

資源循環・環境浄化研究を支える XAFS 分析

○所千晴^{1,2}

¹早稲田大,²東京大
tokoro@waseda.jp

キーワード：サーキュラーエコノミー、坑廃水、表面沈殿、レアアース、メカノケミカル

1. 資源循環・環境浄化研究の現状と課題

資源循環やそれを支える環境浄化では、資源循環とカーボンニュートラルの両立のために、有用成分や有害成分の分離精製プロセスをできるだけ省エネルギー化しなければならない。特に資源や環境といった分野では省エネルギー化や省コスト化に対する要望や条件が厳しく、一見完成されたように見える技術やプロセスにも、絶えず高効率化が求められている。昨今はサーキュラーエコノミーに対する期待も高まっており、これまでは廃棄物になってからの高度処理技術が求められてきたが、今後はそれらの知見を活かして製造段階から資源循環や環境浄化に配慮したモノづくりが求められる可能性が高い。

以上を学術的な知見から達成させるための1つの方法として、異相境界面上で生じる各成分の濃縮現象や、結晶配列の特異的な不連続、非結晶化を定量的に把握することが必要となる場合がある。しかしながら、異相境界面における固体表面の性質は、特に対象が資源や環境の分野で取り扱われる鉱石や処理後の残渣といった、非晶質性が高く雑多な混合物である場合には、分析が非常に難しいので、放射光のような精度のよいX線を用いたXAFS分析が有効である。

2. 高効率な坑廃水処理を目的とした XAFS 分析

資源開発で生じる坑廃水処理には、世界的にさらなる高効率な処理技術が求められているが、国内でも約100か所の休廃止鉱山で継続的に処理されている。坑廃水には、カルシウムやマグネシウム、アルミニウム、ケイ素といった自然由来の成分に加えて、鉄やマンガン、硫酸といった鉱山由来の成分が混合され、さらに、カドミウム、亜鉛、鉛、ヒ素、フッ素といった有害成分を微量に混入している。廃水量が多いため、凝集沈殿法が採用されるのが一般である。筆者らは、鉄やマンガン、アルミニウムを主体とする水酸化物や複水酸化物の固液界面上に、有害成分が表面錯体を介して表面沈殿を生成する現象をXAFS分析にて定量的に機構解明し、それらの現象を安定して再現するプロセス処理条件を明らかにした[1-6]。表面沈殿現象を坑廃水処理に有効に活用すれば、坑廃水中に共存する成分を有効活用しながら薬剤添加量を少量化するとともに、発生汚泥量を減量できるのみならず、処理後の汚泥からの再溶出をも防ぐことができる。

3. 未利用資源活用を目的とした XAFS 分析

分離精製しやすく、また処理中に発生する環境負荷を適切に処理してもなお経済性を有するものが資源となり得るが、昨今では廃棄物や残渣なども、省エネルギー型の分離精製技術や環境対応技術を開発することによって、新たに資源化することが求められている。例えば筆者らは、現在は省エネルギー型の分離精製技術がないために利用されていない風化残留型レアアース鉱床に対して、機械的外力によるメカノケミカル前処理を施すことによって、レアアースの選択的な酸浸出を可能とするプロセスを提案した[7]。これは通常であれば高温処理が必要となる易浸出形態への化学変化が常温で生じることによるが、XAFS分析によって、その発生機構はメカノケミカル処理中にレアアース鉱石成分中に酸素欠陥が生じるためであることが確認された。

4. 参考文献

- [1] C. Tokoro, et al., *Environmental science & technology*, **44**, (2010) 638-643.
- [2] A. A. Mamun, et al., *Journal of hazardous materials*, **334**, (2017) 142-149.
- [3] C. Tokoro, et al., *Advanced Powder Technology*, **31** (2020) 859-866.
- [4] K. Suzuki, et al., *Chemical Geology*, **550** (2020) 119744.
- [5] T. Takaya, et al., *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **9**, (2021) 105819.
- [6] C. Tokoro, et al., *Advanced Powder Technology*, **32**, (2021) 1943-1950.
- [7] T. Kato, et al., *Minerals Engineering*, **134** (2019) 365-371.