

氏 名	伊 藤 福 夫
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 125 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	銅鉱の鉱床内浸出法に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 伊 藤 一 郎 教授 瀧 本 清 教授 向 井 滋

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、とくに銅鉱山を対象として、採掘の際に坑内に残された鉱石に浸出法を直接応用して、これらの銅鉱石から銅を回収しようとする鉱床内浸出法について基礎的に研究した結果をまとめたもので、6章から成っている。

第1章は緒論で、まずわが国の銅鉱山に適用されている鉱床内浸出法の現況を述べ、それらがいずれも経験を主にした操業法に依存していて、学問的な立場から系統的に研究されていない欠点を指摘し、とくに鉱床内という特殊の環境に浸出法を直接適用して浸出効果をあげるためには、浸出法の適用条件や実施の方法などについて研究すべき問題が多く残されていることを述べ、この研究の目的と内容を明らかにしている。

第2章では、浸出反応に与る溶液を Fe^{+++} — Fe^{++} 系溶液、水—空気系溶液および酸の3種に分け、それぞれの溶液による浸出の機構について考察した結果を述べている。すなわち、 Fe^{+++} — Fe^{++} 系あるいは水—空気系など、酸化剤を含む溶液によれば銅成分は Cu^{++} となって溶液中に浸出するといわれているが、著者は、鉱物の単極電位とこれらの溶液の酸化還元電位とを測定し、それらの結果よりこれらの溶液による浸出は酸化還元反応の機構によって説明できることを示している。また、酸による浸出については、硫酸による黄銅鉱の浸出の場合をとり上げ、交流電解法を用いて反応を促進せしめた場合の反応生成物を分析し検討することによって、この場合の浸出機構を考察している。つぎにX線回折法を用いて浸出前および浸出後の銅鉱物の組成を比較し、たとえば黄銅鉱からの浸出反応においては、反応の途中の段階では CuS , FeS のような硫化物が生成するが、最終的にはこれらが硫酸塩となって浸出していることを確かめている。

第3章では、浸出条件と銅浸出量との関係について検討した結果を述べている。この章における浸出実験は、粒度の影響を検討する場合を除き、すべて14～20メッシュに調整した黄銅鉱を試料として行なったものである。まず、浸出反応の溶媒としては銅鉱床内で自然に生成している硫酸第二鉄溶液および硫酸溶

液を主な対象とし、これらの稀薄溶液について溶媒濃度と銅浸出量との関係を検討している。その結果、硫酸第二鉄および硫酸のいずれにおいても、0.05～2.0%の濃度範囲では、濃度の高いものほど浸出効果が大きい、その効果の現われ方は溶媒の種類によって異なり、同一条件で同一濃度における銅浸出量を比較すると、硫酸第二鉄溶液を用いた場合には硫酸を用いた場合のほぼ10倍の浸出量が得られ、硫酸第二鉄溶液がきわめて有効な溶媒であることを示している。また硫酸の場合は、この実験で扱った程度の稀薄溶液では、濃度を高めてもその割に浸出量は増加せず、浸出量に及ぼす濃度の影響は硫酸第二鉄に比べれば著しくないと指摘している。つぎに、いずれの溶媒を用いた場合も、空気攪拌を行なえば、これを行なわなかった場合に比べて2～5倍も銅浸出量を増加しようと述べ、しかもこのような空気攪拌の効果は浸出時間の経過とともにより明瞭に現われてくることを見出している。さらにまた、1回ごとに溶媒を更新して用いた場合は、反応後の浸出液を溶媒として繰返えして用いた場合に比べて浸出効果が大きいことを認めている。

以上のほかに、硫酸第二鉄および硫酸のいずれを用いた場合も、酸性側の pH 領域で pH が小さい値をとる場合ほど多量の銅を浸出し、とくに硫酸第二鉄溶液の場合は、pH 値が 2.5 以下となれば急激に銅浸出量が増加すること、また、鉱石の粒度が小さく反応に与る鉱粒の表面積が増えるほど、さらにまた溶媒温度が高くなるほど、これらにほぼ比例して銅浸出量が増加することなどを示している。

第4章では、主として黄銅鉱を試料として種々の環境条件のもとでその酸化の程度を測定し、湿度、温度などが酸化の程度に及ぼす影響について検討するとともに、鉱石の酸化の程度と浸出量との関係について究明している。すなわち、まず、鉱石の酸化の程度は消費された酸素量を Warburg 管を用いて測定して求めたことを述べ、ついで湿度および温度が一定の場合には、黄銅鉱の酸化に伴う酸素消費量は処理時間の対数値と直線的な関係をもって増加すること、したがって、酸化速度は処理時間が比較的に短い場合の方が大きく、ある一定時間以上経過した後では酸化は緩慢となることを指摘し、このことは鉱床内浸出法における乾燥時間の決定に際して考慮すべき重要な事柄であると述べている。また、処理時間が一定の場合の鉱石の酸化の程度は、湿度および温度が高くなるにつれて増大するが、湿度については80%、温度については 40°C を越える高い値を示す場合には、その増大の程度がとくに著しくなることを明らかにしている。つぎに、酸化の程度の異なった黄銅鉱を試料として行なった浸出実験の結果を検討し、一定質量の鉱石からの銅浸出量は、鉱石の酸化が進んだものほど指数関数的に増大することを示し、鉱床内浸出法における鉱石酸化の重要性を強調している。

第5章では、著者の行なった種々の実験の成果に基づいて、鉱床内浸出法を実地に適用する方法についての著者の考えを述べ、鉱脈型鉱床に対する実施計画案を示している。すなわち、鉱床内において浸出法を効果的に実施するためには、溶媒としては0.5%程度の濃度の硫酸第二鉄溶液を利用するのが経済的で、一方、できるだけ反応に与る鉱石の表面積を増し、給気によって鉱石の酸化を促進せしめることが必要であり、また、給水浸出3日後には4日間の乾燥時間を設け、7日を1サイクルとする浸出方式により実施するのが効果的であることを指摘し、なお銅の総浸出量は給水量にほぼ比例して直線的に増加するという実験結果を示して、可能なかぎり多量の給水を行なう方が望ましいなどの考えを提示している。ついで、実際に鉱床内浸出法の操業を行なっている小坂鉱山の実績を検討し、実績に現われている銅浸出量の

増減の傾向は、以上の観点から整理分析すればほぼ矛盾なく説明できると述べている。

つぎに、鉱脈型鉱床に対して鉱床内浸出法を実施する例として、足尾銅山光前第一枝鍾の一次採掘跡に残された銅量 840 t に及ぶ銅を対象として実施する計画案を示している。まず、この鉱床の銅である黄銅鉱を試料として硫酸第二鉄の稀薄溶液を用いて浸出実験を行ない、銅の浸出性、リーチング・サイクルの効果などを確かめた後、これらの成績をもとにしてこの地区に鉱床内浸出法を実施する具体的な方法を詳しく説明し、人件費については足尾銅山における実績、材料費については時価を用いて採算性についての検討も行ない、このような鉱床内浸出法によって残銅を有利に回収できることを示している。

第6章は結論であって、以上の研究結果を総括して述べている。

論文審査の結果の要旨

銅山においては、低品位その他の理由により、採掘の際に坑内にとり残される銅の量はかなり多い。資源に乏しいわが国では、このような坑内に残された遺利をできるだけ多く回収し利用することが要望されている。鉱床内浸出法はその一つの方法であるが、この方法については、鉱床内という特殊の環境に適応して浸出法をいかに有効に適用するかという点についてなお研究すべき問題が多く残されている。この論文は、とくに銅鉱床を対象として行なう鉱床内浸出法について基礎的な諸問題を研究したものである。

著者は、鉱床内浸出法を経済的に有利に適用するためには、鉱床内において自然に生成されている諸条件を可能なかぎり最大限に活かしつつ浸出法を適用すべきであるという基本的な考えのもとにこの研究を進め、つぎのような成果をあげている。

(1) 浸出法を適用する場合もっとも大切な溶媒については、多くの銅鉱床内で自然に生成されている 0.05~2.0% 程度の稀薄濃度の硫酸第二鉄あるいは硫酸溶液を利用することを考え、これらの濃度範囲の上記 2 種の稀薄溶液を用いて種々の条件のもとで多くの浸出実験を行なった結果、硫酸第二鉄および硫酸の両者とも、溶液濃度が高くなれば銅浸出量も増加するが、同一条件で同一濃度における銅浸出量を比較すると、硫酸第二鉄溶液を用いた場合には硫酸を用いた場合のほぼ 10 倍の浸出量が得られることを見出し、この程度の稀薄濃度の硫酸第二鉄溶液でも実用上十分な浸出効果が得られることを明らかにしている。

(2) 溶媒として硫酸第二鉄を用いた場合には、銅浸出量に及ぼす pH の影響が著しく、一般に pH 値が低下するほど銅浸出量を増すが、とくに pH 値が 2.5 以下となれば急激に銅浸出量が増加することを認めている。

(3) 銅の酸化の程度と銅浸出量との関係を検討し、一定質量の銅からの銅浸出量は、銅の酸化の進んだものほど指数関数的に増加することを明らかにし、鉱床内浸出法における銅酸化の重要性を指摘している。

(4) 種々の環境条件と銅の酸化度との関係を 2, 3 の銅物について詳しく検討し、多くの銅鉱床の主要構成銅物である黄銅鉱がかなりの被酸化性をもつこと、また湿度および温度が高くなれば銅の酸化度は増大するが、とくに 80% 以上の湿度あるいは 40°C 以上の温度のもとでは、銅の酸化が急速に進むことを示し、このような意味で坑内の環境が鉱床内浸出法に適したものであることを明らかにしている。

(5) 鉍石の酸化度の測定および浸出実験の結果に基づき、休みなく連続的に給水して浸出を行なうよりも、一定の浸出時間後にはほぼこれと同程度の乾燥時間を設け、この間に給気によって酸化を促進せしめつつ浸出させる方式がきわめて効果的であることを明らかにし、従来見られなかった独自の浸出方式を提示している。

(6) 著者が行なった種々の実験の成果に基づいて、鉍脈型鉍床に対する鉍床内浸出法の実施計画案を具体的に例示し、残銅鉍の二次回収の方法として鉍床内浸出法が十分考慮に価するものであることを示唆している。

これを要するにこの論文は、銅鉍の鉍床内浸出法について基礎的な研究を行ない、銅鉍床内で自然に生成されている諸条件のもとでの銅鉍の浸出性について主要な事項を明らかにし、合理的な銅鉍の鉍床内浸出法の計画立案と実施に有用な資料を与え、未利用資源の活用に対して貢献したものであって、学術上、工業上寄与するところが少なくない。よってこの論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。