

Web シンポジウム『休廃止鉱山のグリーン・レメディエーションと関連分野の最前線』
講演資料

<p>講演番号：06</p>	<p>演題：海外資源国の休廃止鉱山および堆積場周辺の環境問題について</p>
<p>発表者：有馬孝彦 1、Mufalo Walubita1、Apete Soro2、有田善彦 2、富山眞吾 1、五十嵐敏文 1,3</p>	<p>所属：1 北海道大学大学院工学研究院、2 北海道大学大学院工学院、3 旭川工業高等専門学校</p>
<p>キーワード：休廃止鉱山、酸性坑廃水、鉱さい、集積場 要旨：日本国内では、現在も有害な金属を含有する坑廃水が発生している休廃止鉱山が約 100 箇所存在する¹⁾。莫大な坑廃水処理費用の削減や対策の合理化に向けて、地表面被覆等の発生源対策や人工湿地等のパッシブトリートメントの技術開発が進められている²⁾。海外では、100 万箇所以上の休廃止鉱山が存在すると報告されており、例えばアメリカ、カナダ、スウェーデンではそれぞれ約 35,000 箇所、約 10,000 箇所、約 1,000 箇所となっている³⁾。海外の休廃止鉱山では、従来の石灰等を用いた中和処理、微生物を活用した処理、人工湿地による処理、吸着材やろ過膜を用いた処理に加え、堆積場から有価金属の再回収やマイクロカプセルーションによる黄鉄鉱の酸化抑制等の新技術が試行されている²⁾。</p> <p>しかし、適切な対策が講じられていない休廃止鉱山も数多く存在し、本発表では、当研究室で研究対象としているフィジー国内の休廃止鉱山およびザンビアの鉱さい集積場周辺の環境問題について紹介する。</p> <p>フィジー国内では現在操業中の鉱山は Vatukoula 鉱山 1 箇所のみとなっており、今後、拡充を計画している。一方で、無対策の休廃止鉱山や操業を再開するために現在調査を実施している鉱山が複数存在するが、鉱山再開に伴う環境影響評価手法が定められていないことが問題となっている。そこで、塊状硫化物鉱床を胚胎する休廃止鉱山 A (写真 1) を対象に、代表的な変質した岩石試料を採取し、例えば溶出量試験 (環境省告示第 18 号試験に準拠し、採取試料は 2 mm 以下に破碎し試験を実施) を実施した結果、溶出液の pH は 1.9~3.2、フィジー国内の飲用水基準を超過する鉛、銅、亜鉛、鉄、砒素が溶出することが明らかとなった。また、露天掘り箇所が発生する表流水の pH は 2.7、近接する河川の上流および下流の pH はそれぞれ 6.8、3.5 となっており、露出した変質帯から発生する表流水が周辺河川に影響を与えていることが確認された。このように、鉱山開発により鉱床が露出し酸化が引き起こされること、および鉱さい・廃石を処分することによる周辺土壌や河川水・地下水等への影響予測手法の確立が必要となる。</p> <p>ザンビアの Kabwe 地区では、1904 年から 1994 年にかけて鉛と亜鉛の採掘が進められ、現在は閉山されているが、閉山後の立入禁止措置や環境保全等が十分実施されておらず (写真 2)、鉱さい集積場周辺が広範囲にわたり汚染されていることが明らかとなっている。とくに、集積場から 10 km 圏内の公園で採取された土壌から WHO の飲用基準値を超過する鉛が溶出することが確認されている³⁾。また、土壌中の鉛および亜鉛の全含有量は、集積場から 1.5 km 離れた公園ではそれぞれ 3,320、2,600 mg/kg となっており、集積場からの距離とともに低減していることが確認された³⁾。</p>	<p>さらに、実際に現地住民の血中鉛濃度を測定すると、Kabwe 地区の児童(0~15 歳)の血中鉛濃度の平均値は 30.1 $\mu\text{g}/\text{dL}$、ホットスポットの住民の血中鉛濃度の平均値は 51.9 $\mu\text{g}/\text{dL}$ となっており、アメリカ疾病予防管理センター (CDC) の血中鉛濃度基準値 (25 $\mu\text{g}/\text{dL}$) の超過が確認されており⁴⁾、低 IQ につながる懸念があるため、集積場からの距離や風上方向を考慮した重点的な治療等が求められている。鉱さい中の有価金属の品位が高いことから、今後鉱さいの再回収等が計画されており、再開にあたり環境への配慮が必要となる。例えば、現地で調達可能な dolomite を半焼成加工し、鉱さいへ添加することで溶出量低減が可能であることが確認されている⁵⁾。</p> <p>以上のように、日本国内では坑廃水処理の合理的対策や経済的問題解決が重要となっているが、海外では、十分な対策が講じられておらず、未だに環境汚染や周辺住民の健康被害を引き起こしている現状がある。これらの対策については、各国の経済状況や技術動向を踏まえた上で検討することが重要になる。このような現状を踏まえると、今後の鉱山の開発・再開では、環境対策を一体で検討すること、すなわち環境問題を生じさせないように開発の段階で対策や予防策を講じながら、閉山後も坑廃水や有害な鉱さいの拡散を生じさせないような技術開発を行うことが大きな課題になると考えられる。</p>
<p>1) Tomiyama, S. and Igarashi, T., Environmental Science & Health 2022, 27, 100347. 2) Chen, G. et al., Journal of Cleaner Production 2021, 329, 129666. 3) Mufalo, W. et al., toxics 2021, 9, 248. 4) Moonga, G. et al., Environmental Research 2022, 207, 112646. 5) Tangviroon, P. et al., Minerals 2020, 10(9), 763.</p>	<p>写真 1 フィジーの休廃止鉱山の一例</p>  <p>写真 2 鉱さい集積場で遊ぶ子供の様子 (ザンビア)</p> 