

アルミニウム塩凝集剤 (PAC) と乳製カゼインを併用した凝集・泡沫分離法 による懸濁物除去に関する基礎的研究

宮崎大学工学部 正員 鈴木祥広
宮崎大学工学部 正員 丸山俊朗
宮崎大学工学部 中野真由美

1. はじめに

適切なpH領域において、アルミニウム塩や鉄塩を凝集剤として用いて懸濁物を凝集させ、これに適量の乳製カゼイン（以降、カゼインとする）を添加・混合してから気泡を供給すると、水面上に懸濁物を吸着した安定泡沫が生成される。この泡沫を回収することによって極めて効率的に懸濁物を除去できる。著者らは、この処理法を凝集・泡沫分離法（以降、本法とする）と称し、種々の汚濁水からの懸濁物除去プロセスとしての有用性を検討してきた^{1) 4)}。本法の特長は、界面活性タンパク質のカゼインをフロック界面の疎水化（捕集剤）と泡沫生成（起泡剤）に利用している点であると考えている。しかしながら、除去機構やカゼインの機能についての詳細は不明な点が多い。そこで本研究では、本法におけるカゼインの果たす役割に関する基礎的知見を得ることを目的とし、カオリンとポリ塩化アルミニウム（以降、PACとする）のフロックへのカゼインの吸着特性を調べ、本法における濁度除去率とカゼイン吸着量および残留カゼイン濃度との関係について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験-1：カゼインの吸着とpHの関係

カオリン懸濁液（カオリン，200mg/）500m を500m 容ビーカーに取り、急速攪拌（150rpm）を行いながらpH調整剤（HClまたはNaOH溶液）でpHを所定値となるように変化させ、PAC（10mg-Al/）を加えた。3分間の急速攪拌後、カゼインを20mg/ となるように加えてさらに30分間急速攪拌した。30分間は吸着平衡に達するに十分な時間である。攪拌後、直ちに懸濁液をガラス繊維ろ紙（Whatman社製，GF/F型，孔径0.7 μ m）で吸引ろ過し、このろ液について、pH、およびカゼイン濃度（全有機炭素測定法）を測定した。

2.3 実験-2：フロックへのカゼインの吸着速度

カオリン懸濁液1 を1 容ビーカーに取り、急速攪拌を行いながら凝集剤添加後のpHが所定値（8.5）となるように調整し、凝集剤を10mg-Al/ となるように加えた後、3分間急速攪拌してフロックを形成させた。所定量（10~40mg/）のカゼインを加えた直後から60分にわたって、所定時間の経過毎に攪拌している試水を約60m 分取し、直ちに吸引ろ過し、ろ液のカゼイン濃度を測定した。

2.4 実験-3：カゼイン添加後の攪拌時間と除去率の関係

実験-2と同様にしてフロックを形成させ、続いてカゼインを所定量（10，20，30mg/）添加後、所定時間（10秒~30分）攪拌を行ってから直ちに泡沫分離処理を行った。送気量は0.3 /min（気液比3）、処理時間は5分とした。泡沫分離処理終了後、ドレンより気液接触塔内の処理水を採水して濁度（積分球式濁度計）を測定した。また、回収した泡沫分離水量を測定した。

2.2 実験-4：フロックの疎水化に必要なカゼイン吸着量

カゼインを捕集剤としてのみ働かせ、起泡剤には陰イオン界面活性剤のLASを用いることによって、捕集剤としてのカゼイン必要量を見積もることを試みた。フロック（10mg-Al/）を形成させ、これにカゼインの添加量を変化（0~7mg/）させて、30分間攪拌してカゼインを完全にフロックに吸着させた。カゼインの吸着が完了した後、LAS（3mg/）を添加して泡沫分離処理を行った。

3. 結果と考察

3.1 カゼインのフロックへの吸着性とpHの関係

フロックに吸着せずに溶液側に残留したカゼイン濃度（以降、残留カゼイン濃度とする）とpHの関係を図-1に示した。pH6.5~8.5の領域では、残留カゼイン濃度は低く、添加したカゼインの80~90%がフロックに吸着したとみなされる。また、PAC添加濃度10mg-Al/におけるカオリン懸濁液の適切な凝集pH領域は7.0~9.0であった。したがって、フロック形成が良好で、かつカゼインの吸着性が高いpH条件は8.5と判断した。以下の実験では、pHを8.5に設定した。

3.2 カゼインのフロックへの吸着速度

カゼイン添加後の攪拌時間と残留カゼイン濃度の関係を図-2に示した。いずれのカゼイン濃度の場合においても、残留カゼイン濃度は時間の経過とともに減少する傾向を示した。これは、カゼインのフロックへの吸着反応が進行し、液側のカゼインが減少したためである。吸着速度はカゼイン添加濃度に依存し、10~40mg/ では時間の対数値と吸着量は直線性を示した。これらの関係からフロックへのカゼイン吸着量と残留カゼイン濃度を見積も

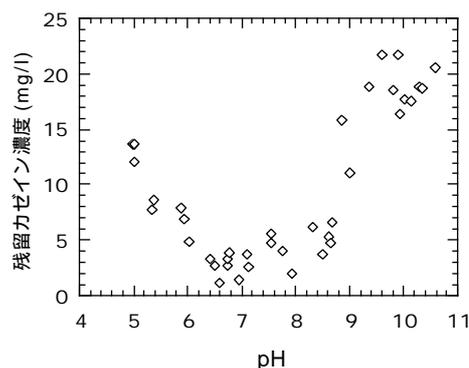


図-1 pHと残留カゼイン濃度の関係。

ることが可能となった。

3.3 カゼイン添加後の攪拌時間が処理性に及ぼす影響

カゼイン添加後の急速攪拌時間と濁度除去率および泡沫分離水量の関係を図-3に示した。カゼイン添加濃度10mg/ l では、カゼインが不足し、濁度除去率は低かった。カゼイン添加濃度20mg/ l の場合には、攪拌時間10秒～3分の範囲における濁度除去率は98%以上と極めて高く、10m 以上の泡沫分離水が回収された。しかし、攪拌時間が長くなるに伴って濁度除去率が低下し、30分では90%を下回った。また、攪拌時間が長くなるとともに泡沫分離水量も減少し、20～30分では泡沫生成が明らかに不十分であった。添加したカゼインは攪拌時間に依存してフロックに吸着し、液側から除去されるので、泡沫生成に働く残留カゼイン濃度が処理性を支配したと考えられる。カゼイン添加濃度30mg/ l の場合には、攪拌時間10秒～20分の広い範囲において濁度除去率が98%以上となり、泡沫生成は良好で、泡沫分離水として10m 以上回収された。残留カゼイン濃度と泡沫分離水量の関係から10m の泡沫分離水量を得るために必要な残留カゼイン濃度を求めると、14mg/ l となる。

3.4 フロック疎水化に必要なカゼイン吸着量

図-4には、実験-4のカゼイン添加濃度(すなわち吸着量)に対する濁度除去率及び泡沫分離水量を示した。残留カゼイン濃度は検出されなかったため、添加したカゼインはすべてフロックに吸着したとみなされる。LASによって、いずれの濃度区においても泡沫は良好に生成した。しかし、カゼイン無添加の場合では、残留濁度は高く除去性は著しく低い。ところが、カゼイン添加濃度の増加に伴って、濁度除去率が急激に上昇し、3mg/ l 以上では99%以上となった。捕集剤としてのカゼイン必要量は、PAC注入量10mg-Al/ l において、3mg/ l であった。フロック量をAl量で表した場合、10mg-Alに対してカゼイン3mg、すなわち、(カゼイン吸着量)/(フロック量-Al) = 0.3g-カゼイン/g-Al でフロックは疎水化されると考えられる。図-2から、カゼイン添加濃度20mg/ l のときのフロック(10mg-Al/ l)へのカゼイン吸着量が3mg となるに要する攪拌時間は1分と見積もられる。図-3において、わずか10秒の攪拌時間で極めて高い除去率が得られた要因は、泡沫分離処理中にカゼインのフロックへの吸着が進行し、疎水化の条件を満足したためと推測される。

4. まとめ

- 1) 懸濁物を効果的に泡沫分離処理するためには、フロックに吸着して界面を疎水化するカゼインと、溶液側に残留して泡沫を生成するカゼインが同時に存在しなければならない。
- 2) 溶液中に残留するカゼイン濃度とフロックへのカゼイン吸着量は、カゼイン添加濃度とカゼイン添加後の攪拌時間によって支配される。
- 3) PAC添加濃度が10mg-Al/ l で良好に凝集処理できる懸濁液において、泡沫分離処理の適切なカゼイン添加濃度は20mg/ l、カゼイン添加後の攪拌時間は1～3分の範囲である。

参考文献

- 1) 後藤, 丸山, 他 (1996) 泡沫分離法の下水の前処理能に関する研究, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第7部, pp.228-229.
- 2) 河添, 丸山, 他 (1997) 泡沫分離法による淡水産植物プランクトンの除去に関する研究, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集第7部, pp.520-521.
- 3) 丸山, 鈴木, 他 (1998) 凝集剤とタンパク質を使用した空気分散型-泡沫分離法による海産赤潮プランクトンの直接回収 水環境学会誌, 21, pp.310-317.
- 4) 守谷, 丸山, 他 (1998) PAC, カゼイン, およびLASを用いた空気分散型-泡沫分離法による油水分離, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集第7部, pp.260-261.

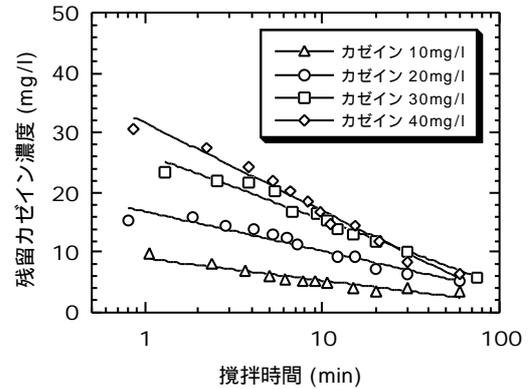


図-2 カゼイン添加後の攪拌時間に対する残留カゼイン濃度の変化。

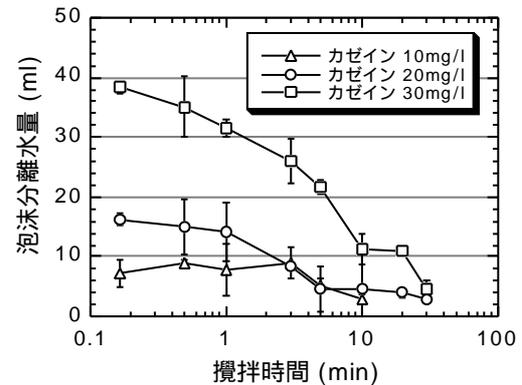
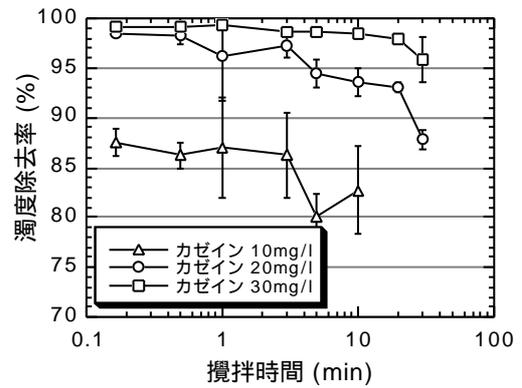


図-3 カゼイン添加後の攪拌時間が濁度除去率および泡沫分離水量に及ぼす影響(n=3).

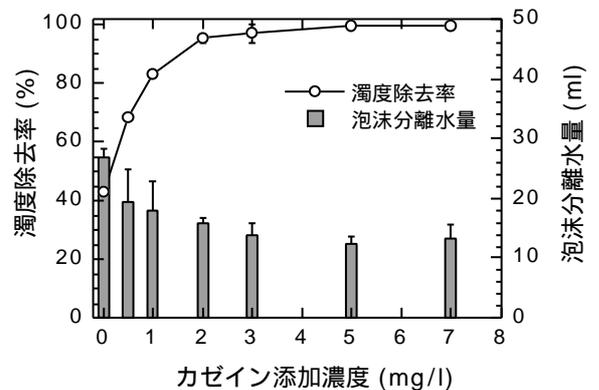


図-4 起泡剤にLASを用いた場合のカゼイン添加濃度と濁度除去率の関係 (n=2).