

セメント水和物中における重金属の存在形態

広島大学大学院 正会員 河合 研至

（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 田野 彰一

広島大学大学院 学生会員○坂中 謙太

広島大学大学院 正会員 石田 剛朗

1. 背景・目的

近年、環境問題に多くの関心がよせられる中、セメント・コンクリート分野においても廃棄物・産業副産物を有効利用することで環境負荷低減への取り組みが行われてきた。今後は、さらなる環境負荷低減に向けて、多種多様な廃棄物等の有効利用が行われていくと考えられる。しかし、産業廃棄物等には、有害物質も含まれていることから、環境負荷低減の目的で産業廃棄物等の有効利用を実現化するにあたって、その安全性が保障され同時に安全性を適切に評価できる手法の確立も必要となる。

本研究では、有害物質の中から特に重金属に着目し、重金属を含む廃棄物・産業副産物を利用した場合のコンクリートからの長期的な溶出予測を適切に行うための第一段階として、セメント水和物中における重金属の存在形態の把握を目的として実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 セメント水和物中の重金属

本研究では、セメント水和物中における重金属の存在形態を解明することが目的であるため、セメント水和物中での重金属の存在形態として考えられる形態を拡散、吸着・イオン交換に分類し、各々の形態に対し実験及び考察を行った。ここで、セメント水和物とは、水和生成物、細孔空隙、未水和セメント、水から構成されるものである。尚、本研究では、重金属の中でも、銅、亜鉛、鉛に着目した。

2.2 液相における存在形態

セメント水和物中での重金属の移動性を把握する目的で拡散セル法、拡散挙動判定試験を行った。また、吸着・イオン交換を調べる目的で、吸着実験を行った。さらに、既往の研究で

は、スラグなどからの軽金属溶出において、pH による溶解度の変化が指摘されており¹⁾、pH が液相での存在形態に間接的に影響すると考え、本研究では pH 依存性試験を行った。



Photo.1 Diffusion cell

拡散セルは、Photo.1 に示すように、厚さ約 1.5mm のセメントペースト板を重金属を溶解させた溶液と溶解させていない溶液との間に挟み、定期的に両方の溶液を採取し、濃度測定することで、セメント硬化体中を移動する重金属の拡散係数を導出するものである。また、拡散挙動判定試験は、重金属を添加した円柱供試体を pH4 の硝酸溶液に浸漬させ、定期的に溶液採取を行い、測定結果から拡散支配の溶出挙動を示すか判断するものである。既往の研究²⁾より累積溶出量が浸漬日数の 1/2 乗に比例すると、拡散に支配されていると言える。また、吸着実験は、微粉碎セメントペーストを、重金属溶液中で攪拌し、攪拌前後の溶液の濃度差から吸着・イオン交換をみるものである。pH 依存性試験は、粉碎したモルタルを、pH を 4, 7, 10, 12, 13 に維持した溶液中で攪拌し、溶出量を測定する試験である。

2.3 固相における存在形態

既往の研究で重金属を添加したモルタルの細孔径分布が重金属種によって、異なることが明らかとなっており³⁾、これは、セメント水和生成物中に重金属が存在することによる影響であるといえる。この重金属種による細孔径分

布の違いは、重金属の溶出にも影響を与えかねないことから、本研究では、重金属を添加した、セメントペースト試料を用いて、pH4 の硝酸酸性溶液中で浸漬試験を行い、XRD 分析等により、固相での重金属の存在形態を検討した。

3. 実験結果及び考察

まず、拡散セル法においては、100 日間の試験中には定常状態に至らなかったため、拡散係数の算出は行うことができなかったが、重金属が定常状態に達するまでには、長い時間がかかることから吸着が非常に大きい影響をもつことがわかった。次に、拡散挙動判定試験では、いずれの重金属種においても、直線と類似した変化を示したことから、拡散により溶出挙動が支配されている可能性が高いと言える。いずれにせよ、浸漬日数がまだ短いので、実験を継続し長期的な観点から検討する必要があると思われる。

次に、吸着実験の結果を Fig.1 に示す。銅、亜鉛に関しては、吸着等温線に回帰できる段階には至らなかったが、鉛の吸着等温線がフロインドリッヒ型に回帰でき、細孔溶液中で吸着現象を起こすということがわかった。

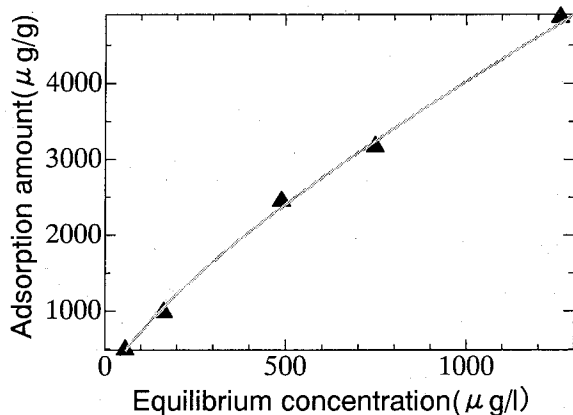


Fig.1 adsorption isotherm(Pb)

最後に、pH 依存性試験の結果を Fig.2 に示す。いずれの重金属も低 pH 領域、高 pH 領域において溶出量が大きくなっており、重金属の溶出に pH が影響することがわかる。さらに、各々の実験において最大溶出濃度と最小溶出濃度の間には、約 $10^4 \sim 10^5$ 倍もの溶出濃度差が生じるこ

とが確認できた。特に、低 pH 領域において溶出濃度が飛躍的に増加する結果は、実現象として pH5 程度の酸性雨が降るということを考えると、注目すべき結果の一つであると言える。

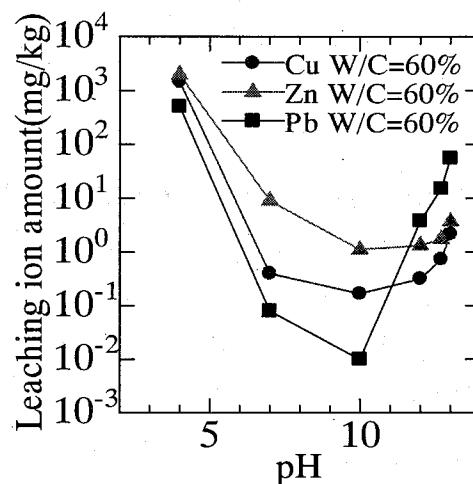


Fig.2 pH dependency test

4. 結論

以下に本研究の範囲内で得られた結論を列挙する。

- (1) 銅、亜鉛、鉛を含有したセメント硬化体からの重金属の溶出は、濃度拡散に支配されたものである可能性が大きい。
- (2) セメント水和物中において、鉛は、吸着・イオン交換される。
- (3) 銅、亜鉛、鉛を含有したセメント硬化体中の重金属は、両性元素の特徴を有した pH 依存性を示す。

5. 参考文献

- (1) 酒井伸一，水谷聡，高月紘，岸田拓郎：廃棄物の溶出試験に関する研究，廃棄物学会論文誌，Vol. 6, pp225-234(1995)
- (2) 肴倉宏史，水谷聡，田崎智宏，貴田晶子，大迫政浩，酒井伸一：利用形状に応じた拡散溶出試験による廃棄物溶融スラグの長期溶出量評価，廃棄物学会論文誌，Vol. 14, pp200-209 (2003)
- (3) 賀谷剛志，セメント硬化体からの重金属溶出評価方法，広島大学大学院修士論文(2003)