



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of the detoxification method for zinc plant leach residues by removing heavy metals using coupled extraction-cementation (CEC) process [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Silwamba, Marthias
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14451号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81581
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Marthias_Silwamba_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士 (工学)	氏名	Marthias Silwamba
審査担当者	主 査 准教授	伊藤 真由美	
	副 査 教 授	広吉 直樹	
	副 査 教 授	佐藤 努	
	副 査 准教授	坂入 正敏	

学位論文題名

Development of the detoxification method for zinc plant leach residues by removing heavy metals using coupled extraction-cementation (CEC) process
(同時浸出-析出法に基づいた亜鉛浸出残渣からの毒性重金属の除去法の開発)

亜鉛や鉛の金属鉱山で採鉱された鉱石は、選鉱処理され、カットオフ品位に満たない選鉱尾鉱は廃石として処理される。選鉱で得られた精鉱は製錬工程に送られ金属が生産されるが、その際も製錬残渣が生じる。このようにして生じた選鉱尾鉱や製錬残渣には、選鉱や製錬で回収しきれなかった亜鉛や鉛が残存する。長い歴史をもつ鉱山・製錬所の残渣には当時の技術では回収できなかった有価金属が含まれており、再処理による回収が可能な 2 次資源とみなすことができる一方で、鉛や亜鉛は環境中に拡散すると健康被害を引き起こすため、適切な処理を施す必要がある。ザンビア国カブウェイ鉱山地域には古い時代の製錬残渣(亜鉛浸出残渣)や選鉱尾鉱が堆積されているダンプがあり、風による飛散等で周辺の地域に拡散し、子供達の血中鉛濃度は致死量に達するほど高いことが報告されている。本研究では、風による飛散リスクが高い微粒子を多く含む亜鉛浸出残渣から、亜鉛や鉛などの有価金属を回収するとともに、これらの毒性金属を除去することで環境中で安全に保管できるようにする手法を提案し、その効果を検討している。本研究では処理中に浸出してくる元素を卑な金属(0 価の鉄粉末または 0 価のアルミニウム粉末)に直ちに析出させる「同時浸出-析出法」に基づいた亜鉛浸出残渣からの毒性重金属の除去法の開発を行っている。

本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章は、序論であり、研究の背景・目的を記述している。

第 2 章は、亜鉛製錬残渣からの金属回収の研究事例を要約し、問題点をまとめている。

第 3 章は、卑な金属として 0 価の鉄粉末を用い、酸性の塩化物溶液での同時浸出-析出法を提案し、その効果を検証している。適切な濃度の HCl-NaCl 溶液を用いることで、浸出可能な化合物形態で存在する鉛や亜鉛のほぼ全量が浸出されることを確認するとともに、浸出された鉛イオンが 0 価の鉄粉末上にセメンテーションのメカニズムにより析出することを確認した。セメンテーション反応では、卑な金属である 0 価の鉄が溶液中にイオンとして溶けだすと同時に、貴な金属である鉛イオンに電子が移動してゼロ価の金属鉛として鉄粉上に析出する。一方で、亜鉛は鉄よりも卑な金属であるため、セメンテーションによる析出は認められなかった。

第 4 章は、同時浸出-析出法の実用化を目指した試験を検討している。3 章で用いた 0 価の鉄粉末による同時浸出-析出法では、鉄粉上に析出する鉛を磁石で回収することで、浸出残渣や溶液から分離可能であるが、鉄や亜鉛よりも卑な金属で、鉛や亜鉛の浸出効率が高いことが期待されるアルミニウムは磁性がないため、磁選を適用できない。第 3 章での試験の際、鉛粉末粒子が結合して大きなボール状になることが見いだされたため、この粗大なボールを篩上産物として回収する方法を検討している。適切な濃度の HCl-NaCl 溶液中で、アルミニウム粉末や亜鉛粉末はボール状にならないが、鉛粉末はボール状になることを確認し、粒子と粒子の橋掛けとなっている物質の形態などを明ら

かにしている。実用に際しては、アルミニウム粉末を用いて同時浸出-析出法で処理し、篩上産物として「鉛が析出したアルミニウム粉末」を回収・分離し、次いで、ろ過により「亜鉛イオンが濃縮した液」を回収して亜鉛回収処理を行う方法が提案されている。

第5章は、卑な金属として0価のアルミニウム粉末を用い、塩化物溶液での同時浸出-析出法の効果を検証している。鉛はセメンテーションの原理でアルミニウム粉末上に析出させることができた一方で、鉄や亜鉛よりも卑な金属であるアルミニウムを用いれば亜鉛も析出することが期待されたが、プロトンとの競合反応により、酸性では析出しないことを報告している。しかしながら、アルミニウムは鉄よりも卑な金属であるため、鉛の浸出量は0価の鉄粉末の場合よりも多くなり、セメンテーション反応も短時間で終了する効果が報告された。同時浸出-析出法での処理後の残渣について有害性判定のための溶出試験を行ったところ、基準値以下の溶出量に抑えられることも報告しており、本法の有用性を確認している。

第6章では、本論文の主要な結論を要約している。

以上、これを要するに、著者は鉱業に起因する重要な環境問題である亜鉛浸出残渣からの毒性重金属の回収・除去に関する新しい方法として、酸性の塩化物溶液での同時浸出-析出法を提案し、0価の鉄粉末や0価のアルミニウム粉末による鉛や亜鉛の浸出率の増大効果や、鉛のセメンテーションによる析出を明らかにし、毒性を下げる効果があることを示している。この成果は、環境資源工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を寄与される資格があるものと認める。