

1 緒言

近年、コンクリート建造物の解体などによるコンクリート廃材は膨大な量になっている。国土交通省の調べでは、我が国の平成 14 年度に排出された建築廃材の排出量は、全体で約 8300 万トンと報告されておりそのうちのコンクリート塊は約 3500 万トンと全体の 42%を占めている。このコンクリート塊廃材の一部は、床材、再生骨材として再利用されているが、その他は廃棄されているため、処理地の不足や遠方化によって大きな社会問題となっている。また、環境汚染が原因である地球温暖化現象も問題となっている。この温暖化の主な原因は二酸化炭素であり、二酸化炭素の発生低減や回収方法も数多く発表されている。その中には海水中に二酸化炭素を導入し、セメント廃材中のカルシウムイオンと反応させて炭酸カルシウムを形成させる方法も見られる。そこで、本研究では建造物に一般的に使用されているポルトランドセメント系水和物(普通、早強、中庸熱)を粗粉碎し、温室効果の主成分である二酸化炭素導入下の人工海水中で溶解することで、セメント成分の違いによるカルシウムの溶出性および生成した炭酸水素カルシウム溶液から炭酸カルシウムを析出させて二酸化炭素を固定化することを検討する。

2 試料および実験方法

2. 1 試料

試料は、普通ポルトランドセメント(OPC 以下と略す)、早強ポルトランドセメント(HPC 以下と略す)、中庸熱ポルトランドセメ

ント(MPC 以下と略す)の 3 種類に水を 28%で混合し 1 ヶ月間 20℃の恒温槽で養生した。粗粉碎後、標準ふるいを用いて粒径 0.56mm ~1.12mm に整えた。

ポルトランドセメント系水和物を浸漬させる人工海水は塩化カルシウム無水和物、塩化ナトリウム、塩化カリウム、硫酸ナトリウム無水和物、塩化マグネシウム六水和物をそれぞれ重量比で 0.097、2.34、0.066、0.17、0.23wt%となるように添加して作成した。

2. 2 実験方法

4℃、20℃の人工海水 500g に粉碎したセメント水和物試料を添加し、250rpm で攪拌しながら炭酸ガスを 0.5l/dm³で 90 分間導入してカルシウムの溶解度測定を行った。また、同様に純水中、炭酸ガス非導入下でも行った。溶解後、溶液中のカルシウムイオンの定量は NN 指示薬による EDTA キレート滴定で行った。溶解反応後の残分と溶液からの析出物のキャラクターリゼーションは、XRD を用いて検討した。

3 実験結果および考察

炭酸ガスの有無によるカルシウムの溶出性の違いを検討するために OPC を用いてカルシウム溶解度測定を行った。

図 1 は、炭酸ガス導入下の各種溶媒中における OPC の溶解度を示した。炭酸導入下は、未導入下と比較して溶解度が 0.56 倍に減少した。これは、炭酸導入下で、水和物が炭酸と反応し炭酸カルシウムとして溶出し、未導入下では水酸化カルシウムとして溶出してい

るためであると考えられ、炭酸カルシウムに比べ水酸化カルシウムの溶解度が高いことが知られている¹⁾ことからこのような現象が起こったと考える。また、人工海水中では、純水と比較して溶解度が1.2倍高い値を示した。これは、海水中の塩化物イオンにセメント水和物中の水酸化カルシウムを溶出する効果があるため²⁾であると考えられる。

次に温度条件の違いによるカルシウム溶出性の違いを検討するため、OPCを用いてカルシウム溶解度測定を行った。図2に各温度条件のカルシウム溶解度測定結果を示した。4℃の方が20℃と比較してカルシウムの溶解度は、1.3倍高い値を示した。これは、既存のカルシウム溶解度と同様の傾向であり増加倍率も等しかった。

炭酸ガス導入下の人工海水中におけるポルトランドセメント系水和物の溶解度を図3に示した。セメント水和物は、炭酸ガスを導入した4℃の海水に浸漬させると、各セメント水和物共にカルシウムの溶解度は45分まで上昇した。各溶解度は、OPC：0.28g/dm³、HPC：0.22g/dm³、MPC：0.43g/dm³となった。炭酸ガスはカルシウム抽出剤としてセメント中の水和している部分（特に水酸化カルシウム）から炭酸化を行うという性質があることが述べられている³⁾。このことから、HPCの水酸化カルシウムが炭酸化し、炭酸カルシウムとして溶出していると考えられる。また、MPCは高いカルシウム溶解度を示している。これは、MPCがC₂S(2CaO・SiO₂)を多く含むため水和が遅く、人工海水中の塩化カルシウムの効果により一部の未水和物の水和が促進され、水酸化カルシウムが生成される。水酸化カルシウムが生成されると同時に導入されている炭酸ガスの効果で炭酸化されるため、溶液中には、炭酸カルシウムだけでなく水酸化カルシウムや炭酸水素カルシウムとして溶出したためであると推察した。

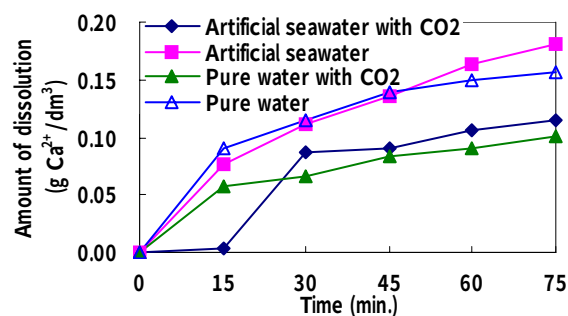


Fig.1. Dissolution rate of cement hydrate powder in different solutions.

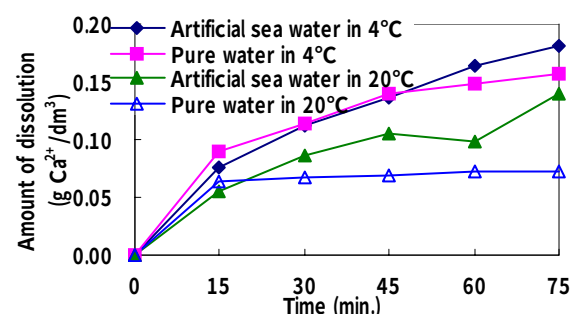


Fig.2. Dissolution rate of cement hydrate powder in different solutions.

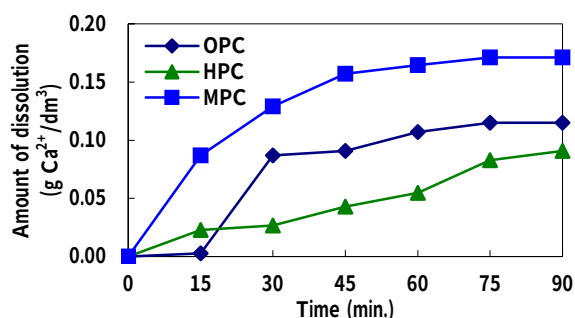


Fig.3. Dissolution rate of cement hydrate powder in artificial seawater.

以上のことから、各種セメント水和物からカルシウムを溶出させ二酸化炭素を効率的に固定化するには、カルシウムの溶出しやすい低温の海水に投入することが有効であり、その溶解度は、水和速度とCa/Si比によって異なると考えられる。

「参考文献」

- 1) 日本化学会, 化学便覧基礎編II改訂版, 丸善, (1984), pp167
- 2) 秋葉徳二, 原田 宏, 須藤義一, コンクリートの海水による浸蝕に関する研究, セメント技術年報, No.34,(1980),pp295-298
- 3) Hidemi NAKAMURA, "Study on the primary factors affecting on carbonation" JCA proceedings of Cement&Concrete No48,(1994),584-589