

廃棄物を原料とした窒素・リン同時吸着除去材料の開発に関する研究

藤野 毅 (理工学研究科・准教授)

はじめに-石膏ボードの再資源化

建築材料として石膏ボードは広く用いられているが、新築時や解体時に廃棄物として大量に発生する。2006年度の石膏ボード廃材の排出量は、新築時に端材として発生する比較的損傷の少ない廃材が25万t/年、1970年代以降の石膏ボードを大量に使用した建物の解体時に発生する仕上げ材の付着など損傷の多い廃材が120万t/年あり、これらは最終処分場で硫化水素が発生するなどの問題を抱えているにもかかわらず、その再資源化には有効な対策がなされていないのが現状である。本研究では石膏ボード廃材の再原料化手段を検討し、もともと自然資源である石膏を水質浄化に役立てることを考える。代表的な石膏の化学的形態である二水石膏(2分子結晶水を持つ硫酸カルシウム)は、溶解性ではあるが、中性で無害であるため、土壌改良をはじめ自然中へ環境調節機能として利用されている。

再資源化方法

回収した石膏ボード廃材のうち、石膏を付着物や紙から分離した。二水石膏を3mm以下の粒径に粉碎したのち、スクリーコンベアを用いて攪拌しながら移動させ、同時に遠赤外線照射によって加熱する。輻射加熱量はスクリーコンベア出口側の石膏の温度が120℃~190℃の範囲となるように調整する。次に、石膏を固める際になるべく表面積を増やすため、空気を注入して空隙を持たせる。空気の注入量に応じて比重の異なった石膏ブロックを作成できる。今回は0.3と0.5の2種類を作成した。

吸着剤としての限界

1Lの純水に硝酸性窒素5mgとリン酸態リン0.5mgを溶解させ、どの程度吸着するかを調べた。リンはすぐさまリン酸カルシウムとして溶出するカルシウムイオンと結合することから水中の減少が確認されたが、窒素除去は認められなかった。次に、純水中での実験はあくまで性能試験であり、実際のフィールドでの環境とは異なることから、実際のフィールドで検討することにした。ここで、吸着作用はいずれ寿命があることに加え、実際のフィールドでは微生物膜による作用が生ずる。そこで、むしろ自然に微生物作用を活かす方法がよいと考え、先に、微生物活性の診断を行うこととした。

微生物活性の診断

細菌は食胞を持たない単細胞生物であることから、高分子化合物を直接体内に取り込まず、細胞膜の外で酵素を分泌する。そうした細菌による体外酵素活性(Extracellular enzyme)の度合いを比較することで、どの程度ポーラス石膏表面に細菌群集が存在しているかをある程度定量的に評価することができる。その代表的な酵素活性として、アミノ酸・ロイシン残基やβ-グルコース残基の結合を加水分解するものが存在するが、本研究では、主に土壌微生物学分野で用いられている全ての酵素反応を検査することができるフルオレセイン二酢酸(fluorescein diacetate: FDA)を用いた全微生物活性の度合いを調べた¹⁾。この方法は通常の吸光度法(波長490nm)で扱え、簡便ながら汎用性が高い(図1)。

どこで機能を発揮するか

ポーラス石膏による水質浄化がどの程度作用するかは、フィールドの条件で大きく変わることが予

想される。最初のフィジビリティスタディとして、人為汚染の少ないものの、硝酸イオン濃度が常時 0.3mg/L 程度の自然河川の上流部で実験を行った。まず、溶存有機物濃度(DOC)が 0.5mg/L 以下、カルシウムイオン濃度(Ca²⁺)が 10mg/L 程度の荒川二瀬ダム下流部、以下、DOC:1.0mg/L 程度、Ca²⁺:25mg/L 程度の中津川ダム上流、および DOC と Ca²⁺はさらに高く、流下クロロフィル濃度が 10 μ gChl/L 程度の中津川ダム下流の淵にサンプルを設置した。カルシウムイオン濃度の違いは地質に由来し、それが多いほどバイオフィームが発達すると予想した。サンプルのサイズは 5cm x 2.5cm x 1.5cm で、流出を防ぐために 0.5mm のメッシュバックに入れ、それを杭に取り付けた。図 2 は設置後 5 日後の FDA 分析の結果を示す。これより比重の大きいサンプル、すなわち表面積が多いこと、また、流下有機物が多いほうで単位重量当たりの活性が高い傾向を示した。カルシウムイオン濃度の影響は示されないが、ブロック石膏自身からの溶出があるためと思われる。

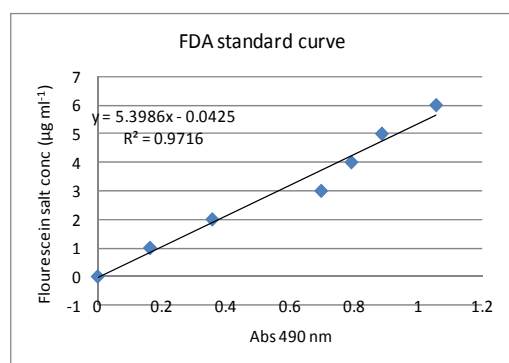


図 1 標準 FDA 濃度と吸光度の関係

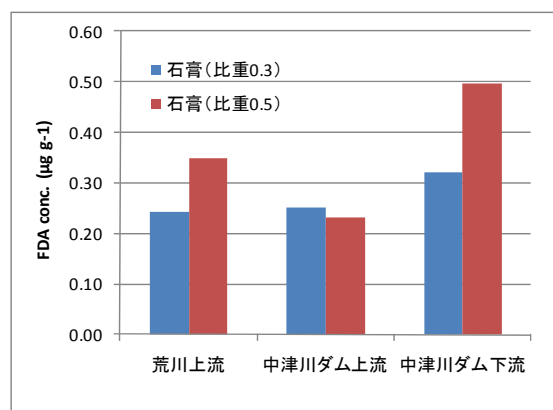


図 2 各河川中での微生物活性の結果

課題および今後の予定

今回作成したポーラス石膏は 2 水石膏であったために、汚染の少ない自然であるにもかかわらず、化学的風化作用が速く進み、1 週間でサンプルはほぼ消失してしまい取り込まれた窒素量は評価できなかった。そこで現在は、無水石膏の状態で作成を試み、さらに i)無水石膏のみ、ii)硫酸アルミニウムを添加、および iii)硫酸アルミニウム+鉄を添加したブロックを作成して微生物膜の発達促進を評価できる長期間測定を行う。微生物作用による石膏の水質浄化機能としては、硫黄の除去は知られているが²⁾、窒素除去については未解明である。また、近年では窒素の吸着剤として極めて複雑な高分子材料の提案もあるが、人工的なものであるだけでなくコストがかかる。従って、今回のようなコストのかからない製法、自然由来の材料で自然の作用を促進するための開発を継続する。

謝辞

本研究にあたり、ポーラス石膏ブロックの作成についてはクレーバーン株式会社社長の居上英雄氏に、廃棄石膏の現状と課題については日本工業大学教授(元埼玉県環境科学国際センター)の小野雄策氏にそれぞれ貴重なコメントを頂きました。

【文献】

- 1) Gillian A. and Harry D., Soil Biology & Biochemistry, 33, 943-951, 2001.
- 2) Paskauskas et al., Microbiology, 74, 715-721, 2005