

学位論文題名

青化製錬鉍滓の活用に関する総合的研究

学位論文内容の要旨

串木野製錬工場は、最近の厳しい経済環境の中で我国に生き残った唯一の青化製錬所である。本研究では、青化製錬所が直面する経営および環境保全上の課題を解決することを目的に、製錬プロセスの改善と鉍滓の活用に関して総合的に技術開発を進めた。具体的には、岩戸鉍山系の粗粒含金珪酸鉍についてはその特質を生かしてバットリーチング法を確立するとともに、鉍滓を細骨材として活用する技術を開発した。更に、串木野鉍山と岩戸鉍山系の微粒青化製錬鉍滓については、鉍滓-セメント系混合盛土材および非流失性人工土壌材として加工処理する技術を発展させた。この結果、鉍滓堆積ダムを必要としない、世界でも類例のない青化製錬操業を実現し、コスト削減に成功した。

本論文は、これらの技術開発に関する基礎研究と現場応用試験の成果をまとめたもので、下記の7章で構成している。

第1章は序論で、日本の金山のおかれている経営環境を串木野鉍山を例にとって説明した。金銀市況価格の低迷と人件費の高騰を克服するためには、生産コストの削減を成功させる以外に方法がないことを指摘した上で、本研究の目的と立場を明らかにした。

第2章では、串木野鉍山と岩戸鉍山の概況を説明した。両鉍山の採鉍原価を比較した上で、坑内掘りの串木野鉍山では生産を押さえて鉍石の品位をあげる一方、岩戸鉍山は低品位鉍の量産を進める以外に合理化策はないことを指摘した。次いで、製錬操業の問題点は、低品位鉍の量産による磨鉍および鉍滓処理費の増大であることを指摘し、青化製錬と鉍滓処理工程に対する技術革新の必要性を説いた。

第3章では、磨鉍および鉍滓処理工程の合理化策の一環としてバットリーチング法の採用を検討し、基礎試験とパイロット試験を通して細骨材に適する粒度で金の高い溶解率が得られることを確認した。次いで、製錬システムを改めることによって粗粒の岩戸鉍の処理にバットリーチング法を、串木野鉍と微粒の岩戸鉍の処理に全泥青化法を適用した。この結果、高い製錬成績をあげると同時に細骨材の製造に成功した。また、鉍滓堆積ダ

ムの延命化なども含めて大きな経済効果を得た。

第4章では、全泥青化製錬鉍滓にセメント系硬化剤を添加した鉍滓-セメント系混合材の加工処理法の研究開発と現場応用試験結果について述べた。研究開発に当たっては、混練ペーストを3日間養生した試料の土質試験を実施し、ハンドリング性と強度発現性の検討結果から量産処理条件を確定した。次いで、鉍滓-セメント系混合材の量産工場を建設し、現場応用試験として串木野鉍山第3鉍滓堆積ダムの築堤工事に活用した。築堤から1年経過後、盛土の土質試験および三軸圧縮試験を実施し、混練後の養生硬化過程で粉砕した鉍滓-セメント系混合材は優れた強度物性を発現することを確認した。

応用試験現場の築堤法面には、施工後5~6年経過しても乾燥収縮によるひび割れも豪雨による洗掘も発生せず、雑草が繁茂し、予想以上の成果が確認された。本研究では、この法面の非侵食性と植栽性から鉍滓-セメント系混合材が非流出性人工土壌になり得ることがわかり、更に土壌性能の発現性について究明を進めた。

第5章では、鉍滓-セメント系混合材の混練後と粉砕、圧密後の養生硬化過程における一次強度発現と二次強度発現を計測し、強度発現の支配因子は主として混練から粉砕までの養生硬化時間と圧密度であることを明らかにした。次いで、固結構造の顕微鏡観察とセメントの水和反応速度の検討結果から、一次と二次強度発現によって生じた団粒と間隙の集塊構造を明らかにし、土壌性能を支配する団粒構造が養生硬化後の粉砕によって発生する理由について考察した。

第6章では、二次強度発現させた人工土壌試料で芝草の植生試験と噴射水の侵食試験を実施し、植生限界 V_c と流失限界 E_c との間に $140\sim60\text{ kg/cm}^2$ の強度範囲があることを確認した。また、土壌の調製に当たって一次強度発現時間を調節すれば、二次強度発現を V_c と E_c の間に導き、植物の生育性と土壌の非流失性の両方の性質を満たすことが可能であることを実証した。なお、鉍滓-セメント系混合材への木質ファイバーの混入効果についても試験し、ファイバー混入による土壌性能の向上を確認した。

第7章は本論文の結論で、本研究で得られた成果と知見を総括し、一般選鉍廃滓の人工土壌材への活用と人工土壌材の緑化工事への応用について言及した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 島 巖
副 査 教 授 恒 川 昌 美
副 査 教 授 三 田 地 利 之
副 査 教 授 鎌 田 英 治

学 位 論 文 題 名

青化製錬鉍滓の活用に関する総合的研究

串木野製錬工場は、最近の厳しい経済環境の中で我国に生き残った唯一の青化製錬所である。本論文は、青化製錬所が直面する経営および環境保全上の課題を解決することを目的に、製錬プロセスの改善と鉍滓の活用に関して総合的に技術開発を進めた成果をまとめたものである。具体的には、岩戸鉍山系の粗粒含金珪酸鉍についてはその特質を生かしてバットリーチング法を確立するとともに、鉍滓を細骨材として活用する技術を開発している。更に、串木野鉍山と岩戸鉍山系の微粒青化製錬鉍滓については、鉍滓-セメント系混合盛土材および非流失性人工土壌材として加工処理する技術を発展させている。この結果、鉍滓堆積ダムを必要としない、世界でも類例のない青化製錬操業を実現し、コスト削減に成功している。

本論文は、下記の7章で構成している。

第1章は序論で、日本の金山のおかれている経営環境を串木野鉍山を例にとって説明している。金銀市況価格の低迷と人件費の高騰を克服するためには、生産コストの削減を成功させる以外に方法がないことを指摘した上で、本研究の目的と立場を明らかにしている。

第2章では、串木野鉍山と岩戸鉍山の概況を説明している。両鉍山の採鉍原価を比較した上で、坑内掘りの串木野鉍山では生産を押さえて鉍石の品位をあげる一方、岩戸鉍山は低品位鉍の量産を進める以外に合理化策はないことを指摘している。次いで、製錬操業の問題点は、低品位鉍の量産による磨鉍および鉍滓処理費の増大であることを指摘し、青化製錬と鉍滓処理工程に対する技術革新の必要性を説いている。

第3章では、磨鉍および鉍滓処理工程の合理化策の一環としてバットリーチング法の採用を検討し、基礎試験とパイロット試験を通して細骨材に適する粒度で金の高い溶解率が得られることを確認している。次いで、製錬系統を改めることによって粗粒の岩戸鉍の処理にバットリーチング法を、串木野鉍と微粒の岩戸鉍の処理に全泥青化法を適用している。この結果、高い製錬成績をあげると同時に細骨材の製造に成功している。ま

た、鉍滓堆積ダムの延命化なども含めて大きな経済効果をあげている。

第4章では、全泥育化製錬鉍滓にセメント系硬化剤を添加した鉍滓-セメント系混合材の加工処理法の研究開発と現場応用試験結果について述べている。研究開発に当たっては、混練ペーストを3日間養生した試料の土質試験を実施し、ハンドリング性と強度発現性の検討結果から量産処理条件を確定している。次いで、鉍滓-セメント系混合材の量産工場を建設し、現場応用試験として串木野鉍山第3鉍滓堆積ダムの築堤工事に活用している。築堤から1年経過後、盛土の土質試験および三軸圧縮試験を実施し、混練後の養生硬化過程で粉碎した鉍滓-セメント系混合材は優れた強度物性を発現することを確認している。

応用試験現場の築堤法面には、施工後5~6年経過しても乾燥収縮によるひび割れも豪雨による洗掘も発生せず、雑草が繁茂し、予想以上の成果をあげている。本研究では、この法面の非侵食性と植栽性から鉍滓-セメント系混合材が非流出性人工土壌になり得ることがわかり、更に土壌性能の発現性について究明を進めている。

第5章では、鉍滓-セメント系混合材の混練後と粉碎、圧密後の養生硬化過程における一次強度発現と二次強度発現を計測し、強度発現の支配因子は主として混練から粉碎までの養生硬化時間と圧密圧であることを明らかにしている。次いで、固結構造の顕微鏡観察とセメントの水和反応速度の検討結果から、一次と二次強度発現によって生じた団粒と間隙の集塊構造を明らかにし、土壌性能を支配する団粒構造が養生硬化後の粉碎によって発生する理由について考察している。

第6章では、二次強度発現させた人工土壌試料で芝草の植生試験と噴射水の侵食試験を実施し、植生限界 V_c と流失限界 E_c との間に $140\sim 60\text{ kg/cm}^2$ の強度範囲があることを確認している。また、土壌の調製に当たって一次強度発現時間を調節すれば、二次強度発現を V_c と E_c の間に導き、植物の生育性と土壌の非流失性の両方の性質を満たすことが可能であることを実証している。なお、鉍滓-セメント系混合材への木質ファイバーの混入効果についても試験し、ファイバー混入による土壌性能の向上を確認している。

第7章は本論文の結論で、本研究で得られた成果と知見を総括し、一般選鉍廃滓の人工土壌材への活用と人工土壌材の緑化工事への応用について言及している。

これを要するに、著者は育化製錬鉍滓の活用を目的にバットリーチング法による細骨材の製造および鉍滓-セメント系混合材の加工処理法による非流出性人工土壌材の開発に成功しており、資源開発工学および地盤工学の発展に寄与するところ大である。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。