解体コンクリート細粒分の水質浄化材料としての利用に関する研究

Study on utilization of fine particles of demolished concrete for water purification material

○ 上野和広*，佐藤周之**，野中資博*

UENO Kazuhiro*, SATO Shushi** and NONAKA Tsuguhiro*

１．はじめに

様々な建設物に多用されるコンクリートは，供用後解体コンクリートとなる。その年間発生量は，建設廃棄物全体の約 4 割を占める 3500 万ｔと膨大であり，現在ではその約 96%が再利用されている。一見すると，資源の循環利用がなされているように見えるが，その用途の大部分は路盤材あるいは捨てコン等への利用という消極的なものである。また，今後予想される公共事業の縮小は，この高い再利用率の維持を難しくすると考えられ，解体コンクリートの特性を活かした新たな再利用方法が求められている。その一つとして，従来から研究されているのが再生骨材への利用である。近年の技術の進歩により，再生骨材の品質はかなり向上したものの，まだ製造コストが高いことや，副次的に発生する細粒分の処理など問題が残されているのが現状である。

本研究は，上記の解体コンクリート細粒分を水質浄化材料として利用することについて検討したものである。高度経済成長期以降の産業の発展に伴う我々の生活水準の向上は，水環境への負荷を大幅に増加させてきた。近年では過去に起こった重金属汚染や有機汚濁に代わり，栄養塩による富栄養化が問題となっている。その進行を食い止めるためには，発生因子であるリンや窒素を水環境中から除去することが必要となる。そこで本研究では，水質汚濁物質のうち特にリンを対象とした。既往の研究からセメント硬化体にはリン酸イオン除去能力があることが明らかにされており [1]，解体コンクリート細粒分にも同様の能力があると考え，水質浄化材料への利用を目指した。

２．実験の概要

原コンクリートの配合を**表**‐1 に示す。まずこれをハンマーでおおまかに砕き，続いてジョークラッシャーで粒径 20mm 以下となるように破砕した。その後，JIS 標準ふるいにより粒径 5mm 以下に分級し，解体コンクリート細粒分とした。

表-1　原コンクリートの配合表
Mix proportion of original concrete

水 (kg/m^3)	セメント (kg/m^3)	細骨材 (kg/m^3)	粗骨材 (kg/m^3)	AE 減水剤 (g/m^3)
206	374	900	709	935

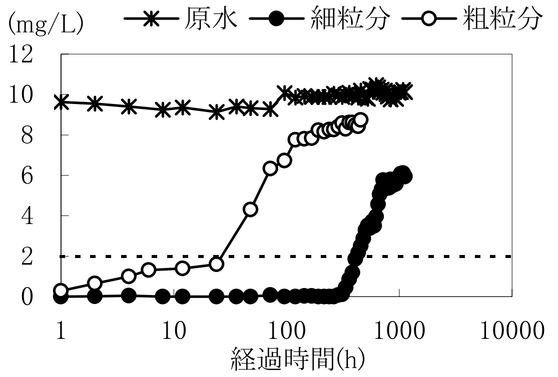
※セメント：普通ポルトランドセメント

リン除去実験にはカラム法を用いた。φ40mm×200mm のカラムに解体コンクリート細粒分 250.0g を充填し，約 10mg-P/L 濃度で，pH7.0 に調整したリン酸水溶液を流量 5.0ml/min で通水させた。流出水を定期的に採取し，モリブデン青吸光光度法によりリン酸イオン濃度を，比較電極法により pH を測定した。また，粉末 X 線回折（XRD）を用いて，セメント硬化体によるリン除去機構が，セメントペーストから溶出するカルシウムイオンとの晶析脱リン反応によるものであるか判定を行った。

３．結果と考察

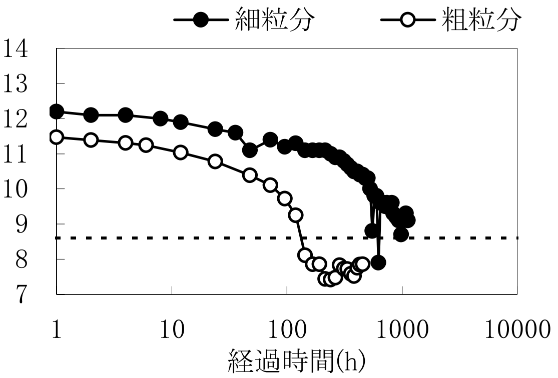
カラムからの流出水に含まれるリン濃度の経時変化を**図**‐1 に示す。また、既往の研究から得られた解体コンクリート粗粒分による実験結果も併せて示す。なお，時間軸は対数表示である。粗粒分と比較して細粒分は，通水開始後約 14 日目までほぼ全てのリン酸イオンを除去している。その後，除去能力は低下するものの，47 日経過後においても約 40%のリン酸イオンを除去しており，長期的なリン除去能力を有していることが分かる。本実験では流量，リン酸水溶液濃度が明らかであることから，具体的なリン除去量およびリン除去率を計算した。通水開始後 14 日目までの除去量は 980.98mg であり，平均累積除去率は 99.59%であった。また，47 日目

*島根大学生物資源科学部，Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University，**高知大学農学部，Faculty of Agriculture,Kochi University，キーワード：解体コンクリート細粒分，リン除去，カルシウムイオン



図‐1 リン濃度の経時変化

Change with time of phosphorous concentration



図‐2 pHの経時変化

Change with time of pH

までのリン除去量は 2299.69mg であり，平均累積除去率は68.18%であった。

解体コンクリート粗粒分の持つリン除去能力と本実験結果を比較すると，通水開始後リン酸イオンを 80%以上の水準で除去することができた期間は，粗粒分の場合約１日であった。一方，今回用いた細粒分の場合，約 17 日もの間同水準でリン酸イオンを除去しており，そのリン除去能力は非常に高いと言える。また，粗粒分の場合約７日間で流出水中のリン濃度が平衡状態へ達したのに対し，細粒分の場合は，47 日後においても平衡状態に達しておらず，さらなるリン除去が期待できる。

続いて，流出水の pH の経時変化を**図**‐2 に示す。時間軸は**図**‐1と同じく対数表示である。pHの値は，通水開始直後には約 12 と高いアルカリ性を示しており，コンクリートからのアルカリ成分，すなわち水酸化カルシウムの溶出が確認できる。その後，pH の値は徐々に中性域へ近づき，その変動はリン濃度の変化と対応している。つまり，セメント硬化体によるリン除去機構は，カルシウムイオンとリン酸イオンによる晶析脱リン反応と考えられる。

また，実験終了後カラム内に白色沈殿物を確認することができた。セメント硬化体によるリン除去機構が実際に晶析脱リン反応であれば，この沈殿物は反応の際に生成されたリン酸カルシウムと考えられる。そこで，これをろ過・乾燥し，得られた粉体を粉末 X 線（XRD）にかけたところ，ピークがリン酸カルシウムのものと一致した。これにより，セメント硬化体によるリン除去機構が晶析脱リン反応によるものであることが確認できた。

セメント硬化体によるリン除去機構が晶析脱リン反応によるものということが明らかになったことから，これらリン除去能力の差は溶出するカルシウムイオン量の差であると考えられる。本実験では，実験条件を粗粒分を用いた実験と等しくして行っており，異なるのは解体コンクリートの粒径のみである。つまり，粒径が小さな細粒分は同質量で比表面積が大となり，溶出するカルシウムイオン量も多くなったと考えられる。よって，解体コンクリート細粒分は，粗粒分と比べて長期的に高いリン除去能力を発揮することができ，リン除去が可能な水質浄化材料として有効に用いることが可能である。

４．まとめと今後の展開

本実験の結果から，解体コンクリート細粒分には水質浄化材料として利用できる可能性があり，さらには粗粒分と比べ高いリン除去能力を有していることが明らかとなった。しかし，それは同時に多量のアルカリ分の溶出を意味する。**図**‐2 にも示すように，pH には環境基準が定められており，そのまま環境水中で利用することは難しい。よって，その利用方法には十分な検討が必要である。

また，リンは枯渇が懸念されている資源でもある。リンの再生利用に向けて，今後はリンの回収・再生が可能な高機能水質浄化材料の実現を目指し，研究を行う予定である。

参考文献

1)野中ら（2004）：解体コンクリートの水質浄化材としての利用に関する基礎的研究，農業土木学会大会講演会要旨集