬遊水地成立史編纂委員会. 2006. 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 476p

## 第7章 チリにおける銅鉱業と環境

### 7.1 はじめに

太古から人類は銅製錬を行ってきたが、そのために生じた鉱害も経験してきた。近世になり最初に産業革命が行われた英国においても、またその後産業革命を成し遂げた日本においても銅製錬に伴う鉱害を経験した。21世紀初頭の今日の銅鉱業における環境問題を明らかにするために、銅の産出高が第一位のチリを取り上げる。銅鉱業が環境にどのような影響を与えているのかを吟味し、それらの問題の構造を明らかにする。

これまで主として銅製錬と環境の問題について取り上げ考察してきた。チリでは精鉱の一部を輸出して、外国で製錬しているので、この章では鉱業と環境の問題を広く取り上げる。このように現在のチリの銅産業の環境問題を取り上げることは、現在の鉱業と環境の問題を考えるよい事例になると考えた。

### 7.2 自然環境

チリは南緯 18 度から南緯 56 度の南北 2500km にわたる。チリ北部は、砂漠～ステップ気候であり、チリ中央部は地中海～西岸海洋性気候である。また南端部はツンドラ気候地帯となる(注 7-1)。北部のアタカマ砂漠は冷涼海岸砂漠(注 7-2)のひとつである。チリの沖には寒流のフンボルト海流が流れており、大気も冷やされ上昇気流は起きにくく安定している。アタカマ砂漠は年間降水量 10mm 以下の乾燥地帯である。この地域に多くの銅鉱山が集中する。(図 7-1)に、銅の産出量上位 18 位までの鉱山の位置を示す。現実にはアタカマ砂漠で操業している鉱山はこの図に示すよりも多い。

[挿入(図 7-1)]

チリ北部の地質図を(図 7-2)に示す。堆積岩として先カンブリア界～下部古生界、中・上部古生界、中生界及び新生界第三系が分布する。火成岩として古生代貫入岩、中生代～新生代貫入岩、中生代前中期火山岩、中生代後期～新生代第三紀火山岩及び新生代第四紀火山岩が分布する(注 7-3)。

[挿入(図 7-2)]

チリ北部では南北系の走行断層がある。ひとつは海岸山脈の断層帯のアタカマ断層帯である。もうひとつはアタカマ断層帯とほぼ並行して東側にある西部断層帯である。鞠子(2008)は、この西部断層帯と斑岩銅鉱床(注 7-4)の空間的關係を紹介し、Collahuasi、Chiquicamata、Escondida、Salvador 等の世界的な巨大鉱床の例をあげた。

### 7.3 銅鉱業と環境

#### 7.3.1 総論

2005 年の世界の銅鉱石生産量は銅地金換算で  $1.5 \times 10^7$  t であった。以下銅鉱石の数値は



銅地金換算の数値を使う。同年の世界の銅鉱石生産量のうちチリのそれは、 $5.3 \times 10^6$ t で 36%を占めた。また、2006 年の世界の銅鉱石生産量は  $1.5 \times 10^7$ t で、チリのそれは  $5.4 \times 10^6$ t で 36%である。いずれも世界一の生産量であり、世界第二位の米国の 4 倍以上の生産量であった。また世界の銅鉱石の埋蔵量は、 $4.8 \times 10^8$ t である。このうちチリのそれは  $1.5 \times 10^8$ t であり、世界一位の数字を示す(鞠子, 2008)。

2007 年の世界の銅鉱石生産量は銅地金換算で  $1.544 \times 10^7$ t であった(注 7-5)。そのうち、チリの銅生産量は前年の  $5.361 \times 10^6$ t から 3.7%増加し、 $5.557 \times 10^6$ t となった(注 7-6)。このうち、銅精鉱(注 7-7)の生産は前年比 2.8%増の  $2.621 \times 10^6$ t、SX-EW 法(注 7-8)による電解銅の生産量は前年比 8.3%増の  $1.832 \times 10^6$ t、その他(粗銅(注 7-9)及び SX-EW 法以外の電解銅)が  $1.104 \times 10^6$ t であった。SX-EW 法の場合、リーチングが野積みで行われる(志賀, 2003)。この方法は乾燥地帯に限られるが、チリ北部の気候はこの条件に合致する。

### 7.3.2 銅鉱山

#### (1)概要

2006 年及び 2007 年のチリの主要鉱山の銅生産量を(表 7-1)(図 7-3)に示す。銅生産量が大幅に増加した Spence 鉱山は、2007 年に本格操業に入ったためである。また El Abra 等いくつかの鉱山で前年と比べて生産量が減少した。この原因は銅品位の低下、鉱石の硬質化による鉱石処理量の減少、鉱体の深部化による鉱石輸送時間の増加等である(注 7-6)。  
[挿入(表 7-1)(図 7-3)]

チリ北部では、鉱業や農業の生産の場でも、環境問題でも、水が重要な要素になっている。鉱山における水の使用は、使用する鉱石の種類によって使用箇所が異なる。硫化鉱を処理する場合は、ほとんど選鉱プラントで使用される。また酸化鉱を処理する場合、SX-EW プラントで使用される。硫化鉱の選鉱の場合は鉱石 1 トンあたり  $0.4 \sim 0.7 \text{m}^3$  の水が必要となる。また酸化鉱を処理する場合鉱石 1 トンあたり  $0.1 \sim 0.4 \text{m}^3$  の水が必要となる(注 7-1)。用途が異なっても多くの使用量を必要とする。

チリ北部の砂漠地帯で操業している鉱山にとって、鉱業用水の確保は重要である。チリ北部は乾燥した地帯で利用可能な水脈も乏しい。北部では水源を地下水に頼っている(平井(a))。同じ地域で活動している他の産業と水利権を分かち合う必要がある。この地域では鉱業以外に農業も行われている。第 I 州と第 II 州では、園芸、リヤマの飼育が行われている。また第 III 州では、園芸、マスカットブドウを使ったピスコ酒作り、山羊飼育が行われている(注 7-10)。これらの地方で、鉱業を行う場合、水利権の確保が難しい状況である。

各鉱山会社は、地下水を今後も継続して使うと、自然水脈の枯渇につながる恐れがあるため、継続使用は困難であると判断し始めており、環境への影響と最近の水利権の規制強化を考慮して、地下水の使用をできるだけ控えるように試みている(注 7-6)。

環境影響評価の段階で CONAMA(国家環境委員会)の技術委員会で審査を受けるととも

に、地域住民の声も無視できない。水問題は公共事業省水資源総局(DGA)の管轄である(注7-11)。水法典が改正され、ますます水の管理が厳しくなる。DGAは必ずしも鉱業を推進する行政部門でないことに注目する必要がある。

21世紀初頭のチリでは、火力発電と水力発電により電力を得ている。火力発電の主な燃料はアルゼンチンの天然ガスであるが、アルゼンチンは近年その供給をカットし始めた。そのため火力発電の燃料のうち天然ガスの比率が減り、重油、石炭の割合が増加した。そのことによって電力コストが高騰した。また使用される石炭は、発電時のCO<sub>2</sub>の排出が多い。そのため環境への負荷も大きくなる。鉱山活動の盛んな第I州、第II州には、チリ国民の6%しか住んでいない。そこで最も多く電力を消費するのは鉱山会社であり、消費電力の85%が鉱業に使われている(平井(b), 2008)。使用燃料の変化が地球環境に影響を与える。それを押し進めるのが、鉱業活動である。

廃棄物処理場の一例として、岩盤を掘りぬいてプール状にし、そこに発掘の際に発生した土砂などの廃棄物を埋め立てるようになっているものがある。こうした廃棄物には放射能などの有害物質が含まれることもある。このような場合、周辺地域への拡散が懸念される。処理場に貯まった雨水が安全に放水路を経由して放水されるのかも注意事項である。周辺で洪水が発生する際の安全性も考慮しなくてはならない。処理場からの廃棄物の漏れの程度、尾鉱の重さによる放水路の疲弊の可能性等についても懸念がある(注7-12)。

探鉱や開発プロジェクトのある地域で、地域社会が反対運動を行った例がある。農業用水の汚染を理由に農民が鉱業活動を反対したこともある(平井(b), 2008)。

これらは、計画の遅れや生産コストの上昇の要因となる。しかし事前に鉱害対策を十分にやらずに操業をすれば、莫大な社会的損失が生じる。このような例は鉱害の歴史の中で見出すことができる。

## (2)銅鉱山の事例

### (a)Escondida(第II州)

1996年にChuquicamataを抜いて世界最大の生産量の銅鉱山となった。銅精鉱(注7-13)はAntofagastaの南のColoso港まで170kmを懸濁液パイプラインで流送している(狩野他, 2002)。

2007年1月、第II州の州環境委員会(COREMA)にAtacama塩湖から1,027L/sの揚水計画を提出したが、5月に水資源総局(DGA)は生態系に影響を及ぼすとして用水量を削減するよう要請した(注7-1)。その後、Escondidaは第II州のColoso港に現在保有している海水脱塩プラントに加え1,000L/sの能力を持つ2番目の海水脱塩プラントを建設すると発表した。投資額は6億US\$に達する見込みである(平井(a), 2008)。

脱塩プラントで作る鉱山用水のコストは鉱山近くの水源から取水する水のコストとほぼ同じ(0.4~0.5US\$/m<sup>3</sup>)である。鉱山までの輸送コストを含めると、鉱山に最も近い水源

から取水する水の6倍近いコスト(2.4~2.5US\$/m<sup>3</sup>)になる(平井(b), 2008)という。

各鉱山会社は現在使用している地下水を今後も継続して使用することは困難であると判断し始めている。環境への影響と最近の水利権の規制強化を考慮して地下水の使用をできるだけ控えるように試みている(平井(a), 2008)。

#### (b) CODELCO Norte(第II州)(Chuquicamata, Radomiro Tomic)

Chuquicamata 鉱床はアタカマ砂漠の北端にあり、その存在は古くからインディオに知られていた。近代的な銅の採掘は、鉱床上部の高品位鉱脈を対象に1879年から行われ、1915年には露天掘りによる大規模採掘が始まった(佐藤, 1992)。

2004年現在、Chuquicamata のピットサイズは、南北4.5km, 東西2.7km, 深さ850mである。2013年には深さ1,100mに達し、露天採掘による深部採掘では採算性が著しく低下することになる。そこで、露天採掘とともに坑内採掘も同時に行なわれることになる。いくつかのジオテクニカルな問題が生じる可能性がある。大規模、深部露天採掘は、その下底で応力集中ゾーンが形成され、陥没の進行を急激に加速化する可能性がある。また応力集中による地震の発生と、地震に起因する大崩壊の恐れもある(注7-13)。鉱山内の技術的問題が周辺環境問題に発展する可能性もある。

#### (c) Collahuasi(第I州)

2007年にCONAMA(国家環境委員会)は鉱業用水揚水で周辺の湿地帯の水位が低下したとして、Collahuasi に対し、Coposa 塩湖からの取水量を1,000L/s から750 L/s に制限し、さらに2011年までに取水量を300 L/s まで減らすよう要請した。750 L/s はCollahuasi の必要水量の70%である。Collahuasi 鉱山は1041L/s の取水権を持っていたにもかかわらず、79百万\$を投じて300~500 L/s の水を採取し運搬しなければならなくなった(平井(a), 2008)。

#### (d) Los Pelambres(第IV州)

当時使われていた尾鉱ダムが2008年に満杯となるため、下流のMauro に1.7×10<sup>9</sup>t の容量を有するMauro 尾鉱ダムの建設を2004年から開始した(平井(a), 2008)。

この地域はPupio 溪谷という環境汚染のまったくない地帯の一部に属する。周辺には、果物農場などが存在する。溪谷の下流には、二つの都市型居住地、ロスビロス地区とピチアング地区がある。溪谷の水は農業用水や都市の飲料水として使用されている。尾鉱ダムの下には地下水脈があり、この地下水もまた農業用水、飲料水に使用されている。このことによる住民への健康への影響が懸念された。Pupio 溪谷に発生する地震に関しても尾鉱ダム建設に対して考慮しなければならない要因であった(注7-12)。

Mauro 尾鉱ダムは2007年末時点で99%完成した。これによって2047年までの操業が可能となった。投資額は534百万US\$であった。Mauro 尾鉱ダム建設においては、地元農民が起こした訴訟の結果、Santiago 高等裁判所で建設許可無効の判決が出された。建設を許可した政府とLos Pelambres 鉱山は最高裁に上訴し、審議中であったが、2008年5月

に親会社である **Antofagasta Minerals** 社が地元農民と和解した(平井(a), 2008)。

以前の尾鉱ダムに関する事故があった。2007年8月に尾鉱ダムへの揚水ポンプが破裂した。その結果、22時間半にわたり硫酸塩、モリブデンを含んだ鉱山廃水が **Cancumen** 川に流出した。この件について **CONAMA**(国家環境委員会)の調査を受けたが、事故発生後 **Los Pelambres** 鉱山から環境委員会への報告までの時間が長かったため批判を受けることとなった(注7-6)。

#### (e) **Andina**(第V州)

2007年4月にサンティアゴ市の高等裁判所が **Aconcagua** 川監視評議会の工事差止め請求に基づいて、**Andina** 鉱山に命令を下した。その命令は **Andina** 鉱山と **Los Bronces** 鉱山を結ぶ工業用水路の建設工事を中止するものであった。**Andina** 鉱山を経営する **CODELCO** の説明によれば、裁判所の命令は **Andina** 鉱山の生産に影響しないが、第一次増産計画に影響するという。**CODELCO** と地元農民との間の問題は、水利権と環境保全に係る問題である。**CODELCO** は現在の水利権以上の水量を使用する計画を建てていると、地元農民代表の弁護士団は主張した(注7-6)。

#### (f) **Cerro Colorado**(第I州)

2005年4月4日付けの地元紙によれば、第I州 **Iquique** 周辺の **Lagunillas Panpas** 沼が干上がり、第I州の州環境委員会 (**COREMA**) が調査を開始した。**Lagunillas Panpas** 沼周辺で **BHP Billiton** 社の **Cerro Colorado** 鉱山による毎秒 300L/s 鉱山揚水取得が許可されていた。水道局が現地を訪れた際に、完全に干上がった沼を確認した(注7-14)。この状態について、**COREMA** は **Cerro Colorado** 鉱山の採水によるものと判断した。**COREMA** は2006年2月、**Cerro Colorado** 鉱山に対し 89,000US\$ の罰金を科した。その後、**Cerro Colorado** 鉱山は2006年7月に70百万US\$を投じて **Coposa** 塩湖の北方で揚水井戸を掘削する予定で、300-500L/s を確保すると発表した(注7-1)。

#### (g) **Pascua Lama**(第III州)

ここで、金の採取が主であるが、銅の採取を伴う鉱山の例を取り上げる。この鉱山による環境問題は、多くの要素の複合からなる。問題として、氷河の除去、農業用水の枯渇と汚染、酸性水が含まれる。またこの鉱床はチリ第III州とアルゼンチンの **San Juan** 州に跨る。

カナダの鉱山会社 **Barrick Gold** は、チリ・アルゼンチン国境で発見された金、銀鉱床である **Pascua Lama** 鉱床の開発を2006年から行おうとした。しかし、開発区域内にある氷河の除去もしくは移動をめぐる、チリ側流域の地域住民から農業用水の枯渇と汚染の懸念から反対運動が起こった。その後、環境保護団体も反対運動に加わり、世論を巻き込んだ運動に発展した。最終的にチリ政府環境当局の条件付裁定が下りた。その条件とは、開発に当たり氷河に影響を与えないこと、灌漑用水の確保をすることなどであった。2004年時点での資源量は金量 16.9 百万 oz, 銀量 635 百万 oz, 銅量 250 千 t である。鉱山予定地

のチリ側の下流にある Huasco 溪谷の農民は、氷河が壊され、灌漑用に利用している氷河融水の枯渇及び工業活動による生活用水の汚染を懸念して反対運動を始めた。また、チリ水文局の技術者 Escobar から、3つの氷河の破壊、縮小及び近隣の小氷河の消滅の恐れがあるという論文も出た。2000年に Barrick Gold から COREMA(第Ⅲ州の州環境委員会)へ最初の環境影響調査が提出された。この内容は開発によって生じる環境影響の調査、緩和対策であった。その後、諮問があり、さらに Barrick Gold からの回答があった。さらに COREMA から環境影響調査に対する質問・要請を取りまとめた報告書が作成された。2006年、COREMA は Barrick Gold から提出された Pascua Lama 計画の修正案を条件付で承認した。それらの条件には、氷河への物理的影響の禁止、チリ国内の鉱山廃水処理基準の遵守、計画の全工程における水モニタリングの実施、汚染発生に対する完全な対応等が含まれていた。COREMA の承認に対して、Huasco 溪谷の地域住民や環境保護団体等は CONAMA(国家環境委員会)に対し異議申し立てをした。その異議とは、COREMA の裁定が技術的な根拠に基づくものではなく政治的な理由によるものというものである。しかし2006年 CONAMA は最終的にこの計画を認可した(中山, 2007)。

Barrick Gold は企業倫理に基づく社会的責任の一環として地域社会への貢献をしてきた。職業訓練集会、奨学金、灌漑管理、灌漑ダム建設、水質汚染防止のモニタリング設備等に出資した。チリでの企業の社会的責任の行動は、最近の動きである。

#### (h) SSM(小規模銅鉱山)

SSM(小規模銅鉱山)はチリの経済上の位置は低くても、設備の不十分さ等から環境に与える影響は大きいのでここで取り上げる。

チリの SSM(小規模銅鉱山)のかつての定義は、1日あたりの鉱石の採取量が200トン未満の鉱山のことであった。最近、チリ鉱山省地質鉱山局は、1年あたり契約された労働者数が80人未満の鉱山を SSM とする分類基準を設けた。2000年のチリの銅の全生産高は4,617,885tであった。このうち SSM の生産高は44,603tであり、全体の0.97%である。同様に、チリの他の金属生産高のうち SSM が占める割合は、銀で1.1%、金で6.5%である。SSM の全就業人数は約1,700人と推定されている。これは鉱山労働者の約5.1%である。SSM の生産高に比べれば、就業人数は大きい数字である。また SSM の生産高が相対的に小さいといっても、20世紀はじめの5年間の足尾の年平均の銅生産量の6,600tに比べれば大きい数字である。大企業は近代的な設備を利用して環境対策をしても、SSM が用いる設備は貧弱なものが多く十分に環境問題に対応しきれない。SSM による環境への影響として、河川や地下水や土壌への汚染、残滓処理、尾鉱ダム等が問題になっている(Castro and Sanchez, 2003)。チリ経済への寄与という点で SSM の比重が低くても、環境問題を考える上で SSM は重要な要素である。小規模であるために経済的に不利になり、それが環境対策を遅らせることになっている。

### 7.3.3 銅製錬所

#### (1)概要

多くの製錬所が内陸部にある。製錬所の所有者はチリの政府系企業と外資系企業に分かれる。チリの政府系企業として CODELCO と ENAMI がある(表 7-2) (表 7-3) (図 7-4)。

[挿入(表 7-2) (表 7-3) (図 7-4)]

CODELCO はチリの政府系企業である。チリは 1971 年銅山国有化法を通過させ Chuquicamata 等の株式の 51%を取得し、残りも数年かけて買い入れた。CODELCO はこれらの鉱山を受け継いだ(志賀, 2003)。

ENAMI は中小鉱業振興を目的とした国営公社である。CODELCO のように鉱山操業を直接行う機能はないが、複数の鉱山の株式の一部を所有している(注 7-3)。

CODELCO は Chuquicamata, Potrerillos, Caletones, Ventanas の 4 製錬所を所有している。また ENAMI は Paipote を所有している。なお Ventanas は 2001 年まで ENAMI が所有していたが、その後 CODELCO に売却された。外資系企業が所有する製錬所は Altonorte と Chagres である。製錬所によって銅回収率については大きな差がないが、二酸化硫黄の放出量に違いがある。Ventanas を除いた CODELCO が所有する製錬所から二酸化硫黄の放出量が多い。精鉱処理量が製錬所によって異なるので 10<sup>5</sup>t あたりの二酸化硫黄の放出量で比べた。この値も CODELCO が所有する製錬所の値が大きい。CODELCO の製錬所は ENAMI ほか他社製錬所に比べて環境への負荷が大きい。これは技術的な遅れが原因であるが、それを許容する体質に問題がある。CODELCO の製錬所は精鉱処理量も多く、環境に与える影響は大きい。

一方、ENAMI は Ventanas と Paipote で 1996 年から 1998 年の間に環境対策を伴う設備改善を行った。そのひとつの例は Teniente 炉(注 7-15)への精鉱供給をそれまで炉上部から投入していた。それを炉内の溶解したマット中へ乾燥させた精鉱を酸素とともに吹き込む方法にした。このことにより粒子状物質の削減となり、効率と環境面に大きな改善効果をもたらした。1997 年に Ventanas で 1 トン製錬するコストは 80US\$を超えていたが、2002 年には 60US\$となった。技術の改善が、経済的にも環境的にも貢献した例である(上木, 2003)。

チリの製錬所のうち自溶炉(注 7-16)を有するのは Chuquicamata と Chagres だけで、その他はほとんど Teniente 炉で溶錬を行っている。Altonorte だけは Noranda 炉(注 7-17)を採用している。チリでは従来、反射炉(注 7-18)が主流であったが、二酸化硫黄の捕集が難しく、2002 年を最後に使用されなくなった。

1992 年以降の環境規制により、製錬所から排出される二酸化硫黄、粉塵、砒素の削減計画が段階的に強化されてきている。二酸化硫黄の回収に伴い、その過程で新たに大量の煙灰が発生してきている。敷地内に野積みされたものが飛散して周辺住民へ影響を与えることが懸念される。煙灰には砒素等の有害物質及び銅、鉛、亜鉛等の有価金属も含まれてい

る。現段階では、煙灰を安全で低価格で無害化し、有価金属を回収する技術を開発中であり、日本の技術協力も行われた(注 7-19)。

## (2) 製錬所の事例

### (a) Chuquicamata

山元の社員住宅の Calama 市への移転計画は遅れていた。予定通り 2002 年内に移転していれば、2003 年にその土地の砒素等の環境規制値は工業地に関する規制の適用となった。ところが移転完了見通しは 2004 年中頃となった。そのためこの土地は住宅地の規制が適用されることになった。このため CODELCO は CONAMA(国家環境委員会)に対して環境規制の見直しを申請した。この動きに対して SONAMI(チリ鉱業協会)は、それを認めることはダブルスタンダードであるとして非難した(上木, 2003)。

### (b) Altonorte

チリ北部で、水が企業活動する上でも重要な要素となっている。またそのために環境への影響も大きい。水問題を技術力によって改善した例をここにあげる。Altonorte 製錬所は取扱量を拡大するとともに、工業用水の新しい処理方式、輸送方式を実現した。それは工業用水を海岸部から内陸へ 40km 供給するものである。Altonorte 製錬所と海岸部との高度差は 600m である。2002 年 4 月、海岸部にある Antofagasta の排水処理施設から乾燥地帯にある Altonorte 製錬所へ送水された。Antofagasta の排水処理施設では、その地域の下水を使用する。一部を海に排出し、一部の高品質にした処理水を灌漑用、工業用に使用している。この種の試みはチリで初めてのことであった。排水処理が経済及び環境に貢献することになった(注 7-20)。

### (c) Cagres

2003 年 3 月の新聞報道によれば、34 百万 US\$ の投資をして、地金の生産能力を 13.5 万 t/y から 15 万 t/y、さらに 17 万 t/y に拡張し、排煙処理設備を強化する計画があった。2002 年 10 月には、第 V 州の COREMA(州環境委員会)に提出していた環境影響評価書の承認を受けている(上木, 2003)。

### (d) Caletones

2000 年 4 月 13 日 Caletones から出た 7,500 t に及ぶ砒素廃棄物の不法貯蔵で約 250 万ペソ(約 5 万 US\$)の罰金が掛けられた(上木, 2003)。2001 年 3 月 26 日、第 2 脱硫プラントを竣工したが仕様どおり動いていない旨の報道があった。そこで請負作業員 11 名が砒素中毒にかかった(上木, 2003)。2001 年 9 月、Caletones の所有企業である CODELCO-El Teniente は、環境委員会、農業・畜産局、厚生局と環境対策に係る覚書を交わした(狩野他, 2002)。2001 年 8 月 17 日、14m<sup>3</sup>、26t の硫酸が Cachapoal 川の支流 Coya 川に流出した。硫酸貯蔵システムの補助タンクを操作するバルブの不調が原因であった。事故当時、河川水量は豊富(300m<sup>3</sup>/分)で流入した硫酸は急速に希釈された。翌日の水質測定の結果は通常

通りを示した(上木, 2003)。

## 7.4 銅鉱業と社会

### 7.4.1 行政、法律

チリは 19 世紀半ばから採掘をしているが、チリが環境問題に行政、立法の本格的な取り組みを始めたのは 20 世紀末期であった。SERNAGEOMIN(地質鉱山局)は、主に中小企業の地質、鉱山問題解決を援助するために 1980 年に設立された。その地域事務所は第 I 州から第 V 州、及び第 VIII 州に存在する。この機関は鉱山探査、環境地質等を扱う。そこに鉱山所有権、安全操業、環境保護、資源保護の問題が含まれる。1992 年に環境管理庁は鉱山、設備、尾鉱ダム、残留物の廃棄システムについて安全管理をしようとして SERNAGEOMIN にそれらについての監督権限を与えた。同年、CONAMA(国家環境委員会)に環境影響評価を審議するという仕事を与えられた(Castro and Sanchez, 2003)。

環境関係法の中で現状に合わせて法律を改正した例として水法典をあげる。チリの水資源管理は、1981 年に制定された水法典に基づき、公共事業省水資源総局が管轄している。水法典によると、水利権所有者は無料かつ無制限に水を使用することができたが、2006 年 1 月から施行された改正法では、従来なかった水量制限が設けられ、企業は使用する水量の正当な技術的根拠を求められるようになった。このためアタカマ砂漠のような水資源に乏しい北部での適切な使用は当然地域の収支バランスから決定されることになり、鉱山で必要とする用水を確保できない場合が出てくることになった(注 7-1)。

また、修正点の中でも最も重要な導入規則は水利権を使用しない場合における罰金の徴収であり、これは SONAMI(中小主体の鉱業組合)、Consejo Minero(鉱業審議会：大規模鉱山企業 17 社)、チリ導水連盟、農業組合のいくつかの支部により強い批判の声が上がっている(狩野他, 2002)。乏しい水を、鉱業、農業で分け合わなければならない現状に合わせて法律が改正された。鉱山関係者にとって厳しいこの法律は、水資源の管轄が公共事業省であることと関係しているように思われる。

チリ政府の環境関係の取り組みは 1992 年以降の法律整備とともに本格化した。1992 年に SERNAGEOMIN、CONAMA に環境関係の重要な役割を担わせる以外に、同年、チリ全土に二酸化硫黄、粉塵及び砒素の大気排出が規制され、また産業排水の中和・浄化規則が施行された(上木, 2003)。その後、環境関係の法律が 21 世紀初頭にかけて整備されつつある(表 7-4)。

[挿入(表 7-4) ]

鉱山が休山、閉山しても環境問題は残る。廃坑から流れる酸性鉱山排水水質汚染や土壌汚染は付近の住民や生物だけでなく下流にまで影響を与える。廃滓堆積場の崩壊により河川や海洋の水質汚染問題が起きる。鉱山や廃滓堆積場からの粉塵により農作物や住民への被害も生じる。鉱山業者にとって積極的に処理に動き出さない問題であるが、地域住民、



生物にとって重大な環境問題である。

この問題を解決するために 2000 年にチリ銅委員会が閉山法案を取りまとめて鉱業省へ提出した。その後、同省で長く保留されている。閉山法制定に関する議論が国会で行われる予定はあったが、チリ政府と鉱山業界との調整に時間がかかり、2008 年現在、閉山法は制定されていない(注 7-6)。これは、チリの鉱害関係の法制度が不完全である一例である。

#### 7.4.2 国際関係

産業革命時に一国だけで銅鉱石採掘から製錬までを行っていた時代と異なり、銅の浸出を利用する湿式製錬では、大量の硫酸が消費される。そのため原料となる酸化鉱に加え、硫酸の供給が整っていることが必要である。チリでは、1990 年に乾式製錬で併産された硫酸は 90 万トンであったが、1998 年にはこれが 290 万トンに増加している。このことは、チリで 1994 年に制定された環境基本法の影響である。チリの乾式銅製錬所における硫酸の硫酸への固定率(脱硫酸率)は 1990 年の 32%から 1998 年の 81%へと大幅に向上したと推測される。チリでは湿式製錬に必要な硫酸をすべて国内でまかなえないので、日本などから年間消費量の 12%に相当する 40 万トンの硫酸を輸入している。またチリ国内における銅の需要は小さいため生産された乾式・湿式銅の 90%がアジア、アメリカ地域を中心に輸出されている(成田他, 2001)。このように銅に関する環境問題も一国だけでなく国際的なつながりの中で検討される必要がある。

鉱山閉山後の鉱害防止の監督機関である SERNAGEOMIN では鉱害調査技術、環境対策計画の策定・モニタリング技術、休廃止鉱山データベースの整備技術が不足している。2000 年にチリ政府は日本に鉱害防止指導体制強化についての技術協力を日本に求めてきた。これを受けて JICA は 2001 年に短期調査を行った後、2002 年から 5 年間にわたり技術協力した。この計画の目標は稼動鉱山及び休廃止鉱山の実態を把握することである。このために、環境への影響を含む休廃止鉱山の情報をデータベースとして整備する必要がある。また閉山を含む鉱業による環境被害を最小限にし、かつモニタリングしなければならない。その計画の評価力を SERNAGEOMIN が保有することも目標の一つである(注 7-21)。

2007 年のチリの最大の銅輸出相手国は中国(113.2 万 t)で、日本(73.6 万 t)、韓国(42.7 万 t)、米国(42.4 万 t)、インド(36.2 万 t)の順となっている。2002 年までは日本がチリの最大の銅輸出相手国であったが、2003 年以降中国が最大の銅輸出相手国となった。形態別では銅地金の最大の輸出相手国は中国(57.3 万 t)で、イタリア(35.2 万 t)、米国(32.7 万 t)、フランス(27.4 万 t)の順になる。精鉱の最大の輸出相手国は日本(66.7 万 t)で以下、中国(50.4 万 t)、インド(35.7 万 t)、韓国(17.5 万 t)の順となっている。銅地金は主に中国及び欧米諸国へ、銅精鉱は主にアジア諸国へ輸出されたことになる(注 7-6)。

米国との FTA(自由貿易協定)で交渉で、米国側から環境対策を怠ったダンピングである

と非難された経緯もあった。両国の FTA 交渉は 2002 年に合意に達し、米国の銅地金関税の 1%は完全撤廃された(上木, 2003)。

チリの国際経済上の位置を国際競争力の視点に立って眺めると次のようになる。設備稼働率、銅回収率、二酸化硫黄回収率はともに世界平均あるいはそれ以上になっている。生産性は世界平均を上回るが、日本や西欧と比べるとかなりの低率である。労働コストは世界の中間水準で日本の 3 分の 1 にあたる。電力費は日本のほぼ半分の水準である。世界最大の銅資源を有していることは最大の利点である。しかし銅地金市場に遠隔の地にあることは不利な点である。国際経済上のチリの特異性を考えれば、国際経済の中で経済発展を目指すしなければならないことになる(上木, 2003)。

チリの 7 製錬所の所有者のうち、Anglo American と Noranda は非鉄金属メジャーと呼ばれる多国籍企業である。Anglo American は London に本社を置き、アフリカや南北アメリカの十数カ国において金、白金、銅、鉛、亜鉛、ニッケルの鉱物資源開発をしている。Noranda は Toronto に本社を置き南北アメリカを中心に金、銅、鉛、亜鉛、ニッケルの鉱物資源開発をしている。今日の世界の鉱物資源の需給構造は、一般に発展途上国が鉱物資源を採掘し、先進国がそれを輸入して加工するという「南北分業」の構図が明瞭である。発展途上国は先進国への資源の供給基地としての役割から逃れられない(志賀, 2003)。

チリは自らの手で鉱物資源開発をすることができるようになった一部の成功例の国である。アジェンデ政権はアメリカ系資産を国有化したが、その後アメリカから経済援助停止や銅価格操作などの対抗策をとられた。1973 年のクーデターで発足したピノチェト政権は、それまでの政策を改めた。完全国有化以外のプロジェクトでは、外国民間資本の活動規制を極力排除して外資企業の資本と技術の活用を積極的に求める方向に政策転換した(志賀, 2003)。

チリは自らの手で地下資源を開発することはできても、国際経済の中で原料輸出依存経済から抜け出すことが困難な状況にある。日本はこれとは逆の立場にいる。日本の銅の自給率は 1963 年で 30.5%であった。ところが 1999 年には 0.1%となっている(志賀, 2003)。現在の日本は、経済的に有利な銅鉱山を自国に持たない。日本では、外国から主に銅鉱石、銅精鉱を輸入し、自国で精錬し加工するという産業構造になっている。他国との共存の経済が問題なのではない。一方が優位に立ち、他方がそれに甘んじなければならない経済構造が問題である。

今日までの貿易制度、特に先進国の産業保護措置が発展途上国から技術向上の機会を奪い、発展途上国の多様化や工業化に対する障壁になってきた。21 世紀初頭においても、先進国及び先進国資本による発展途上国の鉱物資源支配は依然として続いている(志賀, 2003)。

## 7.5 考察

銅の産出高が世界一のチリで、鉱業と環境の問題が現在も進行中であることを見てきた。ここでチリの銅鉱業を例にして環境問題特有の構造を探っていく。環境問題に解決に対して、単一の方法で対処することはできない。環境問題は自然科学以外の地理、歴史、法律、政治、経済、国際関係等のさまざまな分野にまたがる。我々は産業革命時の鉱害から産業と環境との問題点とその解決への方向性を見てきた。しかし 21 世紀初頭においても環境問題は存在し、我々は解決を模索している状態である。

環境の現状を把握することが鉱害認識の第一歩である。科学的な測定データをもとに対策がたてられなければならない。資料収集にはそれなりの経済力と知識が必要とされる。これを実施するには一定の組織の力が必要である。国家が鉱害に対する場合、環境評価を測定する組織があるかどうか重要である。

チリでは、CONAMA(国家環境委員会)に環境影響の評価の仕事が与えられている。Pascua Lama 鉱床の開発の例にあるとおり、CONAMA 及び COREMA(州環境委員会)の承認が純粋に技術的根拠に基づくものかどうか疑問を持たれた例もある。厳密な中立的評価は困難と考えられるが、環境影響の認識をするにあたって公平中立な評価が期待される。測定データをもとに判断するのは人間であり、問題となっている地域の開発計画を推進しようとするのも人間である。望ましい社会を国民が描き、政府が方針を定め、その延長上に環境評価がある。環境アセスメントが実施されることにより、鉱山や製錬所の計画から操業までの間に、時間がかかることもある。しかし、このことは国民生活にとって必要なことである。また長期的に見れば環境アセスメントは企業にとっても経済的に有利なことである。我々は企業をもたらした鉱害によって多くの社会的損失を見てきた。それは企業自身にとっても重大な損失であったことを歴史から学んでいる。

該当地区の地理的な特色は環境問題に新しい対応を必要とする。チリ北部の砂漠地帯の採掘、製錬で、水の確保は重要な要素である。チリ北部では鉱業に限らず、生活のうえで水の確保が重要である。チリにおける水資源管理は、公共事業省水資源総局(DGA)が管轄している。この機関が鉱業推進の機関でないことが肝要である。チリ北部は水資源が乏しく、水資源保護区やラムサール条約登録湿地になっているところもある(注 7-1)。また第Ⅱ州から第Ⅲ州にかけてのアタカマ地方のように農業用水の確保の問題もある。チリ政府は、水資源を鉱業のためだけに使用することはしなかった。水資源の乏しい北部で鉱業用水を豊富に使用することが難しくなった。これを可能にしたのは水法典の改正を含めて国家体制の裏づけがあったからである。もしこのような体制でなければ、鉱業による水の使用に制限がかからなかった。鉱業による水の使用で何らかの影響が出ても、その影響の認定すら困難になった。

気候もこの地域の鉱業に特色を与えた。チリ北部の乾燥気候が有利に働いた製錬法が SX-EW 法である。またこの方法で、低品位の鉱石を使えるのも、チリの鉱業にとって有利である。

チリ経済においては小さな存在であるが、環境問題としては大きい例として SSM(小規模鉱山)の環境問題がある。銅の生産高の大きい鉱山または製錬所ほど環境への負荷が大きいとは限らない。二酸化硫黄の排出を例にしても、高度な設備を備えている企業ほど排出量は小さい。大企業の中でも違いがあるが、SSM(小規模鉱山)の設備は大企業に比べて貧弱であり、環境への負荷は大きい。SSM 全体の生産高は少ないが、環境への影響という点で無視できない。ある企業が環境に与える影響力は、その企業の所有する設備ひとつあたりの負荷(例えば排出される二酸化硫黄)と施設の数積になる。環境問題を考えるとき、設備ひとつあたりの能力だけで影響を押し量れない。ただチリの環境に対する法的規定は大企業も SSM も差がない。その規定が守られていても、規定は環境に対する最低限の条件であり、環境に対する負荷は別に考えなくてはならない。

歴史的事実として鉱害を認めていても、鉱害をまったく発生させないようにすることはできない。時代が違うだけで、状況が違う。人々はこれから起きるであろう現象のすべてを予測することはできない。自然及び社会は多くの要素から成り立っているため、同じ解決策を講じることはできない。歴史的にまったく同じ事象は生じない。歴史から鉱害問題を学びそれを活かそうとするなら、鉱害問題の構造的なものであろう。技術が変わり、社会体制が変化しても人間と環境の間の構造を学べばそれを未来に活かすことができる。歴史上の変化は順調な発展でもない。歴史の進展は必ずしも進歩を意味するものではない。環境を改善する方向に歴史を進めようとするれば、科学技術、政治、経済、法律、国際関係、人々の意識等の要素を含んだシステムを必要とする。

チリの鉱業の歴史は古いが、環境関係の法律の整備は遅れた。21 世紀初頭において、まだ完全に整備されてはいない。このことは、生産第一に考えて鉱害について注意を払ってこなかったと見ることもできる。また人口過疎地域で鉱害について声を上げる勢力が弱かったと見ることもできる。それが、その後法整備が進んだのは、政府が労働者とその家族の生活状態を改善することにより鉱業の持続的な発展を促進しようとしたと考えることもできる。

自国の環境関係の整備も国際的な問題とも関係する。環境対策をしないで鉱業生産することはダンピングであると米国から指摘され、チリは自国の環境問題に取り組んだのも事実である。国際的な圧力が国内の環境政策に影響した例である。グローバリゼーションは経済問題だけでなく環境問題全般に及んでいる。一国だけの利益で行動することは許される状況にない。既に産業革命は終了し、先進国と発展途上国の差は明確になっていた。発展途上国が技術革新によって工業化を進めても、現在の先進国の位置に達することは難しい。既に一世紀前の世界経済の構造とは異なっている。世界分業の傾向が強まっている。銅産出国が精鉱まで生産し、先進国が精錬する場合、銅生産国は先進国の 948 倍もの廃棄物が出る(谷口, 2001)。世界分業は廃棄物に関しても分業である。途上国は廃棄物についても不利である。途上国の銅産出国は鉱害の排出の国としての地位に甘んじなければなら

ない。先進国の主張する環境問題と途上国の経済問題をどのように結び付けていくのかが今後の課題である。

## 7.6 まとめ

本研究から以下のことが示唆された。

- a.** 歴史の進展は必ずしも進歩ではなく、21世紀初頭においても鉱害は存在する。鉱害は総合的な現象であり、これを改善するには科学技術だけでなく、政治、経済、法律、国際関係等の幅広い要素を含んだシステムの構築が必要である。
- b.** 地理的要素も鉱害を特徴づけるひとつである。特に北部チリの砂漠地帯では水と鉱業との関係が環境問題で重要になっている。
- c.** 国家の環境政策が環境問題の解決への方向性を示す。チリの場合、本格的に環境問題に対応した政策を打ち出したのは20世紀末から21世紀はじめであり、まだ未完成である。
- d.** SSM(小規模鉱山)は経済的比重は小さいが、鉱害問題を考えるとき設備の不十分さから見て無視できない存在である。
- e.** かつての産業革命時と異なり、国際化の時代になっている。鉱害を減らす圧力は先進国からも来る。世界分業の傾向が強まり、チリは鉱業製品生産国つまり鉱害の排出の恐れのある国としての地位に甘んじなければならない恐れもある。

注(\*はインターネット・ホームページから引用)

7-1 「チリ北部における鉱山用水問題」

\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/07\\_62.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/07_62.html))

7-2 「冷涼海岸砂漠」

\*(<http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/sabaku/sabaku02.htm>)

7-3 「資源開発環境調査チリ共和国」

\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/development/latinamerica/chile\\_05.pdf](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/development/latinamerica/chile_05.pdf))

7-4 斑岩銅鉱床・・・地殻浅部に貫入した斑岩に関する鉱染

ないし網状の銅鉱床

\*(<http://staff.aist.go.jp/y-watanabe/20040621.pdf>)

7-5 「外務省：国際銅研究会の概要」

\*(<http://www.mofa.go.jp/MOFAJ/gaiko/commodity/icsg.html>)

7-6 「2007年チリ鉱業総括」

\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/current08\\_24.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/current08_24.html))

7-7 銅精鉱・・・選鉱後の銅を含んだ有用鉱物で銅の含有量は25%程度である(志賀美英,2003)。

7-8 SX-EW法(溶媒抽出・電解採取法)・・・銅鉱石中の銅酸化物を直接硫酸などでリーチング(溶解)し、溶媒抽出と逆抽出を行った後、電解法によって電気銅(純度99.999%)を回収する。乾式製錬の対象にならなかった低品位酸化銅鉱石(品位0.3%~1%)の処理に用いられる(志賀美英,2003)。

7-9 粗銅・・・転炉でマット(Cu<sub>2</sub>S)のSを取り除いてできる。銅の純度は98.5~99%程度である(志賀美英,2003)。

7-10 「チリ農業地域区分」

\*(<http://www.oada.or.jp/chilemap.htm>)

7-11 「Los Pelambres 鉱山の尾鉱システム」

\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/Santiago/oldchiri/ch001120.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/Santiago/oldchiri/ch001120.html))

7-12 「ロス・ペランブレス銅鉱山開発」

\*(<http://www.foejapan.org/old/aid/jbic02/chile/fact-sheet.html>)

7-13 「大規模銅鉱山開発の新たな展開」

\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/current/04\\_57.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/current/04_57.html))

7-14 「チリ第I州の沼水枯渇問題」

\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/news\\_flash/05\\_14.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/news_flash/05_14.html))

7-15 Teniente 炉・・・熔融浴槽に精鉱を投入する方法はNoranda 炉と同じである。35~36%

濃度の酸素を使用し乾燥した銅精鉱を注入する。製錬プロセスの自主性が高ま

り効率が良い。エネルギーを補足するためのマットを供給する必要がない

[\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/Santiago/oldchiri/ch990599.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/Santiago/oldchiri/ch990599.html))]

7-16 自溶炉・・・銅硫化物の分解を反応の際に生じる熱を用いて進める。熱が不足する場合は補助燃料

が加えられることがある(志賀美英,2003)。

- 7-17 Noranda 炉・・・熔錬に必要なエネルギーを補完するために石炭を投入し湿った銅精鉱を熔錬する。  
[「銅の乾式製錬の展望：銅の熔錬・精製技術」\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/Santiago/oldchiri/ch990599.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/Santiago/oldchiri/ch990599.html))]
- 7-18 反射炉・・・燃焼室で発生した熱を天井や壁で反射させ、側方の炉床に熱を集中させ製錬を行う。  
炉の能力の増強に限りがある。発生する二酸化硫黄の濃度が低く硫酸の製造に適さない。  
[\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/video/tec08/tec08j.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/video/tec08/tec08j.html))]
- 7-19 「製錬所煙灰の無害化金属回収技術に関する研究協力」  
\*(<http://www.nedo.go.jp/activities/portal/gaiyou/p01066/h13kihon.pdf>)
- 7-20 「Altonortr Copper Smelting Plant Wastewater Treatment,La Negra,Chile」  
\*(<http://www.water-technology.net/projects/copper/>)
- 7-21 「鉱害防止指導體制強化プロジェクト」  
\*([http://www.jica.go.jp/activities/evaluation/tech\\_ga/middle/2004/pdf/chile\\_01.pdf](http://www.jica.go.jp/activities/evaluation/tech_ga/middle/2004/pdf/chile_01.pdf))

## 参考文献

- Castro.,S.H.,Sanchez.,M.2003.Environmental viewpoint on small-scale copper,gold and silver mining in Chile. Journal of Cleaner Production.11:207-213
- 平井浩二(a).2008.2007年チリ銅鉱業レビュー.金属資源レポート.38:317-329.
- 平井浩二(b).2008.チリ鉱業界における銅生産コスト上昇分析.金属資源レポート.38:765-777.
- 狩野一憲、守屋猛、遠藤英史.2002.特集号：世界鉱業の趨勢.海外鉱業情報.32:1-345.
- 鞠子正.2008.鉱床地質学-金属資源の地球科学-.古今書院 580p
- 中山健.2007.チリ・アルゼンチン Pascua Lama 金・銀鉱床開発にからんだ環境争議-問題の発生から開発認可まで-.金属資源レポート.37:774-781.
- 成田暢彦、一坪幸輝、匂坂正幸、茂呂端生、稲葉敦.チリにおける銅生産システムのライフサイクルインベントリ分析.資源と素材.117:271-276
- 佐藤壮郎.1992.世界の銅鉱床.地質ニュース.460:4-12
- 志賀美英.2003.鉱物資源論.九州大学出版会 289p
- 谷口正次.2001.資源採掘から環境問題を考える-資源生産性の高い経済社会に向けて-.海象社 68p
- 上木隆司.2003.Ⅲチリ銅製錬と硫酸需給の現状-環境対策の進展と地金比率強化政策の具体化-.金属資源レポート.33:No.4.46p.

## 8 章 銅鉛業を主とする環境問題の現代的課題

### 8.1 はじめに

製錬の歴史は、効率的な技術の開発とそれに伴う鉛害の発生の歴史であった。さらに鉛害に対しては、その対策のために人類の英知が使われてきた。前章まで、産業革命以後の鉛害について見てきた。この章で 21 世紀初頭の現代に視点を置いて鉛害の問題点を捉える。人類は歴史から鉛害についてどのような教訓を得て、どのように活かしているのか。また鉛害についての自然科学的、社会科学的な普遍的意味を追究していきたい。日本の銅製錬の現状を捉えた上で、鉛害に関する課題を地球規模の観点で捉える。さらに今後人類が鉛害を含む環境問題に対し解決に向けた行動にどのようなものがあるかを考える。

### 8.2 日本の銅産業

#### 8.2.1 銅のマテリアルフロー

日本は世界第 1 位の銅鉛石(精鉛)輸入国であり、2007 年に、141 万 t を輸入した。主な輸入先は、チリ(47%)、インドネシア(14%)、ペルー(12%)、カナダ(8%)、オーストラリア(8%)である(注 8-1)。

(図 8-1)は日本における銅のマテリアルフローを示す。資料の違いや在庫、歩留などのため、フローの上流側と下流側の数字は必ずしも一致していない。チリ、インドネシア等からの輸入銅鉛石、それに加えて輸入スクラップ及び国内のスクラップ等は銅製錬所で電気銅となる。これから、電線、伸銅品、その他(鋳物,電解銅箔等)ができる。なおこれとは別に、スクラップとなった銅くずや銅合金くずが、電線や伸銅品の工場に戻り、再融解され利用される経路もある。この経路でも電線、伸銅品、その他(鋳物,電解銅箔等)ができる。このようにしてできた電線と伸銅品から主要製品として、電気機械、自動車・船舶、通信・電力、その他機械、建設事業、金属製品・鉄鋼、その他の分野への流れがある。次に、これらの 2005 年を基準にした製品分野の比率を挙げる。電線からは、電気機械(18%)、自動車・船舶(17%)、通信・電力(12%)、その他機械(0.85%)、建設事業(18%)、その他(33%)である。伸銅品からは、電気機械(36%)、自動車・船舶(8.4%)、その他機械(19%)、建設事業(3.0%)、金属製品・鉄鋼(22%)、その他(11%)である。

[挿入(図 8-1)]

またこれらの製品はリサイクルされるが、リサイクル率は分野によって差がある。通信・電力の分野のリサイクル率はほぼ 100%であるのに対し、金属製品・鉄鋼の分野のリサイクル率は低く、約 10%となっている(表 8-1)。

[挿入(表 8-1)]

銅鉛石を輸入して、それを製錬するという形が日本の現状である。鉛害についても、銅鉛石採掘から銅製品にいたる流れの中で、日本ではその下流部分だけに関係している。



### 8.2.2 日本の銅製錬の環境対策

地球温暖化防止のために、できるだけエネルギー資源の使用を少なくする必要がある。生産量トン当たりの消費エネルギーをエネルギー原単位として用いる。非鉄製錬業界は効率的なエネルギー消費のための努力をしてきたが、特に銅製錬において良好な結果が得られている。銅製錬において、1990年のエネルギー原単位を1とすると、2004年のエネルギー原単位は0.7である。銅製錬を含む非鉄製錬業全体としては、1990年のエネルギー原単位を1とすると、2004年のエネルギー原単位は0.9である(注 8-2)。

エネルギー消費の少ない効率的な銅製錬という点で、日本は世界の最上位にある。2000年における日本の銅製錬のエネルギー原単位を1とした場合、欧米は1.3、アジアは1.4、北米は1.5、南米は2となっている(注 8-2)。このように、省エネルギー対策については、日本が最も進んでいる。

銅製錬を含む非鉄製錬業界は、自主行動計画における目標として、2010年度におけるエネルギー原単位を1990年度比で10%削減の目標をたてていたが、この数値を2007年10月に12%に引き上げた(注 8-3)。このように日本の企業は環境対策に貢献しているという見方もできる。一方、エネルギー効率の上昇は、企業にとって経済的利益に繋がることでもある。以上、エネルギー原単位を用いて論じてきたが、環境への影響はエネルギー原単位ではなく、エネルギー総量である。日本の非鉄製錬業の生産量は、1990年に比べて2004年は14.4%増加している。2010年の増加の見通しは31.1%である。これに伴って、エネルギー消費量の総量は、1990年に比べて2004年は5.1%増加している。2010年の増加の見通しは12.9%である(注 8-2)。エネルギー原単位が減少しているのでこの程度の増加で済んだともいえるが、エネルギー消費量の総量の増加は事実である。これを環境問題の中でどのように評価していくかが問題になる。

製錬関係の企業は、直接製錬に関係する部分以外でも省エネルギーの取り組みをしている。CO<sub>2</sub>排出の削減のため、物流をトラックより船舶を主に行なっているところも多い。化石燃料の使用削減のため、水力や地熱による発電を利用しているところもある。ある日本の製錬所は社有林を持っているが、坑木材林としての役割は終了し、今後は新たな管理、運営が求められている。森林の役割としては、CO<sub>2</sub>固定、国土保全、水源涵養、生物多様性の保全、人々の安らぎの空間等がある。各種の森林を伐採あるいは択伐して、梱包材、建築材、家具材の生産等の新規事業も考えられる。また苗を供給して、市民が行う植樹活動に役立てることもできる(注 8-3)。このように現代では、企業は自身の経済的利益の追求だけでなく、企業の社会的責任(CSR)を果たす時代になっている。

### 8.2.3 日本の銅製錬所

日本の銅製錬所は次の7箇所である。

(1)日鉱製錬株式会社、佐賀製錬所（大分県大分市）

自溶炉による。1970年に操業を開始した。1000℃という高温の酸素富化送風により大型化を実現した。排ガスの減少によりボイラー負荷を軽減した（注8-4）。

(2)日鉱製錬株式会社、日立製錬所（茨城県日立市）

佐賀製錬所の自溶炉によりできた粗銅は、アノード（陽極板）に鑄造され日立製錬所に送られてくる。日立製錬所では電解工程を経て電気銅を製作する（注8-5）。

(3)三菱マテリアル株式会社、直島製錬所（香川県香川郡直島町）

三菱マテリアル株式会社によって開発された三菱式連続製銅法による。この方法はS炉（溶錬炉）、CL炉（錬かん炉）、C炉（転炉）の3つの炉を連結してひとまとめにした炉を用いる。S炉では乾燥した銅精鉱と融剤が酸素富化空気とともにランスと呼ばれる管を通して吹き込まれる。精鉱の装入から粗銅の製造までを連続的に行う（注8-6）。生産性が高く、排ガス中の二酸化硫黄濃度が高い（14～15%）ため硫酸製造が容易であるという特徴がある（志賀, 2003）。

(4)住友金属鉱山株式会社、東予工場（愛媛県西条市、新居浜市）

自溶炉による。1971年に操業開始した。大型自溶炉の操業に初めてコンピュータ・プロセス・コントロールを実施した（注8-4）。

(5)DOWAホールディングス株式会社、小坂製錬所（秋田県鹿角郡小坂町）

自溶炉による。1967年に操業開始した（注8-4）。かつて小坂鉱山で採掘された黒鉱を扱う中で、不純物を含む製錬の技術を発展させた。黒鉱から銅、亜鉛、金、銀など15種類もの有価金属元素が取り出され製品化された（注8-7）。

(6)小名浜製錬株式会社、小名浜製錬所（福島県いわき市）

反射炉、S炉（溶錬炉）による。三菱式連続製銅法のS炉（溶錬炉）を2007年に導入した。S炉では反応熱による融解が行われるため、コスト削減となる（注8-8）。

(7)日比共同製錬株式会社、玉野製錬所（岡山県玉野市）

玉野式自溶炉による。1970年に操業開始した。通常の自溶炉と錬かん炉をひとつに集約した。自溶炉でコークスを燃焼させてエネルギーの低減を図った（注8-9）。

#### 8.2.4 鉱害、事故関係

今世紀になってから、日本の銅製錬所で起きた鉱害及び鉱害に発展する恐れのある主な鉱害、事故を挙げる。

(1)2001年4月6日三菱マテリアル直島製錬所内のタンクから発煙硫酸が約10トン製錬所内に流出した。製錬所外への流出はなく、けが人もいなかった（注8-10）。

(2)2002年7月25日、玉野製錬所で転炉内部のレンガが崩れ、作業員7人が死傷した。崩落したレンガは送風口南側の700～800個だった。爆薬用の孔をドリルで開けた際の振動が崩落につながった可能性もあると県警察及び玉野署は見ている（注8-11）。

- (3)2004年5月31日小坂製錬所から排出基準の0.1mg/Lを超える0.23mg/Lの砒素が小坂川に流出した(注8-12)。なお砒素の人の健康の保護に関する環境基準は、0.01mg/Lである。翌日、付近の河川水の測定では、0.005mg/L未満であった(注8-13)。
- (4)2007年11月20日、小名浜製錬所の1号反射炉下のコンクリート層の空冷式の冷却パイプから銅約45%、鉄約25%、硫黄約20%を含む約600トンの高温の容体が流出した。冷却パイプや別の冷却装置などを損傷した。冷却パイプ周辺に報知器など異常発生を知らせる機器はなかった(注8-14)。
- (5)2009年2月7日、小名浜製錬所で水蒸気爆発が起こり、クレーン作業員が軽いやけどを負った。転炉内で溶解した銅にスクラップ銅を混入していたところ、混入したスクラップ銅に水分が含まれていたため、水蒸気と熱風が発生した(注8-15)。
- (6)2009年3月12日、小名浜製錬所で硫酸製造プラント内にある除塵設備から出火、同設備4基が焼けた。除塵設備は銅の製錬で発生する二酸化硫黄を内部に通し、5万~6万Vの電気を放電してガス中の重金属類を集塵板に吸着させるものである。出火原因について副所長は、通常濡れた状態の集塵板の表面が局所的に乾いた状態になり放電で着火したと推定した(注8-16)。

#### 8.2.5 日本の銅鉱業の特色と現代的課題

1965年の銅の国内需要は $4.33 \times 10^3$ トンであったが、そのうち国内鉱山から $1.12 \times 10^3$ トンが供給され、銅の自給率は25.9%であった。その後、銅の自給率は低下し、1980年に3.6%、1990年に0.4%、2000年に0.06%となった。日本国内に多数あった銅鉱山も閉山していった。国内の銅鉱山がなくなり、国内鉱山からの銅生産はさらに減少していった。2003年以降の本国内の鉱山からの銅生産はなくなり、自給率は0%となった(表8-2)(図8-2)。日本国内に最後に残った銅鉱山である花岡・湯川鉱山は1994年に閉山した。その後、2002年までは、他の鉱山からの副産物として銅が少量生産された(澤田, 2004)。

[挿入(表8-2)(図8-2)]

2002年4月1日現在、稼働中の金属鉱山で従業員10名以上の鉱山は、豊羽鉱山(亜鉛、鉛、銀、金、インジウム)と菱刈鉱山(金、銀)と春日鉱山(金、銀)だけであった(資源エネルギー庁編集委員会, 2005)。その後、豊羽鉱山は2006年に閉山し(注8-17)、現在2つの鉱山のみ稼働している。

現在の日本の製錬業は少数の資源保有国からの原料鉱石の輸入に頼っている。日本で、その原料鉱石を熔錬・電解の上、生産された地金を販売している。日本の製錬所は、カスタムスマルターとして操業している。この点が、自国に鉱山を持つ山元製錬所とは異なる。特色として、カスタムスマルターの原料の産地は単一ではない。また収益構造に特色がある。非鉄金属の国際価格はしばしば変動するが、日本の製錬業はその影響を受けやすい。この結果、製錬コストの引き下げに努力するよりも、市況の回復を待つという傾向が生じ

る。買鉱製錬費が通常は、ドル建てで決められることになるため、その収益構造は、円高になるほど、その手取り収入が減少し、採算が悪くなるという構造がある(秋元, 1998)。

銅鉱石を海外に依存するという日本の製錬業のおかれた立場は、資源の安全保障の面からも問題になる。安全保障は重要な要素であるが、本論では深く立ち入らないことにする。

### 8.3 銅鉱業と環境問題の現代的課題

#### 8.3.1 南北問題と多国籍企業

2007年の銅の主要生産国のうち、発展途上国のチリ、ペルー、インドネシアの生産量合計は、世界の49%になる。これに中国の生産量を加えれば、55%になる。一方、先進国の米国、ドイツ、日本、韓国、イアリアの同年の銅地金消費量合計は、世界の35%になる。これに中国の消費量を加えれば、62%になる(注8-1)。これを概観すれば、発展途上国で銅を生産し、先進国で消費するという構造になっている。この格差は、発展途上国の工業生産規模がきわめて小さいことの反映である。世界の工業生産全体に対する発展途上国のシェアはわずか13%で、そのうち半分を石油産出国が占めている(ブラウン, 1998)。先進国は資本と技術力を持って発展途上国に赴き、発展途上国は豊富な資源と安い労働力を先進国に提供している。自由貿易のシステムは複雑であるため、北側による南側の支配の構造を変えるのは困難である。そのため現在も、発展途上国は先進国の資本と技術に支配されたまま、北側の自由貿易と資本主義に巻き込まれている(注8-18)。

南北問題は、環境問題に反映している。鉱石を採取するとき廃棄される土石であるズリが発生する。また選鉱過程で、尾鉱を川に流す。この中に有毒な化学物質も含まれている(注8-19)。銅生産地を川上とし、消費者を川下とすると、川上に発展途上国の資源国があり、川下に先進国の消費国がある。川上における廃棄物の量は川下に比べて多い。銅1トンに対して1896トンの廃棄物が産出国の鉱山側で出るが、日本に輸入された精鉱を製錬する際には、廃棄物は2トンしか出ない(谷口, 2001)。南北問題は環境の違いから南の国々に不利になることもある。

インドネシアのグラスバーク鉱山では尾鉱が1日に30万トン、ズリが1日に30万トン発生し、森林の破壊と海洋汚染が深刻である。ここでは、地震が多発し、雨の多い熱帯地方なので、ダムを造ることができない。このような問題はパプア・ニューギニア、ペルー、チリ等でも起こっている(注8-19)。

多国籍企業は、生産と流通の両方を支配するという性質上、豊かな天然資源を発展途上国に求めて、安い労働力を発展途上国と先進国の貧困層に求めている。先進国の貧困層の中に、発展途上国からの移民も含まれている。また、経済的に豊かな市場を先進国と発展途上国の富裕層に求めている。貧富の差を持つ社会の構造は、労働力と市場の両方を必要とする多国籍企業にとって都合がよく、同時にさらなる貧富の格差を生み出すことになる(注8-18)。南北問題とともに、多国籍企業の問題は先進国の国と発展途上国に国の間の格

差を助長する要因になっている。

1983年の銅の世界の輸出高は、 $8287 \times 10^6$  トンであった。世界の一次産品を支配する多国籍企業の3社が、この輸出高の80%を扱っていた。また、多国籍企業の6社の取扱比率は85%であった。市場は、買い手と売り手を一同に集め値段を設定するだけでなく、労働、資本、土地資源、天然資源を需要の大きい所へ配分する。多国籍企業は、この市場操作と投機から利益を得ることができる(ブラウン,1998)。多国籍企業にとって現在の南北問題の構造を温存することが都合がよい。南北問題、多国籍企業の現状は環境問題と深く関わっている。これらが現状のままでは、環境問題の解決を遅らせることになる。

### 8.3.2 経済との関係

経済行動が取引の当事者以外に与える影響という意味で、経済学で「外部性」の用語を用いる。特に、他の主体に経済的被害を与えても損害の支払いをしない場合を「外部不経済」といい、他の主体に経済的利益を与えても支払いを受けない場合を「外部経済」という。これまで、多くの環境問題に関連する外部性は、「外部不経済」であった(時政, 2001)。

ブラウン(2003)は外部性の問題を、環境コストという表現で説明した。ブラウン(2003)は、環境と経済の関係の問題点は、環境コストが市場に反映されていない現状にあるという。そこで3つの問題点を指摘している。第一は、経済活動の間接コストが配慮されてこなかったという事実である。市場が決定する価格以外の間接コストとして環境関係の費用がある。経済活動に伴う森林破壊、水質汚染、大気汚染、それらに伴う健康被害等の不利益は一部の人々の損害として扱われ、また被害者に対する補償や環境修復にかかる費用を企業が収益の中から負担しており、それを防ぐための費用を価格に反映し、製品の受益者全体で負担することはなされていなかった。市場の第二の弱点として、自然が提供するさまざまな多面的機能の価値を正しく評価してこなかった点がある。例えば、自然は、蒸発作用を通して海洋の塩水を淡水に変える。自然は作物の花粉を媒介し、養分を循環させ、水を浄化する。また、森林には、洪水防止機能がある。市場の第三の弱点は、自然生態系の維持可能収量の限界を認識しないことである。漁業における漁獲量の例、地下水の揚水量の例がこれにあたる。ただ一部の国は、経済の自然資源基盤を保全するために、維持可能収量という概念を市場に取り入れる必要があることに気づき始めたと言う。経済活動の中に環境要素を入れる場合、経済活動に伴う環境負荷を最小化するための費用負担に対する消費者の理解や企業間の負担の公平性などが国際的に担保される必要がある。

外部経済の問題で解決が難しい例として、サムエルソン(1967)は自動車の排気ガスの問題を例に挙げた。排出源が工場等であれば、その設備や燃料について公的機関が指示できるが、自動車の所有者への指示は難しいという。それでも、サムエルソン(1967)は何らかの公的介入の必要性を主張した。自動車の燃料や自動車の重量の規制に言及した。新古典派総合の創始者のサムエルソンは市場万能論の新古典派経済学とケインズのマクロ経

済学の影響を受け、独自の理論を確立した。サムエルソンは、環境問題を自由市場で対処するのは難しいとしている。従来から「市場の失敗」として知られてきたものの一つは「天然資源の乱獲・乱掘や環境破壊」(注 8-20)である。経済活動の中に環境要素を入れる場合、何らかの環境規制、環境税、排出権売買等が考えられる。

地下資源の場合は、埋蔵量が有限であるという意識は共有されている。しかし、その有限の意識が時代とともに異なっている。かつて地下資源が有限であるとして地下資源に関する独自の経済理論が生まれた時代もあったが、現在では事情が異なっている。金属の採算がとれる濃縮係数は技術の進歩により変化してくる。新鉱床の発見もあり、現状では鉱物資源は供給され続けられている。金属鉱物資源は品位以外に鉱物種、鉱床の形状、埋蔵深度等の違いによって採掘、製錬のコストが違う。経済状況の変化により採掘が始まり、埋蔵量の増加につながる可能性もある。このように地下資源の現状は不安定であるが、継続して採掘がおこなわれている。現在、可採年数 (R/P 比) を考慮した採掘計画がなされている。これは R/P 比を一定に近づける計画である。1960 年の銅の R/P 比は 40 年であった。また 2002 年の銅の R/P 比は 36 年であった。1960 年から 40 年間に R/P 比は 30 年から 60 年の間を推移している(注 8-21)。地下資源が無尽蔵にあるわけでないことは当然であるが、現状の状態であれば市場原理が働く。現在より銅が高くなり、銅と同様の性能を持つ他の金属の価格が下がれば、その金属が銅に代わる。未採掘の銅が残っていたとしても、銅は使われなくなるという銅の「経済的枯渇」が起きる。これは、物理的に無くなる「物理的枯渇」とは異なる。値上がりが予想されるうちは、必要以上に急いで掘り尽くすことも起きないので「物理的枯渇」は起きないという(注 8-22)。もし銅の価格が上昇すれば、リサイクルや代替品の使用が進む。もし銅の代替が不能でリサイクルだけで需要を満たせないような場合は産業や社会生活に混乱を生じさせる。

経済成長による環境破壊に二通りある。ひとつは経済的に豊かな先進国がさらに豊かさを追求しようとして生じる。もうひとつは、発展途上国が先進国を目指して工業化する場合である。発展途上国が環境を顧みないで、開発成長を行えばかつて先進国で生じたと同じ公害が発生する(注 8-23)。

人々は環境から多くの便益を受けているのに、それに対価を支払わない。細田・青木(注 8-20)によれば、それによって二つの悪い効果をもたらされるという。第一は、人々は必要以上に環境から便益を引き出そうとする。第二は、費用が支払われないため、その資源は維持されない。この二つにより、環境破壊、環境資源の枯渇という現象が起きる。

何らかの方法で、環境資源に所有権や使用权が確定していると事情は異なる。環境資源の希少性に応じた資源利用の対価を設定することによって、希少な環境資源が保全される。あるいは、対価を支払わないで、燃料代替や設備の変更等の別の方法で、やはり希少な環境資源が保全される。環境破壊、環境資源枯渇も経済的動機によって生じるが、環境を保全し環境資源を持続的に利用することも経済的動機による(注 8-23)。

経済活動と自然環境保全の両立も可能であろうが、いかにして実現するかは、大きな課題である。そのためには自然環境が持っている価値を正しく評価し、経済活動の中に取り入れる必要がある。自然環境は鉱物製錬で生じた二酸化炭素の吸収源(sink)としての価値を持つ。自然環境の中の森林は燃料や木質資材の供給源(source)としての価値を持つ。これまでの鉱害の歴史は、それらの価値に対し正しい評価をしてこなかった。

### 8.3.3 鉱害問題の解決に向けて

#### (1)社会的対策

前節までの種々の問題を解決する手立てを探るためにこの節を設けた。ここでフェアトレードと国家の管理について取り上げる。

フェアトレードは南北問題や多国籍企業によって生じる弊害を取り除くのに有効である。フェアトレードの定義は様々であるが、総合すると「原料や製品を『適正価格』で継続的に購入することを通して、途上国の生産者や雇用の確保、労働者の生活改善と自立を目指す制度」と整理できる。適正価格としては自由貿易による「国際価格よりも高めに設定した値段」と定義される(注 8-24)ことも多い。

フェアトレードはオルタナティブ・トレードとも言われ、1940年代の米国から始まったとされる。1960年代に西欧で本格化し、1989年に各国の団体が、国際オルタナティブ・トレード連盟(IFAT)を結成した。さらに、1997年に国際フェアトレード認証ラベル機構(FLO)が設立された(注 8-25)。

フェアトレードに対するものは自由貿易であるが、自由貿易こそ奴隷貿易以来是正されたことのない不平等の上に成り立っている。歴史的にみて、現在の先進国間の自由貿易は保護主義から始まった。英国は、商業だけでなく工業生産でも他の国をリードすることが明らかになって初めて保護主義を廃止した。他の米国、フランス、ドイツ、日本の各国は、世界市場での競争に耐えられ段階になるまで保護主義の壁の中で産業を構築した。近年で工業化に最も成功した国である韓国は、まれにみる保護主義政策として、国が発展を望んだ産業を支援しつつ、他の産業を世界市場での競争に開放するという差別化政策をとってきた。ヨーロッパと北アメリカでの奴隷貿易とそれに続く資本の蓄積以来、貧者と富者の格差が広がってきた。生産力は購買力をしのいでしまい、滞貨が増加した。貧者には債務が負わされ、富者はぜいたく品や投機に富をつぎ込んでいる(ブラウン,1998)。このように、歴史的に概観すれば「自由貿易」がいかに不公正な貿易であり、フェアトレードの対極にあるかが理解できる。

一方、健全な市場を形成するうえでも、フェアトレードの必要性を説く意見もある。2008年9月まで鉱物資源の価格は高騰し、その後金融危機による価格の暴落があった。市場が激変しても、現実には動いている需給バランスは、なにも変わっていない。フェアトレードがなければ、市場は長続きするはずはないという意見(注 8-26)もある。

南北問題や多国籍企業が環境問題に対して悪影響を及ぼすことは、先に述べた。これに対し、フェアトレードにより環境問題の改善が見込まれる。フェアトレードは、消費者への詳細な商品情報の伝達を含んでいる。この情報の中には、消費者の健康に関するものや環境と生態系への影響に関するものがある。フェアトレードを推進する消費者団体の中の一つの「消費者組合国際組織(IOCUC)」は、消費者の権利を掲げている。その中の一つに「健康な環境を手にする権利」がある(ブラウン,1998)。フェアトレードにより、それまで弱者であった発展途上国や個人が、文字通り公正な取引により正当な権利を回復する可能性がある。

次に国家の管理の問題について検討する。先に記したように、多国籍企業の活動が環境問題に関しても問題を起す。国家が、この多国籍企業を管理することができれば、この危険をある程度回避できる。ブラウン(1998)によれば、日本と韓国を除くたいの国家は、自国内に拠点を置く多国籍企業をほとんど管理することがないという。逆に、発展途上国の政府の中には、国外の多国籍企業に効果的に管理されている政府もあり、多国籍企業の同意なしには交易を管理できない政府もあるという。ブラウン(1998)は先進国の政府が巨大多国籍企業のすることへの介入をためらえば、発展途上国の政府がその領土内で営業する独占的な多国籍企業に挑戦して成功する見込みはないとした。

政府が多国籍企業を管理することにより間接的に環境問題に影響を及ぼすが、政府による直接的な影響の例もある。チリの国営企業の Codelco はチリ北部の Chuquicamata 製錬所を所有する。1980~1999年の期間、Chuquicamata 製錬所は砒素の回収量を 35%から 90%まで増やした。また、二酸化硫黄の回収量をゼロから 80%にまで増やした。Codelco は、この改善をするために 6 億ドル以上を費やした(Tilton,2006)。Chuquicamata 製錬所はこの改善により環境対策に貢献したが、銅生産の費用を安くすることができて経済的な効果もあった。今日では、二酸化硫黄の 99%以上を捕集する技術が存在する。それらの技術を採用するかどうかは、企業や国家の姿勢による。

## (2)科学技術的対策

種々の環境問題の解決の手立てを共益状態とリサイクルの点から考える。

初めに共益状態について取り上げる。環境問題に経済的要素が大いに関係する。経済成長と環境問題克服を同時に成し遂げることの困難さがある。しかし近年の環境対策は、環境への負荷を低減させつつ、収益を上げるという共益状態(win-win situation)を目指している(倉阪,2002)。足尾製錬所の共益状態の例を記す。足尾製錬所で排ガスから完全に除塵し煙塵を利用した。1916年、コットレル式電気集塵機の実施権を購入した。1919年に電気集塵機の導入を完了したが、その働きは不安定であった。その後改良を重ね、1929年に完全除塵が実現した。銅製錬の際に、鉛、亜鉛、砒素、錫、ビスマス、カドミウム等の揮発性物質は煙となって揮発した。鉍煙を電気集塵機で回収し、これらの金属をそれぞれ



れ分離回収することができた。このことだけで、完全な共益状態ということとはできない。当時の製錬所は、依然として二酸化硫黄を排出し続けていた。しかし、転炉ガスから砒素含量のきわめて少ない高純度硫酸生産への道が開けた。1935年に高純度硫酸を生産することは実験段階で成功したが、実用化にはいたらなかった。1956年、フィンランドのオートクンプ社の技術と古河の製錬全排ガスの完全精製の技術等を組み合わせた古河オートクンプ法が導入された(猪俣, 2006)。このことにより、二酸化硫黄の排出防止と年間9万トン前後の硫酸の生産が実現した(倉阪, 2009)。あらゆる事例が共益状態で解決すれば申し分ないが、まず鉱害防止を念頭において解決を図るべきであろう。足尾製錬所の場合も、硫酸生産が目的ではなく、二酸化硫黄の排出を防止する無鉱害製錬法の確立が目的であった。

共益状態が全ての場合に実現するわけではない。倉阪(2002)は、共益状態の実現を阻害する四つの場合を挙げた。一つは、認識の遅れや情報の欠如によって行動が起されない場合である。二つ目は、無償で処理される不要物の存在がある。具体例として、大気中に拡散する二酸化炭素等の気体廃棄物や排水として流すことのできる液体廃棄物が含まれる。足尾や Swansea における鉱害問題もこの場合に相当する。この対策として、出した不要物の量に応じて課税する方法が考えられる。第三に、家計で削減努力を行なうことが困難な場合がある。ある製品の設計段階で、排出される不要物の量や必要となるエネルギーの量などはすでに定まっていることがある。この場合、使用・廃棄段階での削減努力には限界がある。これらの例として、自動車の排気ガスの量や飲料を消費した後の容器の問題がある。第四に、将来時点で排出されることとなる不要物に対して十分に削減努力が行なわれない可能性がある場合である。例として、耐久消費財の使用や、建築物の使用や解体時点で発生することとなる不要物等がある。

次にリサイクルについて取り上げる。森(1992)は、産業廃棄物のリサイクルは他の場合より技術的に容易であるという。産業廃棄物は質が一定である。対象とする原料が特定化されていて技術開発も楽であるし経済性も見越しやすい。そのため、産業廃棄物に関しては、公害対策とともにリサイクルの技術が進んでいる。脱硫装置をはじめ、高炉・転炉のスラグ等の再資源化率はほぼ100%に達している。銅製錬所からスラグサンド、スラグパウダー、硫酸銅、金、銀、白金、ルテニウム、イリジウム、ロジウム、パラジウム等の製品ができて、市場に流通している例(注8-27)もある。

本多(1990)は、処理、処分を考える前に、企業内での無排出化(工程内リサイクル)や他企業に運んでの資源化という道があるという。これによって、多種多様な企業の排水や廃棄物の排出が抑制されるとともに、収率が向上したり、副産物がとれたり、工程が合理化されたりすることになる。資源化をすることで多様な利用先を見出すことができる。企業としてはそれがたとえ経済的にマイナスであっても、処理、処分する経費より少なくてすめば進めるべきであるという。鉱物資源や使用済み製品に含まれる有用な金属と有害物

質を効率的に分離回収するには、銅・亜鉛・鉛の各製錬所間の連絡強化し、ある製錬所の排出物がある製錬所の原料になるようなシステム(リサイクルループ)を作る。このことにより副産物・廃棄物等の分担処理と有効利用が効果的に連動する(注 8-28)。これは、本多(1990)の考えに近い。これらの方法は、循環型社会の中のやり方のひとつであろう。

ブラウン(2002)は、リサイクルが行われる場合、国による状況の違いについて説明している。スクラップから金属資源を取り出す場合、経済が成熟し、人口も安定している国々にとって、ストックはほぼ固定されているので、スクラップから金属資源を取り出すことは容易である。他方、工業化の初期段階にある国々ではインフラストラクチャーを整備していく中でリサイクルすべき金属資源がほとんど存在しないという。経済先進国と発展途上国とでは、リサイクルに対する取り組みが当然異なる。日本では、リサイクルが環境関係の問題に効果を発揮すると考えられる。

リサイクルもひとつの方法であるが、リサイクルにも問題がある。廃棄物を 100%リサイクルをしたり、全く廃棄物を出さないということは、理論的にありえないことである。しかし、100%のリサイクルやゼロエミッションという言葉が独り歩きして、人々に誤解を与える恐れもある。消費したものは、いつか利用できないゴミになってしまう点に注意して行動する必要がある。槌田(1983)は、環境問題でリサイクルやゼロエミッションについて、理論的根拠である熱力学第二法則と関連付けて検討した。廃物はエントロピーが大きく、廃物を用いて製品を作るには、回収し、分別し、再製錬するのに大量の燃料や水などの低エントロピー資源が消費される。従って、廃物の利用が省資源か、それとも原鉱を用いるほうが省資源かは、にわかには断定できないという。

森(1992)は、問題解決の基調に、循環型の思想を挙げ、資源・エネルギーの高効率利用と廃棄物のリサイクルの技術、そしてそのための社会システムの確立を条件にしている。また、森(1992)は、一つの策だけを極端化する考え方に警告を発している。リサイクルだけを唯一のものとするれば、これまで挙げた種々の問題が出てきて解決から遠のくことも考えられる。これらの考えは、きわめて妥当である。森(1992)は、さらに問題解決への道筋を示した。環境問題のようなグローバルな問題を考える第一歩は、それぞれの領域での対応策を検討することであるという。第二歩として、個別の対応策では解決できないとき、何が全体のシステムの中で障害になっているのかを明らかにすることであるという。これを可能とするには、「領域を越えた知識の共有」であるという。

#### 8.4 考察

現在の状態を正確に捉えることは、困難なことである。ここでは現在の鉱害について触れる。現在の鉱害は、銅鉱石を採掘しそれをもとに製錬を行っているチリでも、また日本のように銅鉱石(精鉱)を輸入し、製錬を行っているところでも発生している。かつての産業革命時の日英の鉱害とは質的にも量的にも異なるが、現実に鉱害及び鉱業関係の事故は

発生している。鉱業は理論だけでなく、技術を伴う。技術は経験をもとに進歩する。技術は、他の技術の変化や経済的要素の影響も受けるので常に変化する。今後、さらに技術的発展があるとしても、鉱害の可能性についても認めなければならない。過去の鉱害を振り返る態度の中に、現在が過去とは異なった立場にあること、つまり現代の優位性を自認しつつ歴史を眺める態度があるかもしれない。そうであれば、それは危険な態度である。歴史から学ぶということは、時間の連続性を確認し、現実が過去の反映であることを意識すべきであろう。また現実を直視し、その影響が及ぶ未来を考えることも必要であろう。

かつての日英の産業革命時の鉱害とは異なる環境の中で、新しい型の鉱害問題が進行する恐れがある。チリをはじめいくつかの銅鉱石産出国は、いわゆる南の国であり、日本のような北の国が銅鉱石(精鉱)を輸入して製錬する。今日、国際分業の中で環境問題も一国だけの問題にはできない。しかし、採掘部門を含めて、南北の国の間で鉱害に質的な差異が出ている。またそれに対する対策も、経済力の違いが反映する。経済で利益を上げるだけの国際化ではなく、環境問題解決のための国際化が進むことが必要である。

人間と自然環境との関係について、本多(1990)は次のように説明する。人間は大なり小なり自然環境を改変しなくては生きていけない宿命を持っている。その改変は生態系をそこなわない限度内で行わねばならない。しかし、どのようにして、その限度を知るかが問題になる。地球が有限であり、そこに存在する資源も有限である。製錬で生じる廃棄物も有限な空間で処理されなくてはならない。産業革命当時、地球が有限という知識はあっても、環境問題上の有限な地球は意識されなかった。今日、環境問題を扱うにあたって地球の有限性は強く意識されている。あとは、いかに問題を解決するかという方法に移ってきている。有限な地球上で、これまで生態系が維持されてきたのは、物質とエネルギーの安定した循環であった。この生態系の中で人間がいかに行動するかということが問題になる。

資源と環境を含む問題は、ほかに経済や資源の安全保障等の要素を含み複雑である。本論は経済について極めてわずかにしか触れなかった。また資源の安全保障の問題には、まったく触れずにきた。資源問題に環境問題を絡ませて議論するということは、最近の傾向である。これが産業革命のころは、資源と経済の関係だけであった。産業革命時と比べて、考慮しなくてはならない空間は、一国から地球全体に広がった。一国だけの利益を考えて行動することはできないということは、今日の常識となった。国際化時代の中で、資源問題を環境等の要素といかに調整して解決していくかが課題である。資源と環境を含む問題は、関連する多くの要素を含み複雑である。この問題に対し、解決の道はひとつではない。そこで、今後も試行錯誤を重ねていく必要がある。

本論文は銅製錬と環境の関係を、産業革命時の英国と日本及び 20 世紀末から 21 世紀初頭のチリを取り上げた。これら三つの時代の鉱害の発生から終息に至る過程についての特徴を列記すると次のようになる。

- ① 英国産業革命期(1750~1850 年)・・・知識の欠乏による鉱害の発生、環境コストの企

業負担による国際競争力の低下による英国内での銅製錬事業の撤退と外国への事業移転による終息

- ② 日本産業革命期(19世紀末~20世紀初頭)・・知識の不足による鉱害の発生、環境コストの国家負担による企業の国際競争力の維持、資源の枯渇による銅製錬事業の撤退と終息
- ③ チリ鉱業発展期(20世紀末~21世紀初頭)・・技術力・資金力不足による鉱害の発生、国際社会の環境意識の高まりに伴い、大企業に社会的責任としての環境コスト負担の動き

それぞれの活動の中で、類似性はあるが、大きな歴史の流れの中で、一地域から国際社会への流れがある。現在も、問題解決のための行動しようとするとき、産業革命期に一部の人々が鉱害に立ち向かった態度と基本的には変わらない。時代によって、科学的知識や技術に違いがあるが、ある現象に対して、科学的認識を持って行動しようとする人々の態度は共通である。21世紀初頭の現在、現象を捉え、分析をし、問題の構造を明らかにして、対策をたてている。

基本的な科学方法論に基礎を置くのは妥当としても、新たな事態に新たな視点で取り組む必要がある。解決を目指すためのキーワードのひとつは「地球の有限性」である。自然科学の技術的な問題だけでなく国際政治上の問題でも、このことを意識して対応するべきと思う。もうひとつは「調和」である。環境、資源、経済という要素のいずれもが重要であるが、ひとつが他を陵駕して存在することはできない。「これらは相反するものである」とともに成り立つことはできない」という立場をとるべきでない。いかにしてこれらの調和点を見出すかが、人類の英知の発揮する場である。さらに「総合」というキーワードを挙げる。現代の我々の思考の中で、不足している点は、総合的なものの見方であろう。現象の関係する要素が少ないときは簡略な関係式で示されるが、要素が多くなり、さらにそれが人為的な要素となれば物理学だけで解決できない。資源と環境の問題は、総合的な学問の領域である。近代自然科学は、「総合」とは逆の方向である単純化で成功した。現在の我々は、総合的に物事を捉え真実を解明して、問題の解決に結び付けようとしている。さらに我々は歴史上の人類の失敗からも学びつつある。歴史科学は現在の問題の解決にも有効である。

人間に行動を起こさせる動機付けとして様々な要因があるが、今後は経済的要因についてもさらに研究していく余地があるのではないだろうか。銅鉱石産出国は環境への負荷を多く与えている。製錬だけを行う国は、産出国の環境負荷に対する代価を製品に上乗せするようなことはしていない。これは国際問題であり、政治、経済が関係するので容易ではないが、地球環境を第一に考えるならば、資源消費国も何らかの形で負担するのは当然と思う。経済的要因が入った行動は、その効果が期待できる。

これまでの鉱害対策の歴史を振り返ってみると、日英の産業革命時は経済優先で環境に

ついて考慮しなかったし、また考慮が必要であると判断するに十分な情報や知識も欠落・不足していた。その後、経済活動に伴う環境負荷に関する情報や知識は蓄積され広く発信されるようになってきたが、21世紀初頭のこの時期においても、いくつかの混乱がみられる。国民の多くに基本的な科学的概念が理解されていないことがある。いくつかの誤解をもとに、企業は自らのイメージを高めようとする傾向がある。「リサイクル」や「ゼロエミッション」等の言葉を用いて企業の正当性を訴えることがある。「環境に優しい」という情緒的な言葉も、環境問題を本質から遠ざける。今日の国民の環境意識は、科学的な基礎概念から発せられているわけではないことが問題である。環境と鉱物資源の問題は、政治や経済、国際関係、国家の安全保障等多くの要素と関連しているので今後さらなる研究が必要である。

## 8.5 まとめ

本論文から以下のことが示唆された。

- a.** 今日の銅製錬業は、銅鉱石生産を主とする発展途上国、銅製錬を主とする先進国という形で国際分業の時代になった。
- b.** 英国や日本の産業革命時代とは、技術的にも、情報・知識的にも格段に進歩した現代においても鉱害問題が銅鉱石生産を主とする発展途上国で甚大な環境問題となっている。
- c.** 現代の環境問題に関係する課題として、「南北問題」、「多国籍企業」の問題があり、利益が発展途上国に適正に還元されない仕組みがある。
- d.** 環境問題は、企業や国の個別の取り組みでは限界があり、「フェアトレード」などの先進国と発展途上国が対等な立場での経済活動に伴う環境負荷の最小化のための費用を負担しあう国際的な仕組みが必要である。

注(\*はインターネット・ホームページからの引用)

8-1 「外務省：国際銅研究会の概要」

\*(<http://www.mofa.go.jp/MOFAJ/gaiko/commodity/icsg.html>)

8-2 「非鉄製錬業における地球温暖化対策の取り組み」

\*([www.metigo.jp/committee/.../g60208a0804j.pdf](http://www.metigo.jp/committee/.../g60208a0804j.pdf))

8-3 「地球温暖化防止への取り組み」

\*([www.mmc.co.jp/corporate/ja/03/06/report/...csr2008-18.pdf](http://www.mmc.co.jp/corporate/ja/03/06/report/...csr2008-18.pdf))

8-4 「自溶炉銅製錬法、金属資源情報センター」

\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/video/tec08/tec08j.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/video/tec08/tec08j.html))

8-5 「日鉱製錬(株)日立精銅工場」

\*(<http://www.nikko-metal.co.jp/company/hitachi/copper/index.html>)

8-6 「三菱マテリアル直島製錬所」

\*(<http://www.mmc.co.jp/naoshima/corporate/plant2.html>)

8-7 「DOWA ホールディング株式会社」

\*(<http://www.dowa.co.jp/saiyou/technology/smelting.html>)

8-8 「ニュース@いわき民放」

\*(<http://www.iwaki-minpo.co.jp/scripts/news.pl?date=2005-12-7>)

8-9 「日比共同製錬(株)玉野製錬所」

\*([www.jcda.or.jp/center/shuppan/dou159\\_04-05.pdf](http://www.jcda.or.jp/center/shuppan/dou159_04-05.pdf))

8-10 「四国新聞社」

\*(<http://news.shikoku-np.co.jp/kagawa/sosial/200104/20010407000023.html>)

8-11 「共同通信」

\*(<http://www.47news.jp/CN/200207/CN2002072601000452.html>)

8-12 「小坂製錬所環境汚染事故」

\*([http://www5e.biglobe.ne.jp/~HHJ/modeactuel\\_7.htm](http://www5e.biglobe.ne.jp/~HHJ/modeactuel_7.htm))

8-13 「能代河川国道事務所」

\*([http://www.thr.mlit.go.jp/noshiro/k\\_hap/h16/k\\_160601\\_kasen2/k\\_160601\\_kasenn2.htm](http://www.thr.mlit.go.jp/noshiro/k_hap/h16/k_160601_kasen2/k_160601_kasenn2.htm))

8-14 「ニュース>いわき民放」

\*([http://www.abc-iwaki.com/news/2007-11\\_13369.html](http://www.abc-iwaki.com/news/2007-11_13369.html))

8-15 「福島放送」

\*(<http://www.kfb.co.jp/news/index.cgi?n=200902087>)

8-16 「河北新報」

\*(<http://joho.kahoku.co.jp/member/backnum/news/2009/03/20090314t63011.htm>)

8-17 「豊羽鉱山」

\*(<http://www5.plala.or.jp/tepuia/minetoyoha.html>)

- 8-18 「フェアトレードについて」  
\*(<http://www.fukuneko-ya.org/FairTrade/whats-ft.html>)
- 8-19 「CSR と資源」  
\*(<http://www.daiwa-grp.jp/branding/dialogue/07/>)
- 8-20 「新古典派は市場原理否認」  
\*(<http://www.niwa-haruki.com/p013.html>)
- 8-21 「金属資源」  
\*(<http://www.s-yamaga.jp/kankyo/kankyo-shigen-1.htm>)
- 8-22 「資源の有限性の認識」  
\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/general/mineral\\_economics/pdf/mineral\\_eco9.pdf](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/general/mineral_economics/pdf/mineral_eco9.pdf))
- 8-23 「経済と環境講義ノート 細田衛士・青木健一郎」  
\*(<http://econ.keio.ac.jp/staff/hosoda/lecture/Lecture-note.pdf>)
- 8-24 「通商白書 2008」  
\*([http://www.meti.go.jp/report/tsuhaku2008/2008honbun\\_p/2008\\_16.pdf](http://www.meti.go.jp/report/tsuhaku2008/2008honbun_p/2008_16.pdf))
- 8-25 「フェアトレード」  
\*(<http://fairtradeiwate.web.fc2.com/about/fairtrade.html>)
- 8-26 「西山孝の『資源クライシスの深層』」  
\*(<http://eco.nikkei.co.jp/article/column/20091119/102662/>)
- 8-27 「住友金属鉱山株式会社」  
\*(<http://www.smm.co.jp/business/metal/touyo.html>)
- 8-28 「平成 20 年日本学術会議総合工学委員会持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会」  
\*(<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t60-6.pdf>)
- 8-29 「銅デマンドサイド分析」  
\*([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/market/brics/pdf/brics\\_05.pdf](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/market/brics/pdf/brics_05.pdf))

## 参考文献

- 秋元勇巳. 1998. 我が国鉱業の現状と 21 世紀の展望. 資源と素材. 114:389-396
- ブラウン, レスター. 福岡克也(監訳). 北濃秋子(訳). 2002. エコ・エコノミー. 家の光協会 415p
- ブラウン, レスター. 福岡克也(監訳). 北濃秋子(訳). 2003. エコ・エコノミー時代の地球を語る. 家の光協会 337p
- ブラウン, マイケル・バラット. 青山薫, 市橋秀夫(訳). 1998. フェア・トレード—公正なる貿易を求めて—. 新評論 372p
- 本多淳裕. 1990. 環境と資源の保全のためのリサイクル. エネルギー・資源. 11:397-405
- 猪俣二平. 2006. 私の足尾銅山製錬所—銅の世界史を見つめて—. 私家版 31p
- 環境省(編). 2007. 環境循環型社会白書(平成 19 年版). ぎょうせい 413p

- 経済産業省経済産業政策局調査統計部. 2003. 平成 14 年本邦鉱業の趨勢. 経済産業調査会
- 倉阪秀史. 2002. 環境を守るほど経済は発展する ゴミを出さずにサービスを売る経済学. 朝日新聞社  
247p
- 森俊介. 1992. 地球環境と資源問題. 岩波書店 234p
- 澤田賢治. 2004. 資源情報と鉱業政策. 資源と素材. 120:532-534
- サムエルソン, ポール A. 都留重人(訳). 1981. 新版サムエルソン経済学下. 岩波書店 977p
- 志賀美英. 2003. 鉱物資源論. 九州大学出版会 289p
- 資源エネルギー庁(監). 1978. '79 資源エネルギー年鑑. 通産資料調査会
- 資源エネルギー年鑑編集委員会(編). 2005. 2005-2006 資源エネルギー年鑑. 資源エネルギー年鑑編集委  
員会
- 谷口正次. 2001. 資源採掘から環境問題を考える—資源生産性の高い経済社会に向けて—. 海象社 68p
- Tilton, John E., 西山孝, 安達毅, 前田正史(訳). 2006. 持続可能な時代を求めて—資源枯渇の脅威を考える—.  
オーム社 175p
- 時政勲. 2001. 環境・資源経済学. 中央経済社 165p
- 槌田敦. 1983. 資源物理学入門. 日本放送協会 231p



## 第9章 結論

環境問題は20世紀に世界的に生じた。問題そのものは、既に産業革命時に現れていた。さらに歴史をさかのぼれば、人類の文明と共に環境問題は存在した。本論文は、現在の社会に直接影響を与えた産業革命時にさかのぼり、当時の鉱害問題を検討した。それがその後の社会にどのように影響を与えたのかを調べた。歴史を通して銅製錬に関する環境対策を追究した。鉱害にも多くの種類があるが、銅製錬を中心に検討した。

世界で初めて産業革命に成功した英国とそれに遅れて産業革命を成し遂げた日本を取り上げた。英国における研究対象地域はSwanseaを中心とする南Walesである。南Walesでは、英国のDevon及びCornwallの銅鉱石を原料として、南Walesの石炭を用いて銅の製錬が行なわれていた。日本では産業革命の初期に銅製錬が行なわれた足尾を取り上げた。足尾では足尾銅山から得られた銅鉱石を用いて銅製錬が行なわれた。

日英その他の国は産業革命を経験したが、それを経験しない国々を含めて、20世紀半ば過ぎになると、新しい経済構造が生じた。南の発展途上国が鉱物資源を持ち、それを輸出し、先進国が製錬する構図である。これに注目して、本論文後半では、20世紀環境史について足尾銅山鉱害の問題と関連付けてまとめた。さらに21世紀初頭の現在、世界一の銅産出高の国であるチリにおける問題点を調べた。また、現代に視点を置いて、鉱害の問題点を捉えた。以上の考察の結果、鉱害を含む環境問題解決への道を探った。

以上本論文での対象地域は日本(足尾)、英国(Swansea)、チリ等になる。また時代的には英国で産業革命の生じた18世紀半ば以降となっている。それらの詳細な記述だけが目的ではない。鉱害の種類や対象地域を絞ったが、鉱害を通して広く環境問題の本質に迫ろうとした。

第1章では、研究の背景、研究の目的、本論文の構成を示した。第2章「銅製錬と環境」では、銅鉱石と製錬、銅鉱物資源開発の歴史、銅製錬と鉱山開発の環境への影響及び対策を記した。第3章「英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響」では、初めて産業革命を起こした英国の環境に対する姿勢を、銅製錬を通して浮かび上がらせようとした。第4章「日本の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響」では、日本の足尾を取り上げ、日本の最初の産業革命時の環境に対する姿勢を、銅製錬を通して浮かび上がらせようとした。第5章「日本と英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響の比較」では、日英で異なる性格の産業革命の中で、銅製錬を通して環境に対する姿勢の比較を行った。第6章「20世紀環境史における足尾銅山鉱害の問題」では、日本の産業革命後の足尾銅山の変化をしらべた。また、20世紀の日本と世界の環境問題の歴史的变化を見た。このことによって足尾銅山鉱害問題の位置づけをねらった。第7章「チリにおける銅鉱業と環境」では、現代の銅の世界一の生産国であるチリを取り上げ、どのような問題点があるのか検討した。第8章「銅鉱

業を主とする環境問題の現代的課題」では、現代の問題というだけでなく、銅鉱業を通して環境問題の普遍的課題を探った。

以上をまとめて、本論文では以下のように結論づけることができる。

#### (1)英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響

英国、Wales、Swansea における銅製錬が自然環境及び社会に及ぼした歴史的段階を 1.汚染源発生、2.現象の認知、3.反対運動、4.現象の科学的解釈、5.対策、6.終息の 6 段階とした。これらの段階は、おおよその順序で生じるが、ある段階が終了してから次の段階に進むのではなく、ある段階の事象が継続していながら次の段階の活動が行われている例があった。

銅製錬が Swansea を中心とする地域で盛んになった一因に、Cornwall の銅鉱石と南 Wales の石炭の存在がある。豊富で安価で容易に手に入る石炭は製錬時に還元剤として、大量に石炭を使う製錬法であるウェールズ法にも適していた。坑内の水の汲み上げのため蒸気機関が使用され、石炭がその燃料になった。蒸気機関の使用により銅鉱石の産出が増えるという効果を招いた。

この時代の技術は生産のための技術が中心で、環境への影響に注意が払われていなかった。はじめ還元剤として木炭が使われていたが、その後コークスが使われた。そのように状況が変わっても、坑木等に木材は使われ、煙害で森林は被害を受けた。また廃水によって河川の汚染は進んだ。製錬によって生じた廃石も環境汚染のもととなった。

当時は鉱害が社会的に認められる以前の社会であった。当時の司法制度も被害を受けた住民にとって不利であった。被害住民は、発生源と被害との因果関係はもとより、相関関係も説明することはできなかった。人々は鉱害に対し個人レベルで対処しなければならない時代であった。

#### (2)日本の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響

足尾銅山の鉱害の歴史的段階として、1.汚染源発生、2.現象の認知、3.反対運動、4.現象の科学的解釈、5.対策、6.終息の 6 段階を設定した。それぞれの段階の始まりの事件を並べると、おおよその段階の順に出来事が進行したが、同時並行で進行する段階もある。

1877 年の古河家の足尾銅山の経営開始が汚染源の発生の源流であった。日本の産業革命は後発であった。そのために当時の先進国の最新の技術を取り入れることができた。足尾銅山でもベセマ製錬法の導入、コークスの輸入、さらにその製造、発電所及び電気の利用等の技術を導入した。これらにより産業の発展という目的を果たしたが、鉱害については考慮されていなかった。

足尾銅山、試練所が内陸部にあったことも、鉱害に影響を与えた。鉱害を時間的にも空間的にも広域化させた。渡良瀬川の上流、中下流で時期的な違い、また鉱害の性格に違いを生じさせた。さらに鉱害反対運動にも影響を与え、上流、中下流でその反対運動の性格が異なった。

当時の日本は国家体制の変革直後であり、国家の主導で事業が進められていた。鉱害防止のため有効な科学的技術もなかったが、鉱害が発生するのを承知の上で国家的利益を優先して操業が続けられた。「押し出し」という大衆運動や田中正造の政治活動があった。それらの活動は失敗に終わったが、近代日本の鉱害問題の先駆けとなり、その後に影響を与えた。

### (3) 日本と英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響の比較

日本の足尾と英国の **Swansea** の銅製錬による環境問題の進展を 1, 汚染源発生、2, 現象の認知、3, 反対運動、4, 現象の科学的解釈、5, 対策、6, 終息、の 6 段階として比較を試みた。両地域とも、それぞれの段階が直線状に配置するのではなく、ある段階の事象が他の段階の事象とともに共存している例も多い。とくに 3, 反対運動、4, 現象の科学的解釈、5, 対策が並行している例がある。

両者の産業革命は地域と時期が異なり、別の政治体制の中で起きた事象であるが、共通点と相違点がある。共通点のひとつとして、両地域とも、鉱害という意識が社会的に認知される以前であり、環境よりも生産優先の社会風潮の中で問題が起きた。両地域とも初期は製錬時の還元剤として木炭が使われた。また建設用材に木材は使われた。木材の不足により両地域は、還元剤をコークスに変更した。しかし生産が増加するほど、大量の二酸化硫黄が生じて住民、森林、家畜等が被害を受けた。

両地域の相違点として、**Swansea** では汚染源を公的に特定できない状況であったが、足尾の場合、汚染源と被害との相関関係は、はっきりしていても汚染源と被害とのメカニズムが不明の状況であった。市民社会が成熟しつつあった英国と国家主導の日本とで、鉱害に対する人々の態度に違いが表れた。英国では個人的動機に基づいて環境に対する行動を起こした例があった。産業革命を初めて起こした英国と後追いの日本を比べると、生産という面では日本に有利に働いた。しかし環境対策上の有利さはなかった。沿岸部の **Swansea** と内陸部の足尾という地理的な相違は、環境への影響で大きな相違となった。

### (4) 20 世紀環境史における足尾銅山鉱害の問題

20 世紀の環境の歴史を、第 1 期(1901 年~1972 年)、第 2 期 1973 年~1988 年)、第 3 期(1989 年~2000 年)の 3 期に分類した。第 1 期は足尾銅山の操業期であった。古河オートクランプ法導入以降、二酸化硫黄の排出はなくなったが、山野の荒廃は続いた。日本国内では、足尾ばかりではなく広く公害が発生し、それらに対応するための法整備がなされた。環境問題解決を目指した世界的な会議や「成長の限界」のような提言がなされた。第 2 期は足尾では製錬所だけの操業の時期だが、下流に鉱毒が流れて、被害を与えた事件もあった。日本国内では、前期末期から環境庁が活動を始めた。人々の意識も公害問題から環境問題へと変わっていった。世界的には、環境問題をテーマとするさまざまな国際会議が開かれた。第 3 期は足尾では製錬所も廃止されたが、周辺の緑化活動は継続中であった。下流の遊水

地の整備が行われた。日本国内では、さまざまな環境問題に対応するため、法律の整備がなされた。国際的には初の環境サミット、地球サミット等が開催され、環境についての国際的な行動が必要とされる時期に入った。

20 世紀環境史の中で、足尾以外の多くの箇所で環境問題が生じた。20 世紀環境史における足尾銅山鉱害問題の意義は、現在発展途上国で生じている環境問題の要素を足尾銅山鉱害問題が含んでいたということである。

20 世紀の環境問題で、問題地域の拡大があった。地球の有限性という事実から環境問題を地球規模に考える時代になった。20 世紀環境史の中で、地球の環境問題をひとつのシステムと考える取り組みがでてきた。「成長の限界」モデルはそのひとつである。しかし、その後の現実社会における数値と異なっていること、あまりに単純化していることなどの欠点があった。

#### (5)チリにおける銅鉱業と環境

チリは 19 世紀半ばから銅の採掘をしてきているが、環境問題に対し本格的な取り組みを始めたのが、20 世紀末であった。21 世紀初頭の現在、銅の産出高が世界一であるが、鉱業と環境の問題も進行中である。鉱害を防ぐには、科学技術以外に法律、政治、経済等の諸分野の体制が整っていなければならない。これまでチリはそれらが不完全であった。

地理的条件が異なれば、環境問題もそれに応じて変化する。チリ北部の砂漠地帯の場合、採掘、製錬で水の確保が重要になっている。農業等他産業と鉱業との間の水の利用の問題や農業用水の汚染問題等がある。チリが持っている条件は、唯一無二の存在であり、過去の歴史を真似るわけにはいかない。現状のチリは過去の歴史の反映でもある。チリで 20 世紀末に始まった法整備もまだ十分ではない。国際化時代になり一国の努力では、限界のある事項もある。発展途上国の銅産出国が生産した精鉱を、先進国が輸入して製錬するという状況もある。チリと日本の関係は、これに当たる。途上国は廃棄物に関しても不利な立場に立たされている。

経済的に比重が大きい企業が環境問題で大きな影響を持っているとは限らない。SSM(小規模鉱山)は、経済的比重は小さいが、設備の不十分さから鉱害を発生させている。SSM は、小規模ながら、鉱害問題において無視できない存在である。

#### (6)銅鉱業を主とする環境問題の現代的課題

21 世紀初頭の現在、銅製錬についても国際分業が行われている。銅鉱石の最大の産出国は自国で製錬も行うが、銅鉱石(精鉱)の輸出も行っている。それを日本は輸入して製錬を行っている。現在の日本の環境技術は世界の上位にある。これは環境対策にもなるが、同時に経済的に優位な状態にたつことができる。優秀な技術を持っていても、鉱害、事故はいつでも起こりえると考えべきである。実際、21 世紀にはいつからでも、事故の事例はある。

これまで資源と環境の問題を追究してきたが、これは多くの問題と関係する。南北問題

とその構造を利用している多国籍企業の活動は環境問題に好ましくない影響を与えている。また経済的要素は環境問題と密接に関係する。環境問題の解決にあたり、「フェアトレード」などの先進国と発展途上国が対等な立場での経済活動に伴う環境対策が必要である。資源と環境問題の解決方法は一つと考えるべきではなく、いろいろな方向を探るべきである。問題の解決にあたり、「地球の有限性」、「調和」、「総合」という見方を基本にして取り組むべきである。

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、終始懇切なるご指導とご助言ならびに種々のご高配を賜りました早稲田大学人間科学学術院 森川靖教授に謹んで感謝の意を表します。教授からは9年間の長きにわたり指導を受けました。この辛抱強く包容力のある教授の個性は論文完成の大きな力となりました。重ねて御礼申し上げます。

早稲田大学教育・総合科学学術院 円城寺守教授からは鉦床学上の有益な情報をいただきました。深く感謝申し上げます。

英国 Swansea の National Waterfront Museum の Robert Protheroe\_Jones 氏からは、Swansea 周辺の銅製錬について有益な情報をいただきました。深く感謝申し上げます。

鉦山研究会の会員の多くの皆様から貴重なご意見、情報をいただき、感謝申し上げます。

早稲田大学人間科学学術院環境生態学研究室の職員、院生、学生の皆様から、私の研究に対し種々の便宜を図っていただきました。ここに感謝申し上げます。

川口市立県陽高等学校教諭 土肥美和氏から、英語表現上の問題についてご教示をいただきました。ここに感謝申し上げます。

川口市立川口高等学校 AET の Paul Hanna 氏から英国内の情報をいただきました。また英語表現についてご教示いただきました。ここに感謝申し上げます。

私の研究を応援してくれた妻の英子、長男厚、喜子夫妻、長女英里に感謝いたします。隣家の孫の星弥は、よく遊びに来て私の仕事の疲れを取ってくれました。私の研究活動にも関心を示し、私に未来の時間を思い浮かべる喜びを与えてくれました。

## 業績リスト

### 学位論文

地質学を通して見る 19 世紀の自然観 (1996) 早稲田大学大学院社会科学研究科修士論文

### 査読付き論文

島崎光清(2008) 日本の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響,人間科学研究, Vol.21, pp.53-66

島崎光清(2008) 英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響,人間科学研究, Vol.21, pp.67-83

島崎光清(2008) 日本と英国の主として産業革命時の銅製錬が自然環境及び社会にもたらした影響の比較,人間科学研究, Vol.21, pp.85-96