釜慶大学(韓国)　研修報告書
韓国産石炭灰を利用した下水処理フィルター材の開発

工学研究科　社会基盤環境工学専攻　岡部　麻菜香

１．はじめに

2018 年 8 月 9 日から同年 9 月 6 日の間，韓国の釜慶大学において研究を行った．研究報告を以下に記す.

２．共同研究課題の決定

海岸工学研究室では，火力発電所から排出される石炭灰を少量のセメントと水で造粒･固化することで作られる，石炭灰造粒物（Granulated Coal Ash: GCA）に関する研究を行っている．瀬戸内海等の閉鎖性海域では，未処理下水の放流による過剰な有機泥の堆積により底質環境が悪化し，底質からのNH_4^+, PO_4^{3-}溶出が原因の富栄養化による赤潮, 貧酸素水塊の形成やH_2Sによる悪臭等，様々な環境問題を引き起こしている．既往の研究より，GCAは底質上に散布することで底質から拡散される栄養塩類やH_2Sを固定し，GCA上層の海域環境を改善する効果が知られている．

一方で世界の下水処理現場では，下水中の浮遊物質量（SS），BOD（生物化学的酸素要求量）/COD（化学的酸素要求量），栄養塩類（NH_4^+，PO_4^{3-}）の減少が求められている．GCAの栄養塩類固定効果は，下水処理の現場に応用できると考えられる．またGCAの主原料である石炭灰とセメントは，世界中で比較的安価に入手出来ることから，日本のGCA技術を下水処理に応用することが出来れば，世界中の下水処理問題を解決できると考えられる．しかし，石炭灰は石炭の原産国，火力発電所での燃焼方法により大きく性質が異なることから，海外の石炭灰から作成されたGCAが日本のGCAと同様に栄養塩類固定効果を有するのかを検証する必要がある．

本研究では，釜慶大学と共同で韓国産石炭灰を対象に GCA を作成し，韓国 GCA の栄養塩類固定効果の検証を行う．

３．共同研究スケジュール

8 月 9 日　　出国
8 月 10 日～9 月 5 日　研究，プレゼンテーション
9 月 6 日　　帰国

４．共同研究派遣先の概要

大学名: 釜慶大学
所在地: 韓国　釜山
指導教員: Assistant Professor Kyung-hoi Kim

５．共同研究内容

５．１　概要

GCAの主原料である石炭灰（Fly Ash: FA）は，セメント中の$Ca(OH)_2$とポゾラン反応を生じることでセメント水和物の一種であるC-S-Hを生成する. GCAを構成するC-S-Hはシラノール基を有し，極性分子であるNH_3を物理的に吸着する効果があると考えられている．またGCAは非晶質構造を有しており，pHを上昇させてCa^{2+}を溶出する効果がある．高pH環境下で，Ca^{2+}はPO_4^{3-}と反応しリン酸カルシウム化合物やハイドロキシアパタイト化合物を生成することから, GCAはPO_4^{3-}を化学的に固定する効果がある．これらGCAの効果は世界の下水処理現場で応用できると考えられるが，前述したとおりFAの性質は様々であり，外国産FAを使用して作成されたGCAの栄養塩類

固定効果を日本産FAを使用して作成されたGCAと比較する必要がある．よって，韓国産FAを使用して作成されたGCAの栄養塩類固定効果を日本のGCAと比較し，下水処理材料としての利用可能性について考察を行った．

５．２　　実験方法および結果

実験に使用した装置の概要を図-1に示す．容積1340mLのフィルター内には，4.25~26mmで粒度調整を行った韓国産FAを使用して作成されたGCA（K-GCA）が641.2mL（1184.0g）詰められている．また栄養塩類（NH_4^+，PO_4^{3-}）濃度が各25mg/Lとなるように調整した溶液（N，P溶液）を，ポンプを用いて200rpmで3分間フィルター内へ送水し，6時間静置後に再びポンプで送水を行うことを1回としてこれを繰り返した．排出された溶液に関して，pH, Ca^{2+}および栄養塩類濃度の分析を行った．分析結果を図-2，3に示す

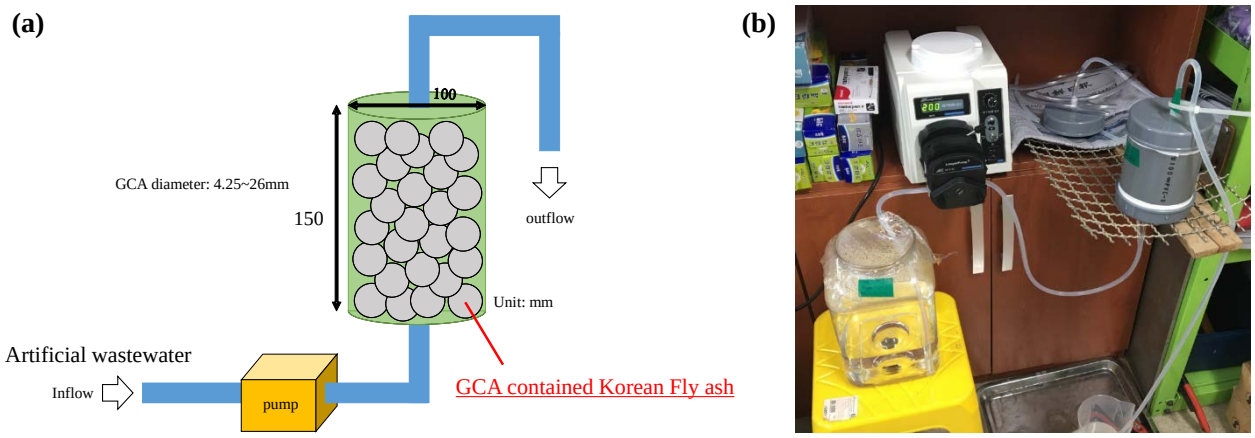

図-1　(a) 実験装置の概要，(b) 実際の設置状況

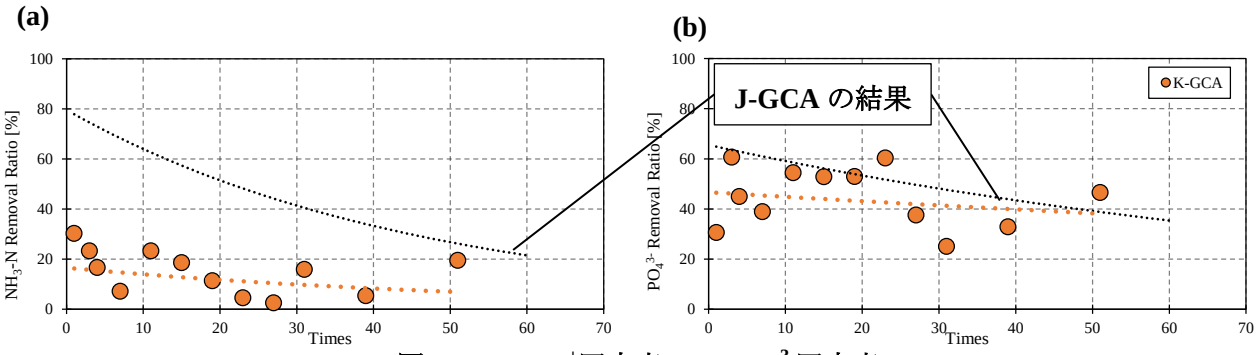

図-2　(a) NH_4^+固定率，(b) PO_4^{3-}固定率

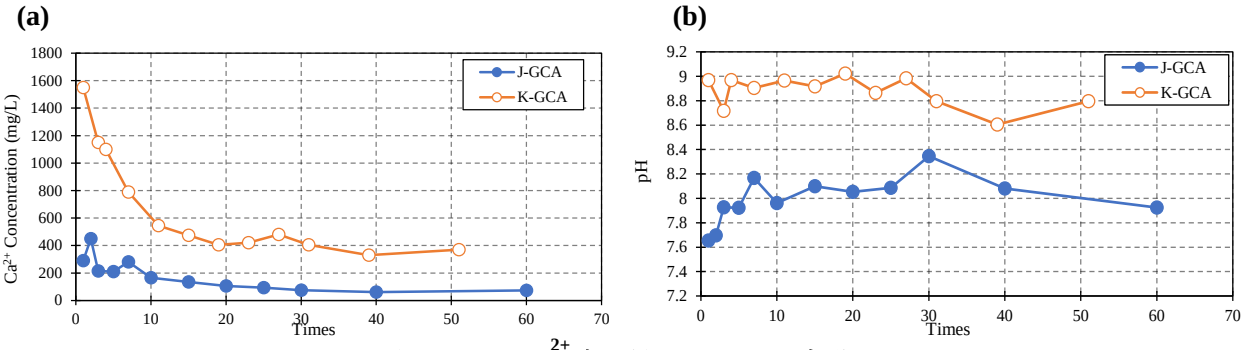

図-3　(a) Ca^{2+}溶出量，(b) pH の変動

５．３　　考察

図-2，3 にはK-GCAの結果と共に，日本産FAを使用して作成されたGCA（J-GCA）を用いて同様の方法で行われた実験結果を示している．この結果より，K-GCAのNH_4^+固定率はJ-GCAと比較して低いことがわかる．この理由として，K-GCAとJ-GCAの養生期間の違いが考えられる．前述したとおり，NH_4^+の固定はGCAを構成するC-S-Hによる吸着によって生じる．C-S-HはFAのポゾラン反応によって生成されるが，ポゾラン反応は一般に比較的緩やかに生じると言われている．K-GCAの養生期間は 2 週間程度と短かったため，ポゾラン反応が十分に進行しておらず，GCA中のC-S-H量がJ-GCAと比較して少なかったと考えられる．一方で，J-GCAの養生期間は 2 年以上と長かったためポゾラン反応が十分に進行していたと考えられる．GCA中のC-S-H量を比較するため，示差熱分析，FTIR分析等を行いより詳細を確認する必要がある．

PO_4^{3-}固定率は，J-GCAと同程度であることがわかる．またK-GCAとJ-GCAのCa^{2+}濃度，pHを比較すると，K-GCAのCa^{2+}濃度およびpHはJ-GCAと比較して高い値を維持している．このことから，K-GCAのPO_4^{3-}固定率は，J-GCAよりも高い値を維持できると考えられる．

以上から，K-GCAはJ-GCAと同様に栄養塩類固定効果を有し，PO_4^{3-}に関してはJ-GCAよりも高い固定効果が見込める．一方で，NH_4^+の固定効果が低いことから，養生期間を長くする等の方法でK-GCA中のC-S-H量を増加させる必要がある．

６．　　まとめ

約 1 ヶ月という短い期間でしたが，日本とは異なる環境に身を置きながら研究をするという，非常に貴重な経験が出来ました．韓国の学生は，日本人の私以上に日本のサブカルチャーに詳しく，日本語も堪能である等，日本に対し友好的で非常に嬉しく感じました．また韓国の学生は研究熱心であり，日本の学生と比較して主体的に研究を行っている印象を受けました．韓国のいいところを参考にしつつ，今後の研究に励んで生きたいと思います．

７．　　謝辞

本研究において，ご指導してくださった Kyung-hoi Kim 教授，研究面のみならず現地生活の手助けをして頂いた研究室の学生の方々には，厚く御礼申し上げます．また，このような貴重な機会を与えて頂いた**日比野　忠史**准教授に厚く御礼申し上げます．最後に，海外共同研究プログラムをサポートしてくださいました実行委員会の諸先生方，学生支援グループ国際事業担当の皆様に深く御礼申し上げます．