

セメント硬化体の重金属吸着特性に及ぼす温度の影響

広島大学大学院工学研究科 正会員 河合研至
広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○宮本祐輔
広島大学工学部 学生会員 佐藤俊光

1. はじめに

コンクリート分野における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。しかし、廃棄物等の中には重金属を多量に含むものもあることから、コンクリートから重金属が溶出する危険性が懸念される¹⁾。よって、廃棄物等をコンクリートに有効利用する際には、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 号試験等が行なわれてきたが、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、コンクリートに対して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認するため、まずコンクリートからの重金属溶出機構を把握する必要がある。

そこで、コンクリートからの重金属溶出機構の解明を目的として、吸着試験によりセメント硬化体中における重金属の吸着特性に及ぼす温度の影響について実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では基礎的なデータを得ることを目的とするため、試料としてセメントペーストを用いた。使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。セメントペーストは 28 日間封緘養生したものを用い、水セメント比は 0.40 とした。水セメント比を低めに設定したのは、セメントペーストのブリージングを抑え、均質化を図るためである。このセメントペーストを粒径 600 μm 以下まで粉碎した。また、重金属は鉛に着目し、硝酸鉛($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)を用いた。硝酸塩を用いたのは、水に溶解しやすいからであり、また塩化物では塩化物イオンがセメントペーストの水和に影響を及ぼすことが懸念されたからである。

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硬化体中における重金属の吸着特性に及ぼす温度の影響について検討を行った。温度は 10°C、20°C、30°C の条件についてそれぞれ検討を行った。

はじめに、吸着量の経時変化を把握する目的で次のような実験を行なった。まず、粉碎したセメントペースト 10g と純水 200ml(液固比 20(ml/g))をビーカーに入れて所定の温度に保ちながら 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。このとき 10°C、20°C、30°C の条件で、それぞれ pH の値は 13.12、12.87、12.48 に落ち着いた。ここで、既往の研究²⁾において重金属の吸着特性は pH 依存性を有することが確認されていることから、温度の依存性を検証するには pH を一定にそろえた条件で試験を行なう必要がある。よって、全ての温度条件における pH の値を水酸化ナトリウムを用いて 13.12 に調節し試験を行なった。次に、25g/l 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 10ml 加えて、さらに 6 時間攪拌を行った。重金属溶液を添加してから 1、5、10、20、30、60、90、120、180、360 分後にビーカーから溶液を 5ml ずつ採取し、0.45 μm メンブランフィルターにより吸引ろ過を行ない、そのろ液を硝酸(0.1mol/l)を用いて希釈し保存した。酸を用いたのは温度変化による重金属の沈殿を防ぐためである。そ

の後、その溶液について重金属の濃度測定を行った。濃度測定には原子吸光分光光度計を用いた。

また、吸着曲線を得るために次のような実験を行った。粉碎したセメントペースト 5g と純水 100 ml をビーカーに入れて所定の温度に保ちながら 10 時間攪拌した後、水酸化ナトリウムを用いて pH を 13.12 に調整した。その後、異なる濃度の重金属溶液を 5ml 加えて、さらに 6 時間攪拌を行なった。攪拌後、ビーカーから溶液を 5ml ずつ採取し、以下同様の手順で、ろ過の回収・希釈・濃度測定を行なった。

3. 実験結果と考察

図 1 に鉛の濃度の経時変化を示す。この実験結果より、重金属を添加してから 6 時間の攪拌により、全ての温度条件においてほぼ吸着平衡に達することが確認された。20℃の条件が最も吸着速度が早く、吸着平衡に達する時間が短いといえる。また温度の違いによって吸着平衡濃度が異なった。

図 2 に鉛の吸着等温線を示す。全ての温度条件においてフロイドリッヒ型の吸着等温線を分類することが出来た。吸着等温式は、一般に式[1]で表される。

$$V = aP^{1/n} \quad [1]$$

ここに V: 吸着量 (mg/g)

a, n: 実験定数

P: 平衡濃度 (ppm)

フロイドリッヒ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、鉛はまさに不均質表面に対して物理吸着したといえる。また、温度条件の違いによる吸着量の差が確認できたことから、吸着現象において温度依存性があることが確認できた。温度が高くなると、吸着量は小さくなる。

4. 結論

吸着試験結果より、鉛はセメント硬化体中の吸着特性において温度依存性を有することが確認できた。温度が高くなると、吸着量は小さくなる。また、吸着速度は 10℃、30℃の条件と比べて 20℃が最も早い。

【参考文献】

- 1) コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題、土木学会(2003)
- 2) 河合研至ほか: セメント硬化体中における重金属の拡散・吸着、セメント・コンクリート論文集、No.61、pp.123-128(2007)

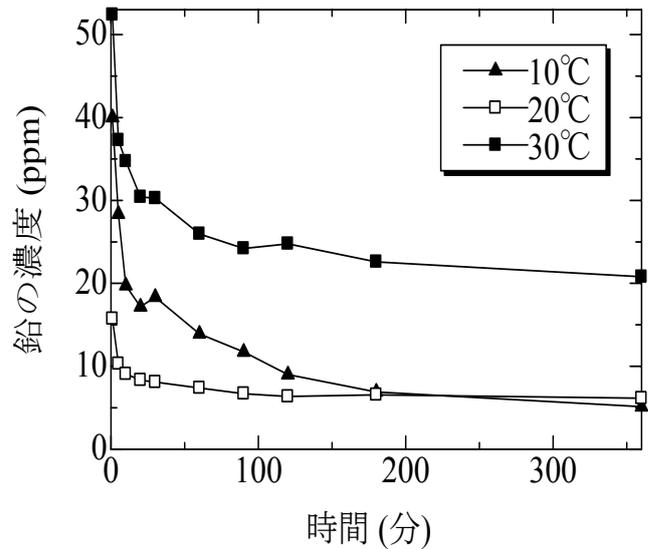


図 1 鉛の濃度の経時変化

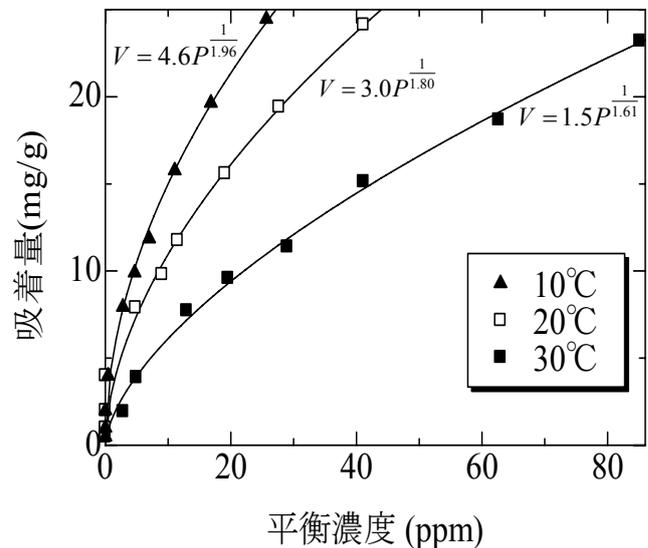


図 2 鉛の吸着等温線