

# セメント硬化体からの鉛イオン溶出に及ぼす接触溶液の種類の影響

広島大学 工学部 第四類 学生会員 ○横山 晋矢  
広島大学 工学部 第四類 学生会員 高谷 隼人  
広島大学 工学部 第四類 学生会員 林 明彦

広島大学大学院工学研究院社会環境空間部門 フェロー会員 河合 研至

## 1. 背景・目的

近年では、地球温暖化を初めとし、人々の環境問題に対する意識が高まってきており、循環型社会への転換が進んでいる。コンクリート分野においても産業廃棄物をコンクリート用材料として有効利用する事が強く必要とされている。しかし、産業廃棄物には人体に影響を及ぼす重金属等が含まれている可能性もあり、このようなコンクリートが解体される際に発生するコンクリート片、特に微粉末からは多量の重金属が溶出する危険性があるため、解体されたコンクリート微粉末からの重金属除去は急務であると言える。

既往の研究より、鉛を含んだセメントペーストが  $\text{CaCl}_2$  溶液に浸漬された場合、イオン交換水に浸漬された場合と比較して、鉛の溶出率が著しく増加する事が明らかとなっている。<sup>1)</sup>しかし、その挙動が  $\text{CaCl}_2$  溶液に特有のものなのか、もしくは塩化物イオンを含む他の溶液についても見られる挙動なのかは明らかとなっていない。

そこで本研究では重金属除去に最適な  $\text{CaCl}_2$  溶液濃度を把握するためタンクリーチング試験を行った。また、重金属溶出機構には拡散現象の他に吸脱着現象も深く関わっているため、吸脱着現象とタンクリーチング試験結果との関係性を明らかにするために吸脱着試験を合わせて実施した。

## 2. 実験

### 2. 1 供試体概要

水セメント比の違いによる溶出量の違いを見るため  $W/C=0.40, 0.50, 0.60, 0.65$  の4種類の配合でセメントペーストを作製し、材料には普通ポルトランドセメントとイオン交換水を用いた。このセメン

トペーストを  $40 \times 40 \times 160\text{mm}$  のモルタル成形用三連型枠に打設した24時間後に脱枠し、脱枠後28日目まで封緘養生を行なった。

### 2. 2 試験概要

#### (1) 吸脱着試験方法

吸脱着試験には水セメント比0.40のセメントペーストを使用し、そのセメントペーストを粒径  $600\mu\text{m}$  以下まで粉砕した。その後、粉砕したセメントペースト5gとイオン交換水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の変動が重金属を沈殿させてしまう恐れがあるため、pHを一定に保つ目的で行なったものである。10時間攪拌後、所定の濃度の硝酸鉛(II)水溶液(10g/L, 12g/L, 16g/L, 20g/L, 25g/L)を1ml加えて、さらに6時間攪拌を行なった。攪拌終了後、 $0.45\mu\text{m}$  メンブランフィルターを用いて吸引ろ過を行い、得られたろ液について原子吸光光度計を用いて吸着した鉛の濃度測定を行なった。

次に、メンブランフィルターに残った残渣と  $\text{CaCl}_2$  溶液、 $\text{MgCl}_2$  溶液20mlをビーカーに入れて10時間攪拌した。攪拌終了後、吸引ろ過を行い、得られたろ液について原子吸光光度計を用いて脱着した鉛の濃度測定を行なった。

#### (2) タンクリーチング試験方法

ポリエチレン製タンクの底にプラスチック製の網を敷き、その上に一辺が  $40 \times 40 \times 40\text{mm}$  の2.2の供試体を静置し、イオン交換水または塩化物溶液に浸漬した。塩化物溶液には  $\text{CaCl}_2$  を用いた。溶液の量は供試体の表面積  $1\text{cm}^2$  あたり5mlとして480mlに設定した。浸漬中は二酸化炭素等の侵入を防ぐためタンクに蓋をして密閉した。浸漬開始後0.25, 1, 2.25, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100日目に溶液を全

液交換し、交換した溶液を分析溶液とした。

3. 実験結果

3. 1 吸脱着試験結果

まず  $\text{CaCl}_2$  溶液の各濃度における鉛の脱着量の相違を把握するため試験を行った。 $\text{CaCl}_2$  溶液における吸脱着試験結果のグラフを図 1 に、また具体的な数値を表 1 に示す。 $\text{CaCl}_2$  溶液濃度上昇ごとに鉛の脱着量も増加しているが  $\text{CaCl}_2$  溶液濃度 30%~40%の間を境に減少していることが読み取れることからこの間で脱着量ピークの存在が考えられる。

既往の研究<sup>1)</sup>において、イオン交換水や  $\text{LiCl}$  溶液、 $\text{NaCl}$  溶液、 $\text{KCl}$  溶液での鉛の脱着は極めて低く、 $\text{CaCl}_2$  溶液での鉛の脱着が極めて高いことが明らかとなっている。この結果に示されるような溶液の種類による相違が、塩化物を構成する陽イオンの価数によるものか否かを検討するため、ここでは  $\text{CaCl}_2$  と同じ 2 価の陽イオンである  $\text{MgCl}_2$  を用いて実験を行った。図 2 に  $\text{MgCl}_2$  溶液における吸脱着試験結果を示す。しかし、この試験を行うにあたって  $\text{MgCl}_2$  をイオン交換水に溶解させる際、この溶解が不完全であった可能性があるため信憑性にかけてしまう。よってあくまで参考としてこの試験結果の考察を行なっていく。図 2 に示す通り  $\text{MgCl}_2$  溶液における脱着量は  $\text{CaCl}_2$  溶液の脱着量と比べて非常に小さいと言える。この結果から脱着量の増加は 2 価の塩化物溶液に特有なものではないと確認できた。

以上の結果より、 $\text{CaCl}_2$  溶液におけるタンクリーチング試験を行い、各濃度における鉛の溶出量の大小関係の把握及び脱着量の増加が鉛の溶出量の増加に関係しているかの確認を行なった。

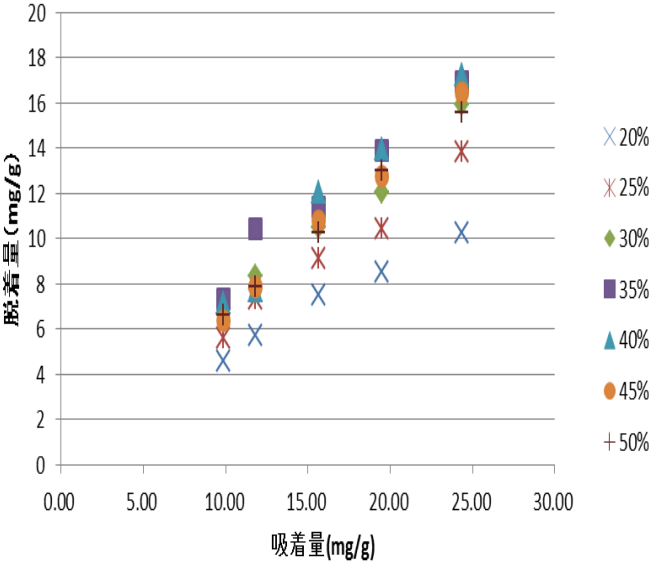


図 1  $\text{CaCl}_2$  溶液における吸脱着試験結果

表 1  $\text{CaCl}_2$  溶液における吸脱着試験結果

|         |     | 添加重金属濃度 (ppm) |             |             |             |             |
|---------|-----|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         |     | 10000         | 12000       | 16000       | 20000       | 25000       |
| Cacl2濃度 | 20% | 4.58(mg/g)    | 5.68(mg/g)  | 7.52(mg/g)  | 8.53(mg/g)  | 10.23(mg/g) |
|         | 25% | 5.56(mg/g)    | 7.35(mg/g)  | 9.08(mg/g)  | 10.42(mg/g) | 13.83(mg/g) |
|         | 30% | 6.68(mg/g)    | 8.33(mg/g)  | 10.49(mg/g) | 12.03(mg/g) | 15.90(mg/g) |
|         | 35% | 7.31(mg/g)    | 10.42(mg/g) | 11.39(mg/g) | 13.90(mg/g) | 16.95(mg/g) |
|         | 40% | 7.12(mg/g)    | 7.70(mg/g)  | 12.06(mg/g) | 13.95(mg/g) | 17.24(mg/g) |
|         | 45% | 6.34(mg/g)    | 7.83(mg/g)  | 10.81(mg/g) | 12.73(mg/g) | 16.47(mg/g) |
|         | 50% | 6.62(mg/g)    | 7.83(mg/g)  | 10.21(mg/g) | 12.97(mg/g) | 15.58(mg/g) |

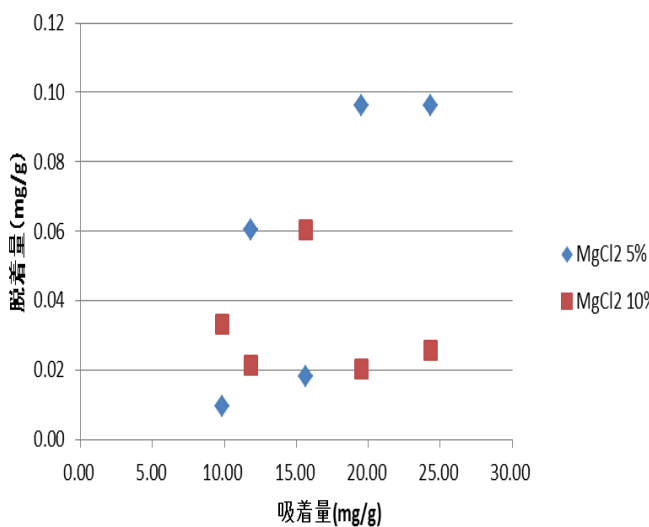


図 2  $\text{MgCl}_2$  溶液における吸脱着試験結果

### 3. 2 タンクリーチング試験結果

CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度 30%に浸漬させた供試体は 9 日目でひび割れが生じたため試験を続けることが困難となった。そのため、20%, 40%, 50%の 3 つの結果を図 3～図 5 に示す。グラフより、水セメント比が高くなるに従って、鉛累積溶出率は増加していることが分かる。これは、単位セメント量が少ないほど固定能が低下するためだと考えられる。また、表 2 に示す通り全ての水セメント比において CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度 20%～40%にかけて鉛の溶出率が増加し、CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度 50%で鉛の溶出率は減少する結果となった。これは、吸脱着試験結果の脱着量の大小関係と近い結果であることから溶出率増加の要因はセメント水和物から鉛の脱着が起こり、細孔溶液中の鉛の濃度が高まることによって濃度勾配が大きくなり重金属の溶出が促進されたと考えられる。

### 4. 結論

- (1) CaCl<sub>2</sub> における吸脱着試験では、30%～40%の間を境に脱着量が増加から減少していく傾向となった。また、鉛の脱着量の増加は塩化物溶液における陽イオンの価数によるものか否かを本実験の範囲では明らかとすることができなかった。
- (2) タンクリーチング試験において、CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度 40%, 20%, 50%の順に鉛が多く溶出することが確認できた。しかし、CaCl<sub>2</sub> 濃度 30%の供試体は表面からの剥落が見られた。

### 5. 参考文献

- 1) 河合研至・菊地博満・高谷隼人・林明彦：セメント硬化体における鉛の吸脱着特性と溶出挙動，セメント・コンクリート論文集 No. 65/2011, pp. 126-131 (2012)

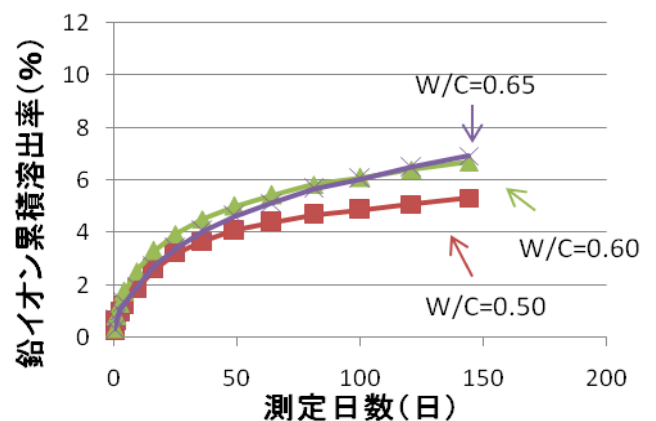


図 3 CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度 20%における鉛溶出率

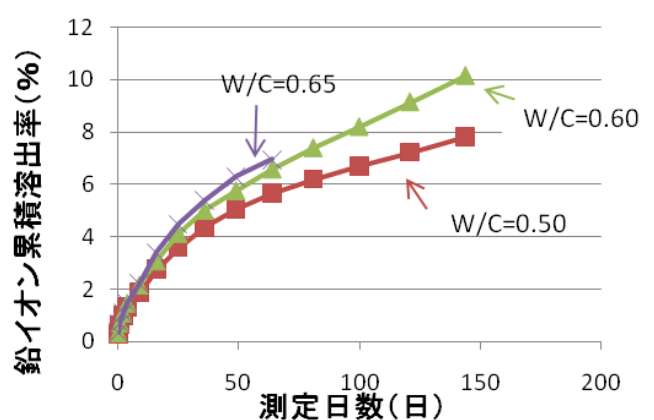


図 4 CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度 40%における鉛溶出率

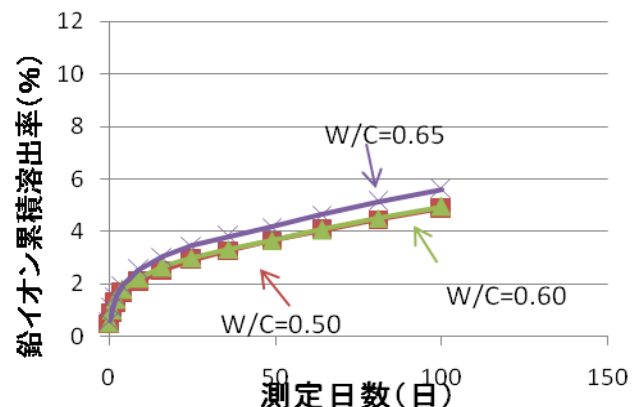


図 5 CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度 50%における鉛溶出率

表 2 各 CaCl<sub>2</sub> 溶液濃度における鉛イオン溶出率

|                      |     | 水セメント比  |         |          |
|----------------------|-----|---------|---------|----------|
|                      |     | W/C=0.5 | W/C=0.6 | W/C=0.65 |
| CaCl <sub>2</sub> 濃度 | 20% | 5.18(%) | 5.84(%) | 6.75(%)  |
|                      | 40% | 5.65(%) | 6.60(%) | 6.95(%)  |
|                      | 50% | 4.05(%) | 4.06(%) | 4.65(%)  |