



Title	硫化銅鉱の水素による部分脱硫およびその塩酸浸出に関する研究
Author(s)	芝山, 良二; Shibayama, Ryoji; 田中, 時昭 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 110, 13-24
Issue Date	1982-09-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41737
Type	departmental bulletin paper
File Information	110_13-24.pdf



硫化銅鉱の水素による部分脱硫および その塩酸浸出に関する研究

芝山良二 田中時昭
(昭和57年6月15日受理)

Partial Desulfurization of Copper Concentrates with Hydrogen and Copper Enrichment by Hydrochloric Acid Leaching

Ryoji SHIBAYAMA Tokiaki TANAKA
(Received June 15, 1982)

Abstract

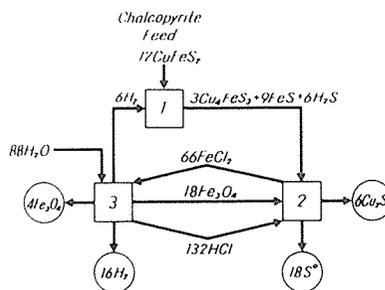
The activated leaching of chalcopyrite with hydrogen was investigated in this paper for the up-grading of concentrates and the recovery of S as S⁰ and of as Fe₃O₄. Desulfurization of copper concentrates with hydrogen was found to be most effective as compared to thermal decomposition under reduced pressure or in an inert gas stream. The reaction proceeds as shown below:



Coagulation of the deposited FeS into a massive particle and formation of bornite phase surrounding it were observed under a light microscope. Also, it was found that partially reduced products were leached readily by hydrochloric acid solution with a vigorous evolution of H₂S and then Cu₂S was formed. The dissolution of iron in bornite was affected significantly by nonstoichiometry of bornite and was slightly influenced on the acid concentration or leaching temperature.

1. 緒 言

銅製錬に使用されている銅精鉱の品位は20数%程度で、その主要構成鉱物は黄銅鉱(CuFeS₂)である。黄銅鉱を主体とする精鉱である限り、銅品位に対し35%以上を期待することは難しい。一方、CuFeS₂を熱分解あるいは水素還元等の方法により25%程度脱硫すると、その組成はCu-Fe-S系の三元状態図上でCu₂S-FeSを結ぶ線上に達する。Cu₂



- 1 $12\text{CuFeS}_2 + 6\text{H}_2 = 3\text{Cu}_4\text{FeS}_2 + 9\text{FeS} + 6\text{H}_2\text{S}$
- 2 $3\text{Cu}_4\text{FeS}_2 + 9\text{FeS} + 18\text{Fe}_3\text{O}_4 + 132\text{HCl} + 6\text{H}_2\text{S} = 66\text{FeCl}_2 + 6\text{Cu}_2\text{S} + 18\text{S}^0 + 17\text{H}_2\text{O}$
- 3 $66\text{FeCl}_2 + 88\text{H}_2\text{O} = 22\text{Fe}_3\text{O}_4 + 132\text{HCl} + 22\text{H}_2$

Fig. 1 Process scheme for the pretreatment of copper concentrates by hydrogen.

S-FeS 擬二元系状態図によれば, CuFeS_2 は夫々非化学量論組成を有する Cu_4FeS_3 (bornite) と FeS の二相に分離する。

Cu_4FeS_3 は銅濃度 62.6% となることから, Cu_4FeS_3 を FeS と分離し得るならば, 銅精鉱の品位向上のほか従来 Slag として廃棄されていた鉄分の回収, 更には硫黄についても単体硫黄としての回収ができ, 硫酸の過剰生産に対し柔軟性を保てる。このため Fig. 1 に示すフローシートによる処理法を提案し, 各構成反応について研究を行った。本報では黄銅鉱の脱硫反応および脱硫産物の塩酸浸出結果について報告する。

2. 実 験

2. 1 実験試料

実験に供した硫化銅鉱は Pecco 鉱山産の銅精鉱と鉱物標本級の黄銅鉱結晶を -70~+200 mesh

Table 1 The analysis of chalcopyrite concentrates.

C u	F e	S	P b	Z n	B i	C o
22.2	28.6	39.3	1.5	0.50	0.30	0.30
*24.6	*31.8	*43.6	*Cu+Fe+S=100%			
CaO	MgO	SiO ₂	A u		A g	
0.71	0.77	5.1	11.7g / t		107g / t	

に粉碎した二種である。精鉱の分析値を Table 1 に掲げた。X 線回折より構成鉱物として黄銅鉱, pyrite (FeS_2) および magnetite (Fe_3O_4) が同定された。また顕微鏡観察から上記鉱物以外に, covellite (CuS) も認められた。一方, 天然産黄銅鉱結晶の化学分析結果は化学量論値と一致し, X 線回折結果からも純粋な黄銅鉱であることが確かめられた。

2. 2 実験方法

黄銅鉱の熱的挙動を調べる実験は前記純粋黄銅鉱を試料とし, 縦型石英反応管で行った。Ar および H_2 気流中での実験ではガス流量 500 ml/min, 試料量 100 mg とし, また, 減圧下の場合は 10^{-2} ~ 10^{-3} mmHg および 500 mg の条件とした。

試料は石英バスケットに入れ, 反応管上部に取りつけた巻き上げ用コックで反応管を引上げておき, 炉が所定温度に達した後, 降下させ所定反応時間経過後, 再び反応管上部に引上げ急冷させた。次いで反応前後の重量変化を測定するとともに X 線回折および検鏡用の試料とした。

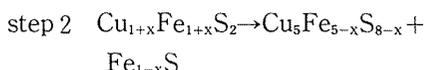
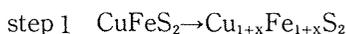
塩酸浸出実験用の試料は銅精鉱については 6 g, 黄銅鉱では 4 g を夫々, H_2 流量 100 ml/min で水素還元したもので, 塩酸浸出時には, 銅精鉱の場合は 4 g, 黄銅鉱については 2.5 g を試料量とし, 所定の温度, 酸濃度の溶液 200 ml 中で浸出し反局応時間経過後, 直ちにガラスフィルターで濾過乾燥した。浸出中の攪拌は 2 分毎に 1 回浸出容器を軽く振り動かす程度とした。浸出残渣の分析は Cu, Fe については容量法, また S については水素還元による重量法を用いた。銅精鉱中の Fe, Cu および S 以外の成分や脈石については分析をしていないため, Cu, Fe および S の分析値の合計が 100% となるように, それぞれの分析値を補正した。

bornite の塩酸浸出挙動を調べるために使用した bornite の合成試料は, まず Cu_2S , CuS および FeS をそれぞれ真空アンプル中で金属と結晶硫黄から合成し, その後これら各硫化物を所定の組成比となるよう秤量混合し, 真空アンプル中で再合成した。

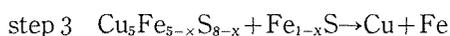
3. 実験結果および考察

3. 1 脱硫曲線と固体生成物

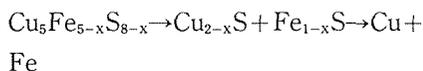
Fig. 2 に各種雰囲気下における黄銅鉱の脱硫時に得られた重量減少曲線を示した。また、Table 2 に各温度における固体生成物の X 線回析による同定結果も併せて示した。Table 2 によれば、 CuFeS_2 は次の各段階を経て脱硫が進むことがわかる。



また H_2 気流中ではさらに上記段階に続いて、



の過程が伴い金属相が生成する。なお Cu_{2-x}S 相が同定されていないことから、下記のような過程を経由する金属相の生成は起らないことがわかる。



上述の生成物相の変化を Fig. 2 の脱硫曲線と対比して考えると、 500°C 付近で脱硫の著しい立ち上がりがみられ、これは step 1 に相当する。しかし、step 2 および 3 に対応する変化は脱硫曲線中には認められない。一方、示差熱分析結果によれば 500°C 付近に明らかに step 1 に相当する吸熱ピークが得られたが、他の段階に対応したピークは見出されなかった。したがって、step 2 の相変化は温度よりもむしろ脱硫量に強く依存しているといえ、X 線回析結果からも脱硫率が 14% 以上になるといずれの雰囲気でも $\text{Cu}_5\text{Fe}_{5-x}\text{S}_{8-x}$ と Fe_{1-x}S の二相に分解していることがわかった。

$\text{Cu}_5\text{Fe}_{5-x}\text{S}_{8-x}$ であらわされる bornite 相¹⁾ は天然には Cu_5FeS_4 ($x=4$) の組成で安定に存在する非化学量論化合物である。Cu-Fe-S 系三元状態図²⁾ によれば、 Cu_2S と FeS を結ぶ線上より金属側には硫化物単相領域はなく、金属との共存域となる。この状態に対応する bornite 相としては Cu_4FeS_3 の組成が知られている。このことから黄銅鉱が、

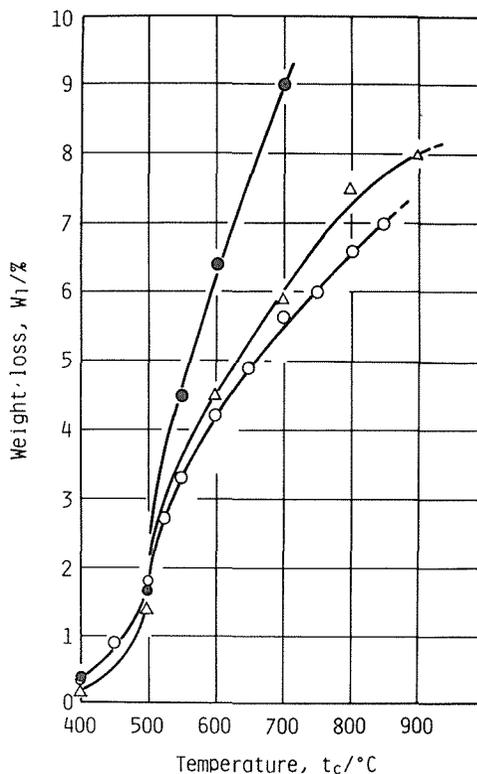


Fig. 2 Effects of temperature and atmosphere on the desulfurization of chalcopyrite.

● H_2 , 15 min △ Vacuum, 1 h ○ Ar, 4 h

Table 2 X-ray diffraction analysis of desulfurized chalcopyrite.

temp. °C	400	500	600	700	800	900
atmosphere						
Ar	α	β	β	β , b, p	b, p, β	
Vacuum	α	β	β	β , b, p	b, p, β	b, p
H_2	α	β	β , b, p	p, b, c, i		

α : CuFeS_2 , β : $\text{Cu}_{1-x}\text{Fe}_{1-x}\text{S}_2$, b: $\text{Cu}_5\text{Fe}_{5-x}\text{S}_{8-x}$, p: Fe_{1-x}S , c: Cu, i: Fe



の反応に相当する 25%以上の脱硫を受けると金属相の生成が起始されると考えられる。このことは 700°Cの水素還元時の金属の生成結果とよく一致する。

3. 2 脱硫に伴う相変化の観察

CuFeS₂粒子の脱硫時の相変化を知るため前述の試料について粒子断面の光学顕微鏡観察を行い以下の諸事実を確認した。

step 1 に相当する Cu_{1+x}Fe_{1+x}S₂ (β-chalcopyrite) への変化は粒子表面から内部に向って、トポケミカルに進行するのではなく、粒子全体が一様に β 相に変化する。また、この変態に伴う粒子内でのクラックの発生あるいは生成物相のポーラスな組織への変化もみられなかった。この段階で認められる唯一の変化は粒子全体の色調が赤味がかかる程度であった。

step 2 の β 相から bornite 相への移行過程では step 1 と同様にトポケミカルの bornite 相の生成は認められず、Photo. 1 に示すように粒子内部にラメラ状に析出してくる。また脱硫率が大きくなるにつれ、析出物相の幅が広がる現象がみられた。さらにこのような bornite の帯状析出の段階では、FeS 相と明確に同定できるような析出物は認められなかった。

この状態がさらに進行すると、bornite 相の面積が β 相より大きくなり、逆に bornite 相中に帯状に β 相が存在する状態になる。この段階では、未反応 β 相とみられる部分の色調が次第に白くなり、FeS 相に変化したと思われる組織もみられる。しかし、この試料を徐冷すると、bornite、FeS および β 相の三相がそれぞれ独立して分布しており、熱分解では bornite と FeS の完全な二相化まで脱硫を進めることが困難であることがわかった。

一方、水素雰囲気においても、β 相内にラメラ状に bornite 相が現われる過程までは前述の熱分解時と同様であった。しかし、水素による処理では脱硫速度が大きくなるため、粒子周辺部で急速に bornite 相の成長が進み、その結果未反応 β 相は粒子中央部に球状に取り残された状態

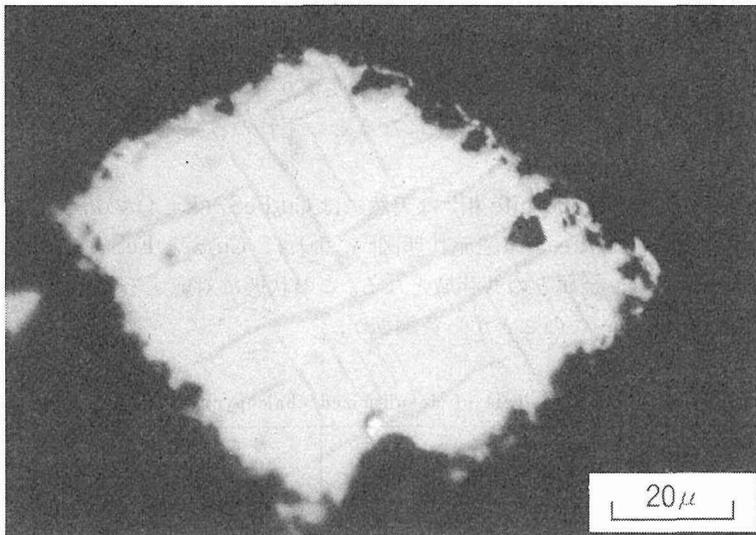


Photo. 1 Photomicrograph showing the initiation of bornite phase from β-chalcopyrite. The dark lamellae are bornite.

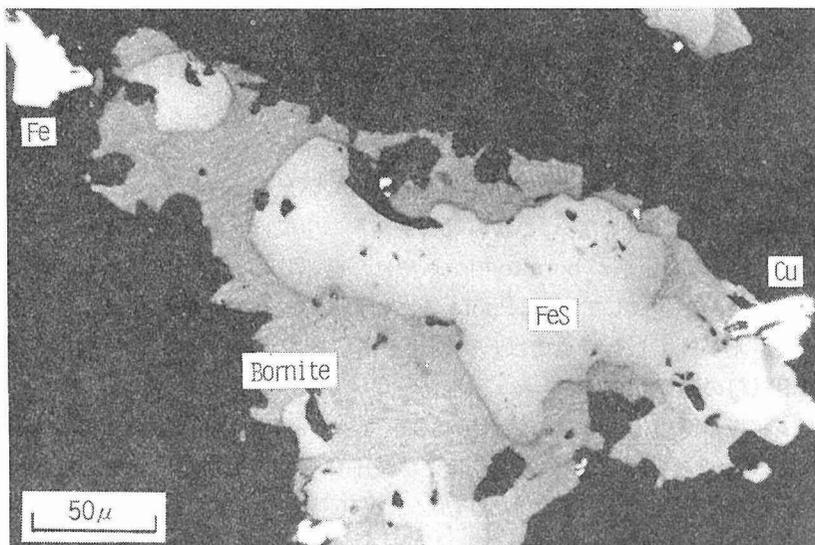


Photo. 2 Chacopyrite particle after reduction with hydrogen showing the formation of pyrrhotite and bornite. The light-colored lamellae in bonite are pyrrhotite exsolving from bornite solid solution.

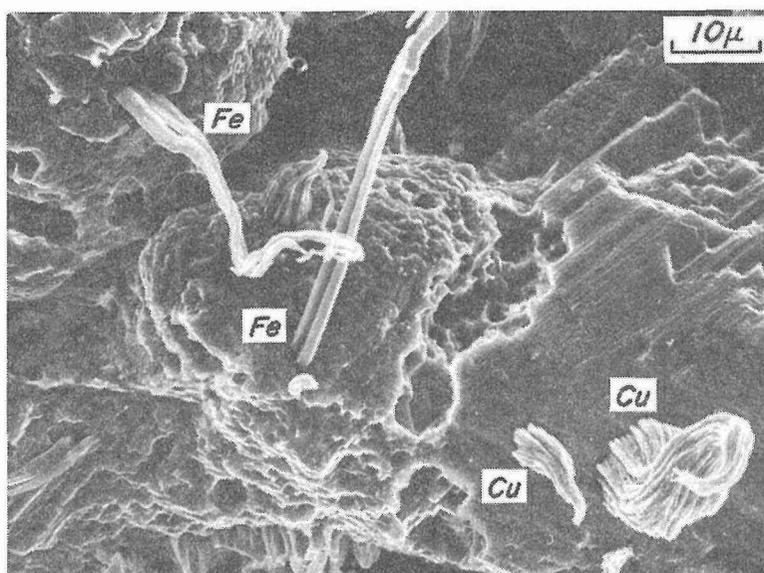


Photo. 3 Scanning electron micrograph showing the growth of metallic copper and iron after reduction chalcopyrite with H_2 at 800 °C.

となる。その後脱硫の進行とともに、 β 相の縮小と bornite 相領域の拡大化が起り、中央部の β 相は色調の変化を伴いつつ FeS 相に変態する現象が確められた。(Photo. 2 参照)

このように、水素による部分脱硫では強い還元力のため、熱分解とは異なり bornite と塊状 FeS の二相共存組織となるが、bornite 相にも細かくラメラ状の析出が認められ、いわゆる lammellae

bornite とよばれる組織を示した。Cu₂S-FeS 擬二元系状態図²⁾によれば、bornite の FeS に対する溶解度は温度依存性が著しく大きいことがわかる。したがって試料冷却時に bornite 相に溶けこんでいた FeS がラメラ状に析出したものとみられる。

上述のような二相混合物の金属への還元では、まず bornite 相から繊維状に一部は膜状に金属鉄の生長が起る。これに伴い bornite 相内に塊状に析出していた FeS 相は次第に消失するとともに、ラメラ状析出相もみられなくなる。これに対し金属銅の生成は金属鉄に比べ少ないことがわかった。さらに還元が進むと金属銅が bornite 相からやはり繊維状に生長してくるが、銅と鉄はそれぞれ表面の別々の場所から生成してくる。Photo. 3 にこのような金属の成長状況の SEM による観察結果を示した。還元が終了した時点では、繊維状金属が絡みあった鳥の巣状となる。

3. 3 浸出用試料の還元試験

浸出実験では前状の実験より多量の試料が必要となるため、4~6 g の試料を用い脱硫条件の影響を調べてみた。Fig. 3 に銅精鉱の水素還元および減圧熱分解による脱硫結果の比較を示した。水素による脱硫が非常に効果的であることがわかる。減圧熱分解では、分解ガスや昇華性化合物による真空度の低下のほか、試料の焼結現象も起るため水素還元より劣る。精鉱中には FeS₂、PbS および含 As 鉱物が含まれており、600°C 位までは FeS₂ の分解や As の揮発が起り、またより高い温度では PbS が昇華してきた。更に焼結化に伴い、試料層内部の脱硫が進みにくくなった。これに対して、水素還元では焼結よりもむしろ膨張する現象が見られた。これは還元により一部繊維

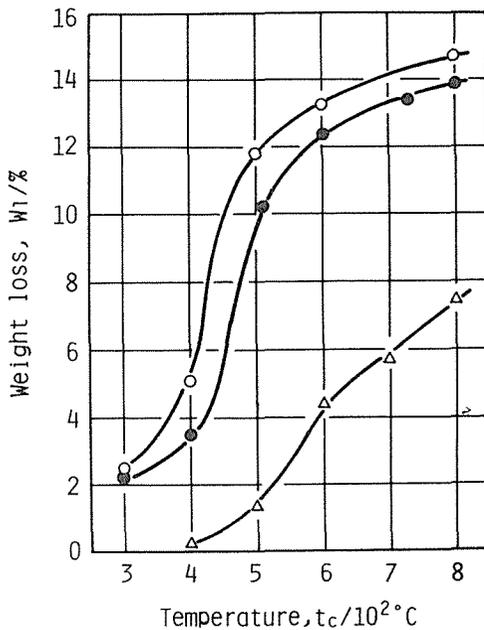


Fig. 3 Comparison of desulfurization of copper concentrates by hydrogen with that by thermal decomposition under reduced pressure.

- H₂, 30 min
- H₂, 90 min
- △ Vacuum, 60 min

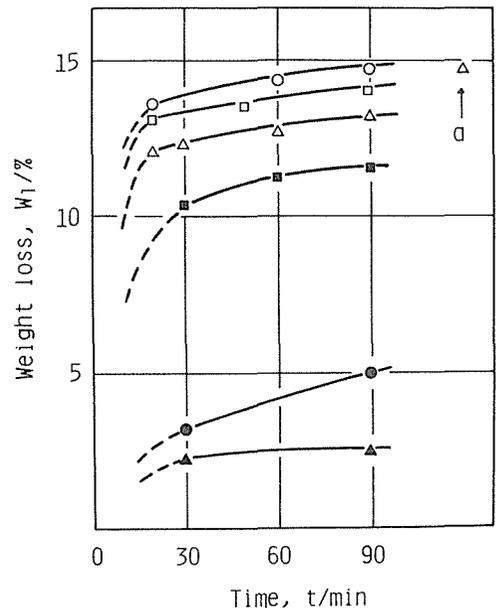


Fig. 4 Reduction of copper concentrates by H₂ at different temperatures.

- 800 °C
- 700 °C
- △ 600 °C
- 500 °C
- 400 °C
- ▲ 300 °C

Letter a indicates 16 h.

状金属の生成が起るためによる。

Fig. 4 に精鉱の脱硫に及ぼす水素還元時間の影響を示した。図より明らかなように還元開始 20 分程度までに著しい初期重量減少がみられ、それ以後は還元時間延長の効果は小さくなる。したがってむしろ還元温度の上昇により初期重量減少量を増大させる方が効果的といえる。純粋黄銅鉱についても同様な実験を行い精鉱の場合と類似の曲線を得た。しかし、還元速度の低下が顕著となるのは重量減少率で 8% 附近からであった。黄銅鉱の還元で金属相が生成するためには理論上 8.74% 以上の重量減少を必要とするが、bornite からの金属生成についての熱力的数値は見当らない。しかし、Fe および Cu が硫化され始める P_{S_2} は P_{H_2S}/P_{H_2} にして 10^{-3} 程度であることから、還元により bornite と FeS の二相状態になると P_{S_2} の著しい低下が予想される。これは 8% 附近からの還元速度の低下からも裏付けられる。したがって P_{S_2} の小さい領域では還元時間の延長よりもむしろ、還元温度を上げて P_{S_2} の増加を計るか、あるいは H_2 流量を増すことが脱硫に効果的といえる。

3. 4 部分脱硫産物の塩酸浸出挙動

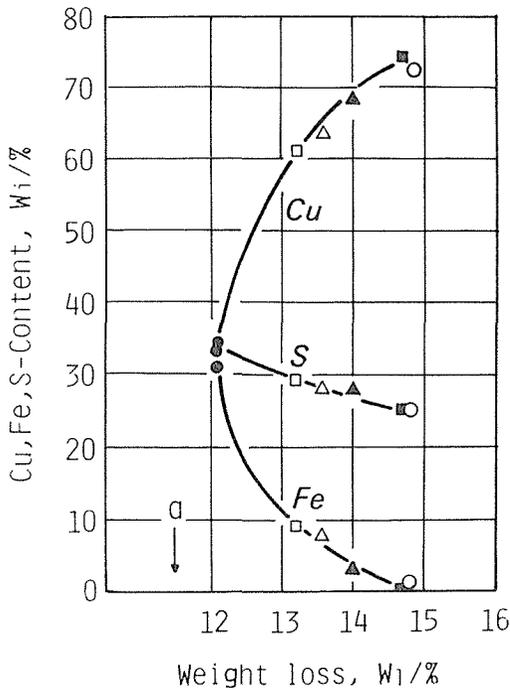


Fig. 5 Composition of residue obtained when copper concentrates were partially reduced by H_2 , then leached in HCl for 20 min.

- 800 °C, 2 h, 1 : 10 HCl, 80 °C
- ▲ 700 °C, 2 h, " " "
- 600 °C, 2 h, " " "
- 600 °C, 16 h, 1 : 2 HCl, 40 °C
- 600 °C, 20 min, " " "
- △ 800 °C, 20 min, " " "

Position a indicates the dissolution of Cu.

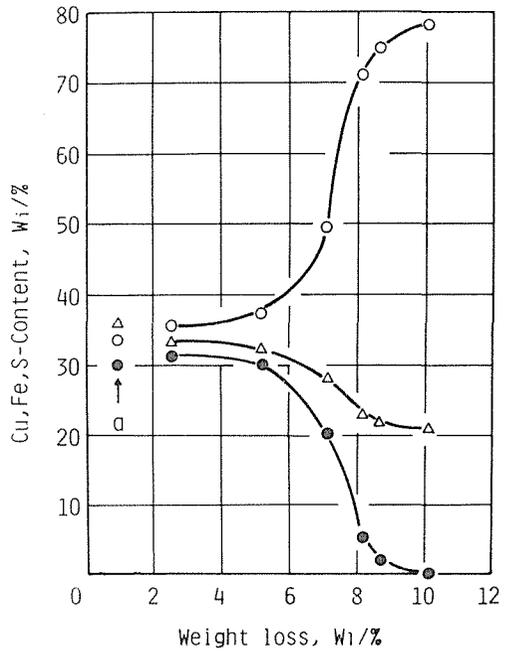


Fig. 6 Effect of partial desulfurization of chalcopyrite by H_2 on the leaching of desulfurized products in HCl solution.

- Cu
- △ S
- Fe

Position a indicates the original composition.

黄銅鉱の熱処理による活性化浸出法については Subramanian⁹⁾ らが報告しているが、反応過程について不明な点も多い。水素還元時の脱硫率は還元温度に著しく影響を受けることは既に述べたが、これが浸出残渣の各濃度に及ぼす影響を Fig. 5 に示した。図より浸出残渣の銅濃度は水素還元処理時の重量減少率と強い相関を示し、同一重量減少率では還元温度や、浸出条件の差には殆んど影響されないことがわかる。HCl 溶液中での FeS 相の溶解速度⁹⁾ は $Fe_{1-x}S$ の非化学量論組成に依存し、化学量論組成に近い程溶解速度が大きいことが知られている。重量減少率と対応する $Fe_{1-x}S$ の組成については本研究では不明であるが、重量減少率が高いもの程、浸出直後から激しい H_2S の発生がみられた。したがって水素還元時に塊状に析出した FeS 相の浸出に及ぼす浸出時間の影響は殆んどないとみられる。

図中の矢印 a で示した試料は 500°C で、2 時間還元したもので重量減少率は 11.5% に相当する。この試料の浸出時には H_2S の発生は殆んどなく、また濾液中に Cu^{2+} がかなりの量検出された。これに対し、12% の重量減少率の試料では H_2S の発生を伴い、濾液中に Cu^{2+} は検出されず、残渣の組成は黄銅鉱のそれに近い値となる。一方、未還元の銅精鉱を浸出しても Cu 分の溶解が認められることから、11.5% 程度までの重量減少は精鉱中の黄銅鉱に対して殆んど変化をもたらしていないといえる。純粋な黄銅鉱についても同様な実験をし Fig. 6 の結果を得た。いずれの試料も H_2S を発生し、Cu の溶解はみられなかった。重量減少率が 7% 以上になると残渣中の銅濃度の上昇が顕著になり、かつ浸出時に H_2S の激しい発生を伴い試料投入後 3~5 分間で浸出を完了する。また未還元黄銅鉱の浸出では H_2S の発生や Cu の溶解は認められなかった。

浸出前の試料が bornite と FeS の二相からなり、FeS 相の選択的溶解が進むとすれば、浸出残渣は bornite 相のみからなり、残渣の銅品位は Cu_4FeS_3 の 62.6%、あるいは Cu_5FeS_4 としても 63.3% 程度にしかならないはずである。しかし実験結果は 73~79% と Cu_2S に近い組成を示すものもあり、FeS 相の選択的溶解だけでは説明できず、bornite 相からの Fe の溶解⁵⁾ も考えなければならない。

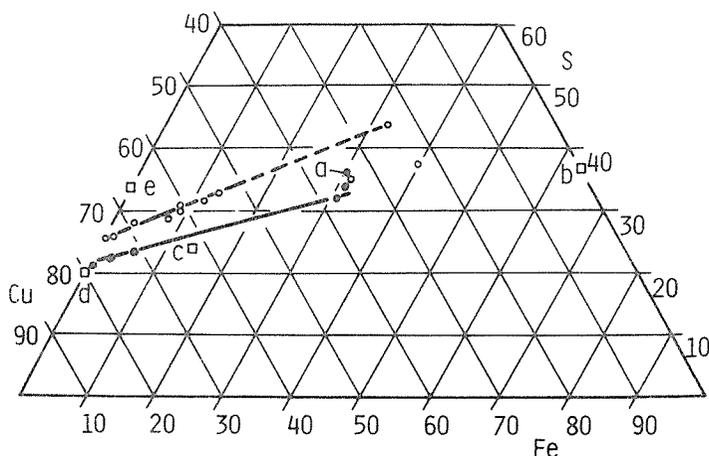


Fig. 7 Plots of the composition of residue obtained when copper concentrates and chalcopyrite were partially reduced by H_2 , then leached in HCl solution.

○ Copper concentrates

● Chalcopyrite

a : $CuFeS_2$, b : FeS, c : Cu_4FeS_3 , d : Cu_2S , e : CuS.

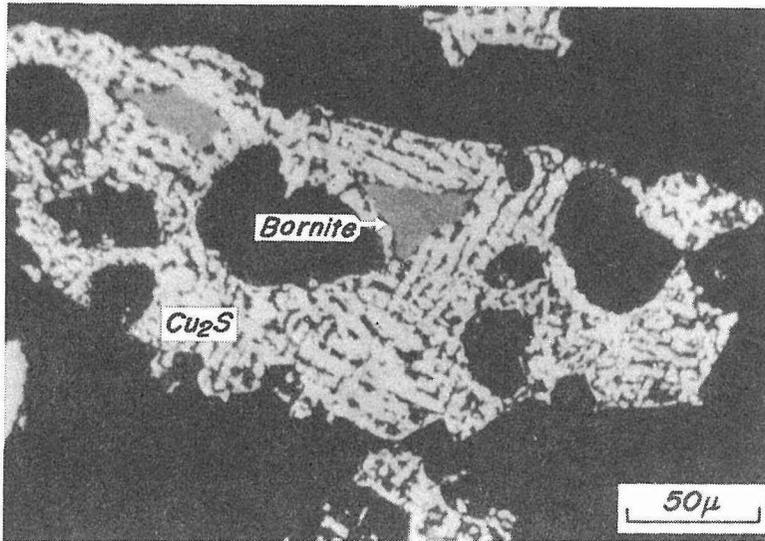


Photo. 4 Photomicrograph of residue after leaching in HCl solution showing the selective dissolution of FeS and the formation of Cu_2S .

天然に存在する安定な CuFeS_2 や Cu_5FeS_4 は非酸化性の酸には溶解しないが、非化学量論組成をもつ β -chalcopyrite や bornite の溶解挙動については報告が少ない。Fig. 7 に銅精鉱および黄銅鉱のそれぞれの浸出残渣組成を Cu-Fe-S 三元状態図上にプロットした結果を示した。両者とも脱硫量の小さい場合を除けば、特定の直線上に分布していることがわかる。このような結果は水素還元で生成した FeS の溶解以外に、bornite 相からも FeS としての Fe の溶解反応が進行し、さらにこの FeS としての溶解量は水素還元時の bornite の脱硫量によって決められていることを意味している。

Photo. 4 に Photo. 2 に対応する試料の浸出後の顕微鏡写真を示した。浸出後には FeS 相の空洞化した部分とわずかな bornite しか見出れず、bornite 相の大部分は Cu_2S 相に変化したことがわかる。また Cu_2S 相内にみられる空隙は浸出前に bornite 相内にみられたラメラ状に析出していた部分に対応するようにみえる。

3. 5 浸出に及ぼす bornite の非化学量論性の影響

上述のように bornite の S 組成のわずかな違いが bornite の浸出挙動に加え、残渣の銅濃度に対しても大きく影響すると考えられることから、脱硫量の違いによる浸出残渣の X 線回折図形の変化を調べてみた。銅精鉱を 600°C で 2 時間および 16 時間水素還元し、重量減少率が 13% および 14.9% の試料の浸出前後の変化を Fig. 8 に掲げた。図には bornite の最強回折線 (088) 附近を示したが、浸出前はいずれも bornite と FeS の回折線のみからなり、16 時間還元した試料の bornite の格子定数がやや大きくなっている程度の差しが認められない。しかし、浸出残渣の回折の比較では 16 時間還元試料では bornite の回折線が消失し、 Cu_2S の最強回折線が現れる。これに対し、2 時間還元試料からの浸出残渣では Cu_2S の回折線とともに bornite の回折線も依然として認められ、かつ bornite の格子定数は浸出前より減少している。

このように bornite の組成の影響が重要視されたため、bornite 単独の溶解挙動を合成 bornite を

用いて調べてみた。合成 bornite としては次の三種類の組成について実験した。

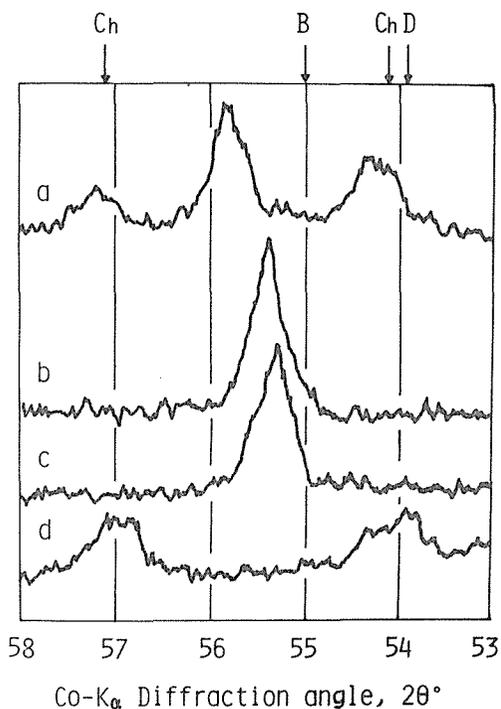
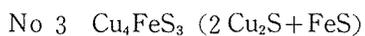
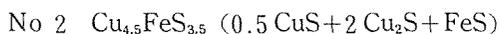
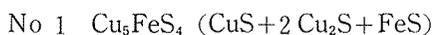


Fig. 8 X-ray patterns showing the mineralogical transformation of residue obtained when copper concentrates were reduced by H_2 , then leached in HCl solution.

- a: Residue after leaching of b
- b: Reduced at 600°C for 2 h
- c: Reduced at 600°C for 16 h
- d: Residue after leaching of c
- Ch: Chalcocite, 1.870 1.967 Å
- B: Bornite, 1.937 Å
- D: Digenite, 1.973 Å

Table 3 Dissolution of Fe from the synthetic bornite in HCl solution; 1 : 2, 40°C

composition	leaching time (min)	
	20	240
$\text{Cu}_{4.5}\text{FeS}_{3.5}$	33.9%	51.2%
Cu_4FeS_3	49.3	68.6

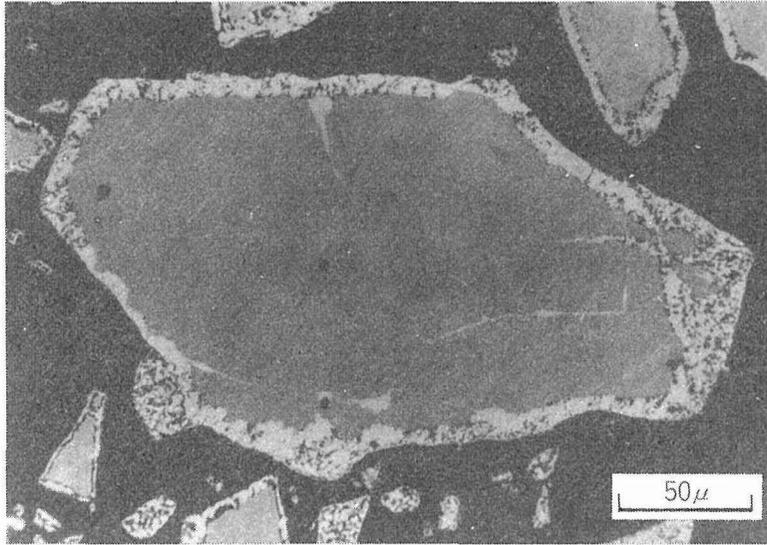


Photo. 5 Photomicrograph of Cu_4FeS_3 after leaching in 1:2 HCl at 40°C for 30min showing the formation of Cu_2S .

括弧内は合成のために用いた各硫化物の混合比率を示す。浸出条件は1:2 HCl 溶液を用い、温度 40°C 浸出時間 20 分および 240 分とした。

No 1 の試料(天然産 bornite の組成と同じ)では H_2S の発生は認められず、時間の経過とともに Cu の溶解が起きた。しかし、溶解速度は非常に遅く空気中の酸素によって酸化されたとみられる。一方、No 2 および No 3 の試料ではいずれも浸出直後から H_2S の発生を伴い Fe の溶解が起る。 H_2S の発生量は No 3 の方が多く、また Fe の溶解量を Table 3 に示した。No 2 の試料は 240 分後には H_2S の発生がとまり Cu の溶解が認められた。X 線回折から No 2 および No 3 では Cu_2S 相が同定された。Photo. 5 に No 3 の浸出時の状態を示した。粒子周辺の Cu_2S 化の様子は水素還元試料の場合と大差はないが、粒子の内部にも明らかに Cu_2S の析出が認められる。これは粒子の割目からの浸出液の侵入とはみられず、浸出に伴う bornite 相内の金属イオンの拡散が容易なために生じたものと考えられる。

4. 結 論

部分脱硫による銅精鉱の浸出活性化、脱硫産物の塩酸浸出による鉄の選択的溶解と銅の同時濃縮について基礎的実験を行い次の諸結果を得た。

水素による黄銅鉱からの脱硫法は他の不活性ガスおよび減圧等による方法に比べ、反応速度ならびに bornite と FeS の二相への分解および両者の分離状態の観点から非常に効果的であることが確かめられた。

黄銅鉱の水素還元は 500°C 以上で進行し、著しく速い初期脱硫反応を経て次第に低下する。また初期脱硫量は温度とともに増大し、 700°C 以上で十分な脱硫量が維持されることがわかった。また脱硫量に応じて生成固相は次のように変化することが明らかにされた。



さらに、FeS 相の生成に伴い反応速度は低下し、生成 FeS は bornite 相に取り囲まれた状態で塊

状化する。金属の生成は bornite 相から起り、始めに金属鉄が繊維状に成長し、これに伴い FeS 相は次第に消失する。その後金属銅の繊維状成長が起ることがわかった。

浸出残渣中の銅濃度の上昇は純粋黄銅鉱の場合、重量減少率 7% 以上から顕著になる。また、残渣の銅濃度は水素還元時の部分脱硫量だけに依存し、還元温度ならびに浸出条件には殆ど影響を受けないことが確認された。

浸出反応は H_2S の発生を伴って、FeS 相の溶解が進み、さらに bornite 相からも Fe の選択的溶出が起る。その際、bornite からの Fe の溶出量は bornite の非化学量論組成に強く依存することが明らかになった。

bornite 相からの Fe の溶出に伴い、bornite は Cu_2S 相に変化する。このため最適部分脱硫状態での塩酸浸出では Fe 分を殆ど含まず、かつ銅の含有量も 73% に達する残渣が得られることを確めた。

参 考 文 献

- 1) R. C. Gabler, et al.: U. S. Bur. Mines Rept. Invet., 8067(1975)
- 2) H. Schlegel and A. Schüller: Z. Metallkunde. **43**, 431 (1952)
- 3) K. N. Subramanian and P. H. Jennigs: Can. Met. Quarterly, **11**, 387 (1972)
- 4) T. R. Ingraham, H. W. Parsons and L. J. Cabri: Can. Mat. Quarterly, **11**, 407 (1972)
- 5) F. Habashi: Chalcopyrite Its Chemistry and Metallurgy, McGraw-Hill, Inc., New York, 116(1978)