

セメント硬化体中における重金属吸着特性のpH依存性

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○宮本祐輔

広島大学大学院工学研究科 学生会員 坂中謙太

広島大学大学院工学研究科 正会員 河合研至

1. 背景と目的

近年、地球温暖化をはじめとする環境問題に多くの関心が寄せられる中、コンクリート分野においても、廃棄物最終処分場の不足の問題から、産業廃棄物や都市ごみ焼却灰等のコンクリート材料としての有効利用が望まれている。このような環境志向の流れの中で、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予想されている。しかし、産業廃棄物等には、重金属類や環境ホルモンなど環境や人体に悪影響を及ぼす物質が多く含まれている危険性がある。よって環境負荷低減を目的とした廃棄物等の有効利用にあたり、実際に有効利用した場合のそれらが環境に及ぼす影響やその安全性が保障されなければならない。また、同時にその安全性を適切に評価することができる評価法の確立も必要となっている。

以上の背景から、コンクリートからの重金属溶出に着目し、重金属を多量に含む産業廃棄物・副産物をコンクリート材料として利用した場合のコンクリートを想定して、重金属溶出の長期予測手法、及び、その評価手法の確立を目指す必要性を鑑み、本研究では重金属の移動を支配する決定的な要因を把握するため、セメントペーストを用いて重金属の吸着について実験的に検討し、考察を行うことにより、セメント硬化体中における重金属吸着特性のpH依存性を解明することを研究目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究においては、基礎的な情報を得ることを目的とするため、セメントペーストを用いることとした。セメントペーストの水セメント比は0.4で、セメントには普通ポルトランドセメントを用いた。試料にはこのセメントペーストを微粉碎したものを用いる。また、重金属は銅、亜鉛、鉛の3種類を取り扱い、それぞれ試薬の硝酸塩(硝酸銅三水和物($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、硝酸亜鉛六水和物($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、硝酸鉛($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)を用いた。

2.2 実験方法

吸着現象は、コンクリート内の重金属の移動と密接に関係するため、本研究ではセメントペーストへの重金属の吸着特性についての検討を行った。本実験の特徴は、pHが異なる条件下でそれぞれ実験を行うことにより、吸着現象におけるpHの依存性を検証し、重金属の吸着等温線の分類を試みたところにある。着目した重金属は、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、鉛(Pb)の3種類である。

はじめに、pHを調整しない条件について試験を行った。まず、粉碎したセメントペーストを5gと純水100mlをビーカーに入れて10時間攪拌した。これは攪拌によるpHの変動を小さくするためである。また温度変化がpHを変動させる要因となることが事前に明らかになったため、実験では温度を一定に保つことを必須の条件とした。室温20℃の条件下で、攪拌によるpHは12.84であった。攪拌後、所定の濃度の重金属溶液(重金属の硝酸塩を純水に溶解させたもの)を5ml加えて、さらに6時間攪拌を行った。この時30分おきにpHを測定し、pHが安定していることを確かめた。6時間の攪拌により、試料はほぼ吸着平衡に達していたため、攪拌終了後0.45μmのメンブランフィルターを用いて吸引ろ過を行い、そのろ液について重金属の濃度測定を行った。

次に、吸着現象におけるpHの依存性を検証するために、硝酸によりpHを変化させた条件による試験を

行った。まず、粉碎したセメントペーストを 5g、純水 90ml、硝酸(2mol/l)10ml をビーカーに入れて 10 時間攪拌した。室温 20℃ の条件下で、攪拌による pH は 12.18 であった。攪拌後、所定の濃度の重金属溶液(重金属の硝酸塩を純水に溶解させたもの)を 5ml 加えて、さらに 6 時間攪拌を行った。この時 30 分おきに pH を測定し、pH が安定していることを確かめた。攪拌終了後、0.45 μ m のメンブランフィルターを用いて吸引ろ過を行い、そのろ液について重金属の濃度測定を行った。

3. 実験結果と考察

図 1 に Cu の実験結果(平衡濃度と吸着量の関係)を示す。Cu, Zn については、実験結果がばらついた値が得られ、pH 無調整と pH 調整の両方において吸着等温線を分類するには至らなかった。また、pH の差による吸着量への影響もほとんど見られなかった。これは両重金属とも、沈殿を抑制する条件下では、もともとの添加することができる重金属濃度が非常に小さいためであると考えられる。またはアルカリ域(pH=12~13 付近)では規則性が出にくいことも考えられるため、これらの重金属の吸着等温線の分類を試みるには、本実験よりもさらに pH を変化させた条件(pH が中性域や酸性域)による検討が必要であるといえる。

図 2 に Pb の吸着等温線を示す。Pb については、pH 無調整(pH=12.84)と pH 調整(pH=12.18)の両方において Freundlich(フロインドリッヒ)型の吸着等温線を分類することが出来た。また、pH の差(0.66)による吸着量の差が確認できたことから、吸着現象において pH の依存性があることが確認できた。pH の値が中性に近づけば、吸着量は大きくなるといえる。

一般に Freundlich 型の吸着は、ファンデルワールス力による物理吸着であり、吸着速度は速く、理論的には不均質表面に対する吸着現象を表したものである。実験結果より、Pb はまさに不均質表面に対して物理吸着したといえる。

4. 結論

吸着試験結果より、Pb については Freundlich 型の吸着等温線に分類でき、吸着における pH の依存性を確認できた。pH の値が中性に近づけば、吸着量は大きくなるといえる。

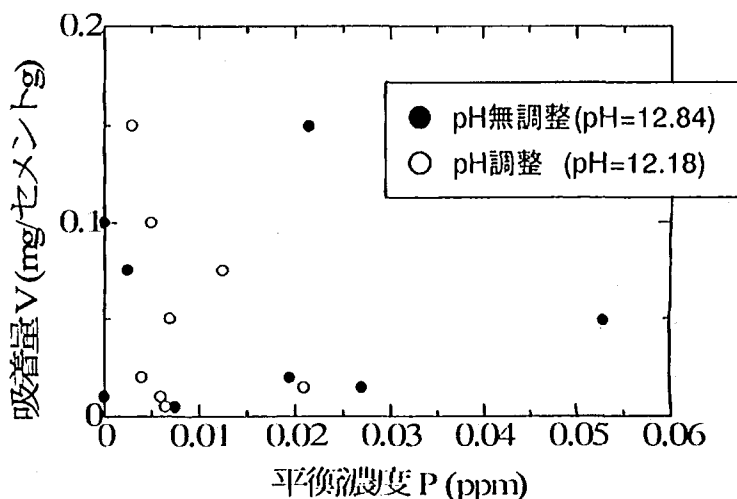


図 1 Cu の実験結果

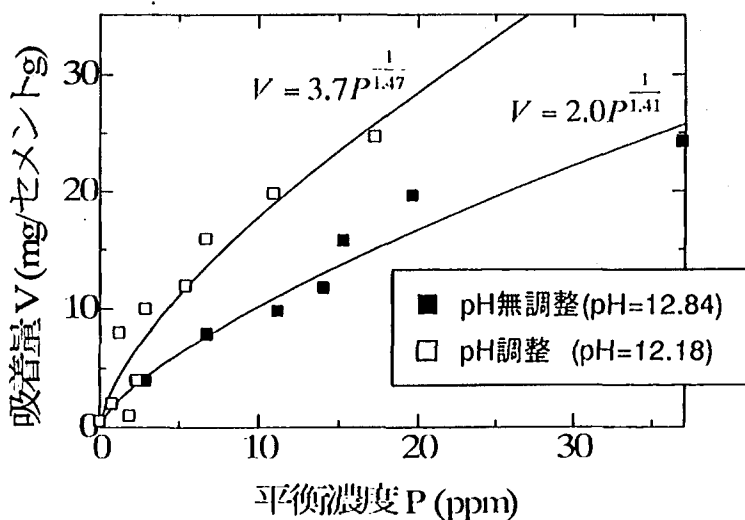


図 2 Pb の吸着等温線