

# セメント硬化体からの重金属の溶出挙動に及ぼす炭酸化の影響

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○佐藤俊光

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 正会員 河合研至

## 1. はじめに

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、環境負荷低減への取り組みの一環として、廃棄物や他産業種の副産物のコンクリートへの有効利用が望まれている。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、コンクリートからの重金属溶出による環境負荷が生じないことを適切に評価し、安全性を確認することが必要となる。

重金属溶出の評価ツールとして環境庁告示 13 号試験や環境庁告示 46 号試験等の利用が考えられるが<sup>1)</sup>、これらの溶出試験はそれぞれ廃棄物、土壌を対象とした試験であることから、コンクリートからの重金属溶出を適切に評価できるとは言い難い。したがって、コンクリートに適した溶出評価方法を確立すべきであるが、その第一段階として、コンクリートからの重金属溶出機構を把握しておく必要がある。

本研究では、有害な影響を及ぼしうる物質の中でも重金属に着目した。従来、重金属はセメント硬化体に固定されやすいことが知られており<sup>2)</sup>、コンクリートに含有されたとしてもコンクリートからの溶出は起こりにくいと考えられるが、コンクリートが超長期に使用される場合、炭酸化に伴う表面からの変質が重金属の溶出を起こしやすくしてしまうことも考えられる。そこで、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、二酸化炭素により炭酸化した場合のコンクリート構造物を想定して、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ものである。重金属の移動を支配する決定的な要因を把握するため、炭酸化させたセメントペーストを用いて拡散、吸着について実験的に検討し、セメント硬化体中からの重金属の溶出挙動に及ぼす炭酸化の影響を解明することを目的とした。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料

使用する供試体は水セメント比 0.40 のセメントペーストで、セメントには普通ポルトランドセメントを用いた。また、重金属は銅、亜鉛、鉛の 3 種類に着目し、重金属を含有する溶液を作製する際には、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

#### 2.2-1 吸着試験

炭酸化がセメント硬化体における重金属の吸着特性に及ぼす影響を把握するため、吸着試験を実施。

セメントペーストを粉碎機で粉碎した後、中性化試験装置により、温度 20℃、湿度 60%、二酸化濃度 5% の条件のもと約 2 週間炭酸化させた。この時の試料の炭酸化の程度については熱分析により確認した。100ml の純水に炭酸化を行ったセメントペースト 5g を加え、溶出するイオンが平衡状態に達するように 10 時間攪拌した。室温 20℃の条件下で、攪拌中の pH は 12.49 であった。攪拌後、所定の濃度の重金属溶液を 5ml 加えて、一定温度下でさらに 6 時間攪拌を行った。攪拌終了後、吸引ろ過を行い、そのろ液について濃度測定を行った。

## 2.2-2 拡散セル試験

セメント硬化体の炭酸화가、拡散による重金属の移動性に及ぼす影響を把握するため、拡散セル試験装置を用いた拡散実験を実施した。

本実験装置では、厚さ 1.5mm のセメントペースト板を、重金属を溶解させてない溶液（検出側）と、セメント質量の 5%の重金属を溶解させた溶液（重金属側）との間に挟んでいる。以下、ここでは実験開始時の溶液をイニシャル溶液と呼ぶこととする。実験開始後、重金属側、検出側それぞれの溶液を定期的に採取し、原子吸光分光光度計を用いてそれらの濃度を測定した。

## 3. 実験結果と考察

図 1 に吸着試験で得られた鉛の吸着等温線を示す。鉛については、健全なセメントペースト (pH=12.84) と炭酸化したセメントペースト (pH=12.49) の両方において Freundlich (フロインドリッヒ) 型の吸着等温線に分類することが出来た。このことにより、鉛はまさに不均質表面に対して物理吸着したと示唆される。また、セメントペーストを炭酸化させたことにより、吸着量は減少した。これは、セメントペーストの炭酸化でセメント水和物が分解されたことに伴う硬化体組成の変化、空隙の表面積の減少などが原因と考えられる。

図 2 に拡散セル試験で得られた銅の濃度変化量を示す。銅については、重金属側の濃度減少に伴って若干ではあるが検出側の濃度が増加していることから銅がわずかながら溶出しているとみられる。これは、銅が初期段階においてセメント硬化体から表面溶解したためと考えられる。また、本研究では健全なセメント硬化体よりも重金属側の濃度変化量が減少している。これは、イニシャル溶液中の銅の濃度が低くなったことで、濃度勾配が小さくためと考えられる。

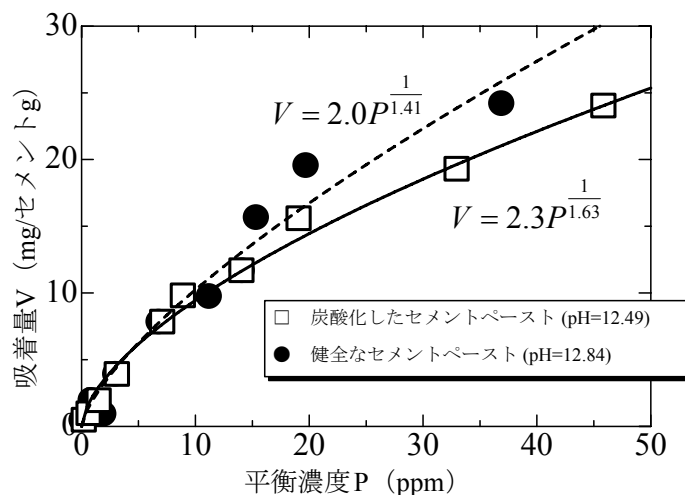


図 1 鉛の吸着等温線

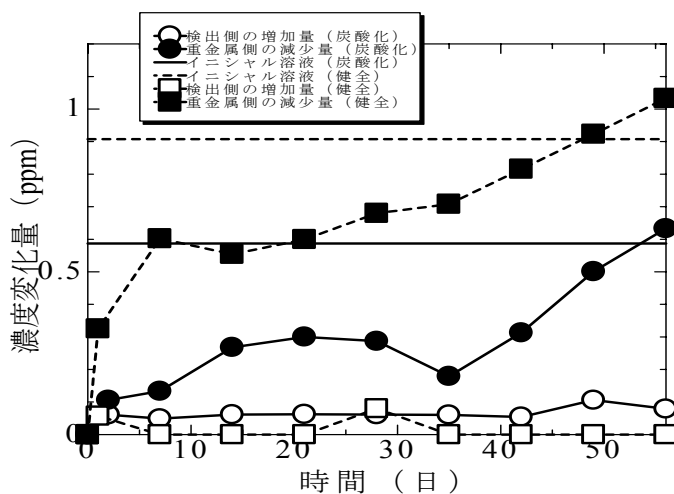


図 2 銅の濃度変化量

## 4. 結論

吸着試験結果より、鉛については Freundlich 型の吸着等温線に分類できた。また、セメントペーストを炭酸化させたことにより吸着量は減少した。拡散試験結果より、銅については溶出がみられた。これは、初期段階においてセメント硬化体から表面溶解したためだと考えられる。

### 【参考文献】

- 1) エコセメント製品の重金属類溶出試験に関する検討委員会報告書、廃棄物学会(2000)
- 2) コンクリートの微量成分溶出に関する検討、土木学会誌 2003