

アルミニウムイオンの作用によるアルカリシリカ反応の抑制に関する研究

愛知工業大学 正会員 ○岩月 栄治

1. はじめに

コンクリートの劣化現象であるアルカリシリカ反応 (ASR) は、日本においては 1984 年にマスコミ等の報道によって社会問題となった。その後、調査・研究が進められ 1986 年に骨材の判定試験方法が JIS に制定され、同時に抑制対策が当時の建設省から告示された。しかし、現在においても新たな ASR 劣化の報告があり、抑制対策が完全なものではないことが問題視されている。ASR の反応メカニズムは、骨材に含まれている不安定なシリカとセメント等からもたらされるアルカリ金属 (Na, K)、および水によってアルカリ珪酸塩ゲルが生成され、これが吸水することによる膨張によって圧力が発生してコンクリートにひび割れを発生させる現象である。化学反応であるため、アルカリ珪酸塩ゲルが生成しないような配合や、生成したゲルが膨張しない、もしくはゲルの剛性が低い場合はコンクリートに膨張圧を発生させないことによって、抑制できることが理論上考えられている。ASR によって生成されたアルカリ珪酸塩ゲルを非膨張化させる工法としては亜硝酸リチウムを用いる方法が知られているが、高価であることから現実的には難しく、これに代わる安価な抑制材料の開発の中でアルミイオンによる ASR 生成物の非膨張化を検討してきた¹⁾。

本研究では、アルカリ溶液中においてアルミイオンを溶出する物質の溶出試験を行い、その結果から ASR の抑制材料としての検討を行った。

2. 実験方法

2.1 使用材料

コンクリートを想定してアルカリ溶液中でアルミイオンを溶出する物質を選定した。一つは天然岩石の石粉をアルカリ溶融処理の過程で採取した物質であり、高温・高圧のアルカリ溶液に曝されることによって、岩石鉱物に変化することによってゼオライト化したものである。今回は色調が異なる 2 種類を用いた。他にセメント成分であるカルシウムアルミネート鉱物の C_3A 、 CA 、 CaA_2 、 $C_{12}A_7$ 、 C_2A_5 を実験室で作製し、アルカリ溶液における反応速度を遅くするような調整をした。

2.2 溶出試験および定量分析の方法

アルカリ溶融処理の石粉は 2mm 程度の粒度であったため 0.3mm 程度に乳鉢で粉碎した。カルシウムアルミネート鉱物の 3 種類は粉状であり、そのまま溶出試験に用いた。

石粉の溶出試験手順は、PP (ポリプロピレン) 容器に、粉碎試料 5 g と 1mol/L NaOH 溶液を 25mL を入れ、40℃の水槽に静置した。同時に 0.5mol/L NaOH 溶液についても行った。0 日目、3 日目、7 日目、14 日目、21 日目に上澄み液の pH を測定し、21 日目に上澄み液を採取した。ろ液については、試料分解容器 (フッ素樹脂製) にろ液 0.5mL、塩酸 2mL、フッ化水素酸 1mL を入れ、密栓し 4 時間以上室温で放置した。その後、内容物を洗い出し 4% ほう酸 12mL を加え全量を 25mL とした。ろ紙については、試料分解容器にろ紙、塩酸 1mL、フッ化水素酸 0.5mL を入れ、密栓し 4 時間以上室温で放置した。その後、内容物を洗い出し 4% ほう酸 6mL を加え全量を 25mL とした。

カルシウムアルミネート鉱物は、PP 容器に試料 5 g と 0.1mol/L NaOH 溶液を 25mL 入れ 40℃の水槽に静置した。同時に 0.01mol/L NaOH 溶液についても行った。0 日目、7 日目、14 日目に上澄み液の pH を測定し、21 日目に上澄み液を採取し、孔径 0.45 μm メンブレンフィルターでろ過した。ろ液 0.5mL を試料分解容器に入れ、塩酸 2mL、フッ化水素酸 1mL を加え、密栓し 4 時間以上室温で放置した。その後、内容物を洗い出し 4% ほう酸 12mL を加え全量を 25mL とした。定量分析は ICP 発光分光分析装置を用いて Al, Ca, Na, Si を測定した。

3. 結果および考察

溶出試験結果を図1に示す。アルカリ溶融処理の石粉の溶出は、Caの溶出量は少ないが、Al、Na、Siは多い。またAlとSiの溶出量は白と黒で同様の傾向となっている。またNaは白・黒に関わらず一定量が溶出していることから浸漬したNaOH溶液の影響を受けていることも考えられる。ASRの抑制としてはAlが溶出していることから、ASR生成物の非膨張化が期待できそうであるが、同時にSiとNaも溶出していることから、今後も検討が必要である。

カルシウムアルミネート鉱物は、CA、CA₂、C₁₂A₇がNaOHの0.1molの溶液でAlの溶出量が多い。Naの溶出はほぼみられないので、ASR抑制材として適応できる可能性があり、今後、モルタル等での実験を行う必要がある。

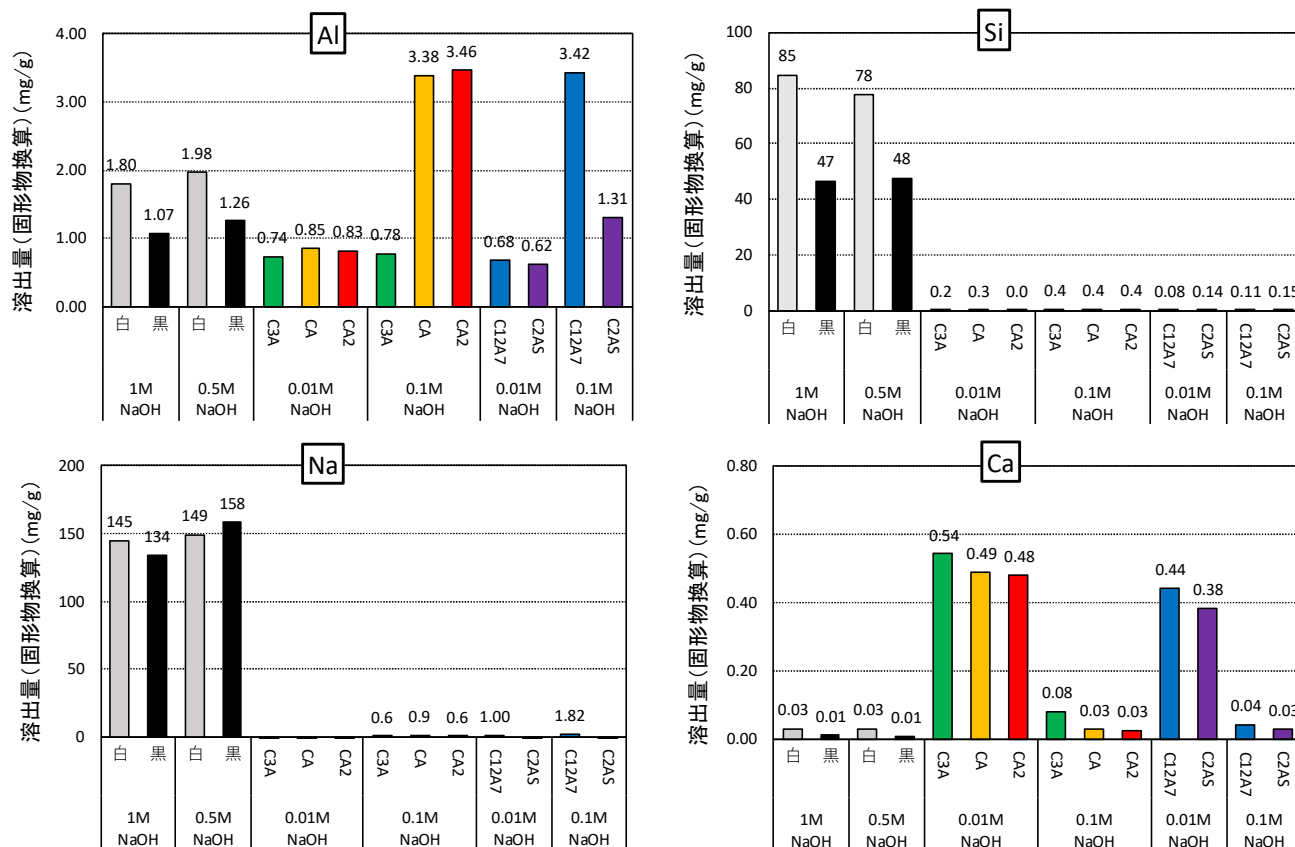


図1 アルカリ溶融した石粉とカルシウムアルミネート鉱物のアルカリ溶液中での溶出状況

4. まとめ

本研究の結果を以下にまとめる。

- (1) アルカリ溶融処理した石粉はアルカリ溶液中でAlの溶出が確認されたが、SiやNaの溶出も同時に確認された。
- (2) カルシウムアルミネート鉱物ではCA、CA₂、C₁₂A₇においてAlの溶出が確認されたことから、今後、モルタル等で膨張抑制効果を確認する必要がある。

謝辞：本研究は2017年度文部科学省科学研究費（基盤研究（C）, 課題番号17K06519）によった。また実験においては研究生の宇佐見亜希子氏、卒業研究生の岩田俊平君、須藤渉君の協力を得た。

参考文献

- 1) 岩月栄治, 森野奎二: 水ガラスカレットを用いたモルタルのアルカリシリカ反応のメカニズムに関する研究, 日本材料学会, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第10巻 pp.163-166 (2010.10)