J. Technology and Education, Vol.13, No.1, pp.15-18, 2006
ノート

オオバキボウシによるカオリン懸濁液の凝集沈殿

下古谷博司*1，国枝義彦 1，岡元悠司 1，林征雄 2，鈴木郁功 2
1鈴鹿工業高等専門学校材料工学科（〒510-0294　三重県鈴鹿市白子町）
*hshimo@mse.suzuka-ct.ac.jp
2鈴鹿医療科学大学保険衛生学部医療栄養学科（〒510-0293　三重県鈴鹿市岸岡町 1001）

Flocculation of Kaolin in Suspension with *Plantain lily*

Hiroshi SHIMOFURUYA[1],Yoshihiko KUNIEDA[1],Yuji OKAMOTO[1],Ikuo HAYASHI[2],Ikukatsu SUZUKI[2]
[1]Department of Materials Science & Engineering, Suzuka National College of Technology,
Shiroko-cho, Suzuka-shi Mie 510-0294, Japan
[2]Department of Clinical Nutrition, Faculty of Health Science, Suzuka University of Medical Science,
Kishioka-cho, Suzuka-Shi, Mie 5100293, Japan

(Received May 12, 2006; Accepted May 26, 2006)

Abstract

The flocculating activity of preparations from twelve plant species, including *Rhododendrons*, *Glossy abelia* and *Chinese peony*, on kaolin particles in solution was investigated. Flocculation was observed using a preparation made from *Plantain lily* at a pH range of 1.5 to 5. Maximum flocculation was observed at pH 3 and no flocculation occurred at neutral or alkaline pHs. Optimal flocculation was observed when the ratio of suspended kaolin particles and flocculant was 50:7. However, heating the flocculant solution in a boiling water bath for 60 min inactivated flocculation. *Plantain lily* was effective in promoting flocculation in kaolin clay suspensions and was capable of aggregating dispersed kaolin particles in solution to form small flocs that formed sediment.

Key words: *Plantain lily*, Kaolin flocculation, Flocculant, Plant

1．緒言

凝集剤は一般に有機合成高分子系（アクリルアミド等）と無機系（硫酸バンド等）に大別され，水中の懸濁物質を凝集させ沈殿しやすくさせる能力を有するものであり，従来，廃水処理分野や土木浚渫工事等で清澄処理剤として多用されてきた．しかしながら，これらの凝集剤にはいくつかの問題点が指摘されている．ポリアクリルアミドのような有機合成高分子系凝集剤は能力や経済性の面では優れているもののその高分子中に残存するモノマー（アクリルアミド）が神経毒性であり発ガン性[1,2]を有しておりその使用が懸念されている．一方，硫酸バンドのような無機系凝集剤は，処理水中に含まれるアルミニウムイオンがアルツハイマー症の原因の一つである可能性が指摘されている[3]．そのため，これらの欠点を解消・克服する新規凝集剤の開発が切望されており，特に生分解性を有し環境に優しい凝集剤開発への期待が高まってきている．

鈴鹿地域では，鈴鹿高専や鈴鹿医療科学大学な

どの高等教育機関と鈴鹿商工会議所が中心となり地場産業の活性化に取り組んでいる．鈴鹿地域は鈴鹿山麓を背景に比較的多くの花や木が植林されており，それら植物資源の有効利用法の開発が期待されている．また，これらの植物資源は生分解性を有しており安全で環境に優しい原料になると考えられるため凝集剤として使用可能であれば先に述べた二次公害の恐れもなく安全であり環境に優しい凝集剤と呼ぶことができる．

我々の研究室ではこれまでに窯業廃水や切削廃水など粘土質を多く含んだ廃水を処理することができる環境に優しい凝集剤を開発するためにカオリン懸濁液をモデル廃水とし凝集能を有する天然物を探索しオカラに比較的強い凝集能のあることを見いだした[4]．今回，先に述べた植物資源の有効利用法の一つとして凝集剤への適用を目的としオカラ同様に凝集能を有する植物試料があるのではないかと考え調べたところ，オオバキボウシに比較的強い凝集能が観察された．そこで，このオオバキボウシのカオリン懸濁液に対する凝集能について調べたので報告する．

2．実験

2.1 実験材料

植物試料：植物試料を選別するにあたり鈴鹿地域で入手しやすい植物に注目した．ツクバネウツギ，オオバキボウシ，シャクナゲ，カキ，ヤマツツジ，サツキ，ビワ，ツワブキ，クス，オカトラノオ，シャクヤクの 11 種類の乾燥植物をミキサーで粉末状にしたものを鈴鹿市の植木店から提供して頂いた．これらの凝集剤への適用を検討するに当たり，そのままの姿に近い状態（粉末状）で使用することを第一に考え有効成分の分離精製等の操作は行わず植物粉末0.03gを蒸留水10mlに加えマグネチックスターラーで激しく撹拌したものを試料液として用いた．

試薬：カオリンは和光純薬工業株式会社から購入しカオリンおよび塩酸やその他の薬品は試薬特級を使用した．

2.2 凝集活性測定法

あらかじめスターラーで撹拌したカオリン懸濁液(5g/l)3ml をマイクロピペットで試験管に採取し試料液 0.2ml と蒸留水 1ml を加え，0.1M（あるいは 0.01M）に調製した HCl 溶液あるいは NaOH 溶液を用いて任意の pH に調整し最終容量が 6ml になるように蒸留水を添加した．ボルテックスミキサーを用いて撹拌した後，試験管ホルダーを備えた分光光度計（Shimadzu UV-1200）に 5 分間清置した後，波長 550nm における吸光度を測定し次式により凝集活性を算出した[5]．また，試料液のみを欠いたものをコントロールとして用いた．

Flocculating activity(%)= {(A－B) ／A} ×100

A：波長 550nm におけるコントロールの吸光度

B：波長 550nm における試料の吸光度

3．結果と考察

ツクバネウツギ，オオバキボウシ，シャクナゲなど 11 種類の植物を試料としカオリン懸濁液に対する凝集能の有無について調べた．凝集能の有無を調べるにあたり，pH は 2,4,6,8,10 の 5 点を選択しいずれかの pH で凝集能のあるものを探索した．Table 1 はその結果である．

Table 1 Screening of the flocculating activity

ツクバネウツギ	×
オオバキボウシ	○
シャクナゲ	×
カキ	×
ヤマツツジ	×
サツキ	×
ビワ	×
ツワブキ	×
クス	×
オカトラノオ	×
シャクヤク	×

○ ：detected，×：not detected

Table 1 に示したようにツクバネウツギ，シャクナゲ，カキ，ヤマツツジ，サツキ，ビワ，ツワブキ，クス，オカノトラノオ，シャクヤクの 10 種の植物については凝集活性が観察されなかっ

たが，オオバキボウシを試料とした場合に比較的強い凝集活性が観察された．

凝集活性が観察されたオオバキボウシ（以後オオバキボウシ凝集剤と呼ぶ）に対して凝集活性のpH 依存性について調べた結果を Fig.1 に示した．

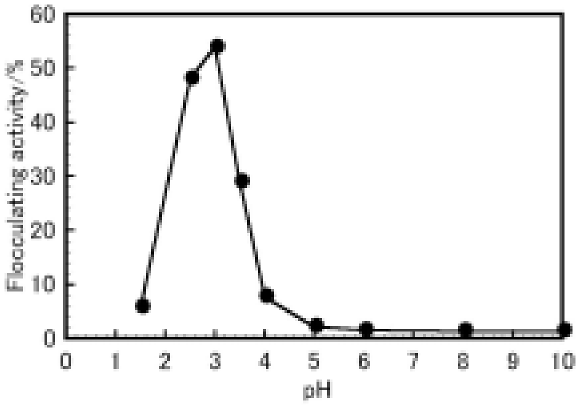


Fig.1 Effect of pH on the flocculating activity.

オオバキボウシ凝集剤は pH3 付近で最大凝集活性を示し pH1.5 から 5 の間で凝集活性が観察されたが，中性域からアルカリ域にかけては凝集活性が認められなかった．このことからオオバキボウシ凝集剤に由来する凝集活性成分はカチオン凝集剤として働いていることが示差された．一方，カオリンは pH4 付近でそのゼータ電位が大きく変化することが報告されており[6]，得られた凝集活性の pH 依存性はオオバキボウシ凝集剤とカオリン懸濁粒子の両者に複合的に依存しているものと考えられる．

Fig.2 は，pH を最大凝集活性が得られた 3 とし，オオバキボウシ凝集剤の添加量と凝集活性の関係について調べた結果である．オオバキボウシ凝集剤は，添加量 0.4ml までは直線的に凝集活性が増加し 0.7ml 付近で最大値を示しその後は減少傾向にあった．最大値を示した 0.7ml 時はオオバキボウシ添加量 2.1mg に相当する．この時，試験管中に含まれるカオリン懸濁粒子が 15mg であることからカオリン懸濁粒子とオオバキボウシ凝集剤の比は 50:7 となり，この比率を最適値として選択した．

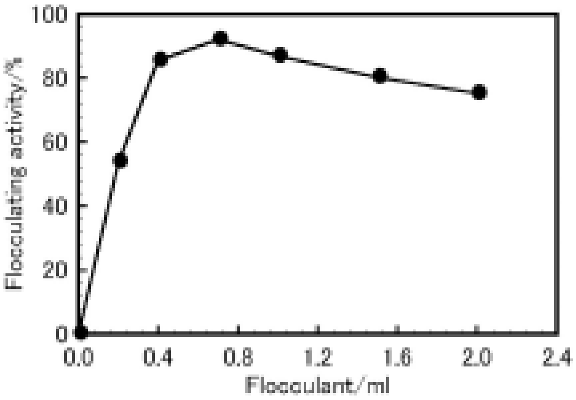
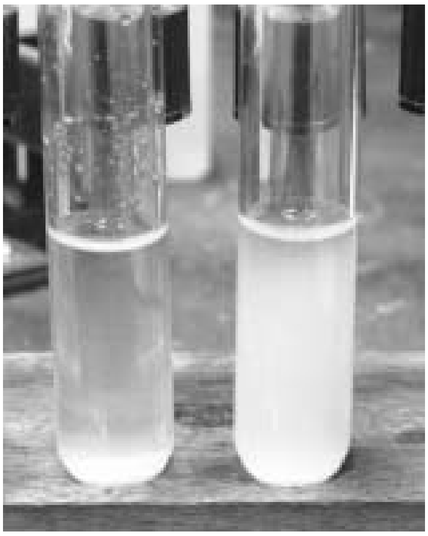


Fig.2 Effect of amounts of the flocculant on the flocculating activity.

以上のことからオオバキボウシ凝集剤のカオリン懸濁液に対する最適凝集条件として，pH 値は 3 をカオリン懸濁粒子とオオバキボウシ凝集剤の比率は 50:7 を選択し，この最適条件下における凝集沈殿試験を実施した．Fig.3 は最適条件下でのカオリン懸濁液に対する凝集試験結果を示している．オオバキボウシ凝集剤を添加した方は時間経過にともないカオリン懸濁粒子が凝集しフロックを形成した後試験管底に沈殿した様子が見られオオバキボウシに比較的強い凝集能のあることが観察された．



（A）　　　（B）

Fig.3 Flocculating activity of the flocculant. A：with the flocculant, B：control

さらに，オオバキボウシ凝集剤の熱安定性について調べた．Fig.4 はオオバキボウシ凝集剤を試験管に移し沸騰水浴中で加熱し残存凝集活性を測定した結果である．Fig.4 から明らかなように，加熱時間の経過とともに凝集活性はほぼ直線的に低下し 60 分後にはほとんど凝集活性は観察されなくなった．このことからオオバキボウシ由来凝集活性成分は熱に不安定であることがわかった．

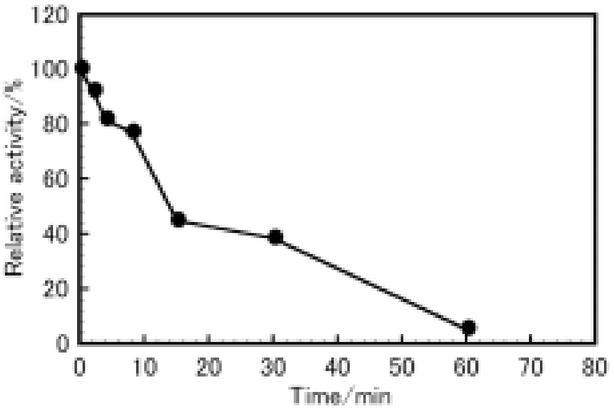


Fig.4 The heat stability of the flocculant.

我々の研究室では植物由来凝集剤として大豆から作られるオカラに強い凝集能のあることを既に本誌に報告している[4]．このオカラ凝集剤はオオバキボウシ凝集剤と同様に酸性域で強い凝集能を示したが，熱安定性試験においては沸騰水浴中で 60 分間加熱した後でも凝集活性が 90%以上残存しており非常に熱に対して安定であった．一方，これまでに知られている興味深い天然系凝集剤に微生物が生産するバイオフロキュラントが報告されている．*Paecirlomyces sp.*[7]，*Rhodococcus erythropolis*[8]，*Aspergillus sojae*[9]などの微生物が生産する凝集活性成分は熱に対して比較的安定であるのに対して *Streptomyces griseus*[5]が生産する凝集活性成分は非常に不安定であり，微生物が生産する凝集活性成分は熱安定性において 2 種類に大別される．植物由来の凝集活性成分も微生物が生産するものと同様に熱に安定なものと不安定なものに大別されることが示唆された．熱安定性の詳細については今後の課題としたい．

4. まとめ

ツクバネウツギやシャクナゲなど 11 種類の植物を試料としカオリン懸濁液に対する凝集能の有無について調べたところオオバキボウシに強い凝集能のあることが明らかとなった．このオオバキボウシ凝集剤は pH1.5～5 の間で凝集活性を発揮し pH3 で最大凝集活性を示した．また，オオバキボウシ凝集剤は熱に対して不安定であった．

本実験では凝集活性成分を分離精製するという操作を一切行わず懸濁液という形で使用することによって凝集能が観察されたことから植物試料にほとんど手を加えることなくカオリン懸濁液に対して有効な凝集剤として利用できることが明らかとなった．

参考文献

1)K.L.Dearfield and C.O.Abermathy: Mutant. Res., 195, pp.45-48 (1988)
2)M.Vonhoric and M.Moens: Carcinogenesis., 4, pp.1459-1461 (1983)
3)E.Gauthier, I.Fortier, F.Courchesne, P.Pepin, J.Mortimer and D.Gauvreau: Environmental Research Section A84, pp.234-246 (2000)
4)下古谷博司，国枝義彦，林征雄，鈴木郁功，電気化学会技術・教育研究論文誌，12 巻，1 号，pp.5-8 (2005)
5)H.Shimofuruya, A.Koide, K.Shirota, T.Tsuji, M. Nakamura and J.Suzuki, Biosci. Biotech. Biochem., Vol.60, pp.498-500 (1996)
6) 丹保憲仁，水道協会雑誌，第 365 号，pp.25-34 (1965)
7)H. Takagi and K. Kadowaki, Agric. Biol. Chem., Vol.49, pp.3151-3157 (1985)
8)R.Kurane, K. Toeda, K.Takeda and T.Suzuki, Agric. Biol. Chem., Vol.50, pp.2309-2313 (1986)
9)J.Nakamura, S.Miyashiro and Y.Hirose, Agric. Biol. Chem., Vol.40, pp.619-624 (1976)