閉鎖循環式養殖システムに導入した泡沫分離プロセスの機能評価

宮崎大学工学部　○鷲巣勇士，鈴木孝彦，鈴木祥広
宮崎大学農学部　米加田徹，河野智哉，伊丹利明，酒井正博

１．はじめに

タンパク質を含む水溶液に分散気泡を送気すると，気泡の気液界面にタンパク質が界吸着して浮上し，水面上に安定した泡沫として高濃度に濃縮されることが古くから知られている。これは，タンパク質が親水性と強い疎水性の両方の性質をもつアミノペプチド鎖から構成され，界面活性が非常に高いためである。この原理を利用した泡沫分離法は，様々の種類のタンパク質の精製や液体中からの回収方法として，現在も，食品加工や工業化学などの分野で広く利用されている。酵素もタンパク質に属するので泡沫分離法が適用できる。さらに，タンパク質を水処理の薬剤（起泡剤，捕集剤）として利用する固液分離法に属する泡沫分離法も開発されている。この泡沫分離法を導入した閉鎖循環式養殖システムにおいて，界面活性を有する魚介類の体表面粘質物が起泡剤と捕集剤として働き，発生する泡沫とともに飼育水中に含まれる汚濁物質が高濃度に濃縮して分離・回収される[1)]。養殖システムにおける泡沫分離プロセスには酸素供給と懸濁物除去の機能を有している。分離・回収された泡沫が消泡した液体（泡沫分離水）には多様な懸濁物質や溶存有機物質が高濃度に濃縮されることは明らかとなっているが，分離・濃縮される物質に関する詳細な情報は得られていない。

そこで本研究では，閉鎖循環式養殖システムによるクルマエビの飼育試験で飼育水から分離された泡沫分離水について，水の濁りの指標として濁度，水に溶存する物質による黄褐色の程度を示す色度，細菌の存在密度の指標として一般細菌数，さらに泡沫分離プロセスに作用していると考えられる溶存タンパク質について測定し，飼育水と比較検討した。

２．実験方法

２．１　試料採水

泡沫分離槽から排除される泡沫分離水については，飼育水採水時にすべてを回収し，水量を測定後，分取し，冷凍保存した。また，飼育水は，飼育試験期間中に 2～3 日毎に飼育水槽から採水し，泡沫分離水と同一の項目を分析した。

２．２　分析項目

濁度は積分球式光度法（三菱化学 SEP-PT-706D 型），色度は，390nm 吸光（TECAN, Infinite200）で測定した。タンパク質は，サンプルをガラス繊維ろ紙（GF/B, Whatman 製）でろ過後，プロテインアッセイ CBB 溶液（5 倍濃縮）と反応させ 595 nm吸光（TECAN, Infinite200）で測定するマイクロプレートマイクロアッセイ法を用いた。標準液の作成には卵製のアルブミンを使用した。一般細菌数は，適当に希釈したサンプル 1mL を標準寒天培地に塗り，37℃で 24 時間培養後のコロニー数をカウントする標準寒天培地法を用いて測定した。

３．結果と考察

泡沫分離プロセスによる除去・濃縮効果の最も高かった項目は濁度であり，飼育水に対する泡沫分離水の濃縮効率を求めると，28,000 倍となった。エビの飼育過程で飼育水に負荷される

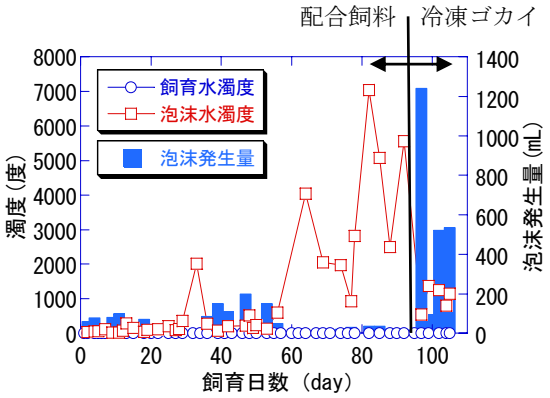

図-1　濁度の経時変化

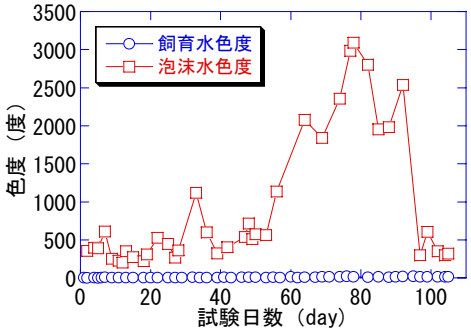

図-2　色度の経時変化

キーワード：泡沫分離，タンパク質，閉鎖循環式養殖システム
連絡先：〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1，TEL. 0985-58-7339，FAX. 0985-58-7344

濁り成分すなわち浮遊懸濁物質は極めて高濃度に泡沫に濃縮されることがわかった。また，一般細菌の濃縮倍率も 2,300 倍と高く，泡沫に細菌が高濃度に濃縮されて分離・回収された。タンパク質も 750 倍と高く，懸濁物質や細菌の除去に機能していることを裏付ける結果が得られた。通常の生物処理や凝集沈殿処理では処理困難な色度成分も，泡沫分離水に高濃度に濃縮されることがわかった。

３．１　濁度濃縮

泡沫分離プロセスによる除去・濃縮効果の最も高かった項目は濁度であった。**図-1** には，飼育日数と濁度の関係を示す。飼育水の濁度を平均すると 0.038 度(n=48)であった。泡沫水の濁度を平均すると 1300 度（n=44）であった。飼育水に対する泡沫分離水の濃縮効率を求めると，28,000 となる。エビの餌料を配合飼料から冷凍ゴカイに変更した結果，泡沫発生量が大幅に増加した。ゴカイ起源の界面活性物質が泡沫発生に寄与したと考えられる。泡沫分離水量が増加したので，それに伴って泡沫水濁度は減少した。泡沫分離水の汚濁物質濃度の減少は，その他の項目においても認められた。

３．２　色度濃縮

図-2 には，飼育日数と色度の関係を示す。飼育水の色度を平均すると 9.50 度(n=48)であった。泡沫水の色度を平均すると 900 度（n=39）であり，濃縮率は 95 となった。色度は，黄褐色の難分解性溶存有機物質の指標であり，通常の生物処理や凝集沈殿処理では処理困難な色度成分も，泡沫分離プロセスによって除去されたと考えられる。

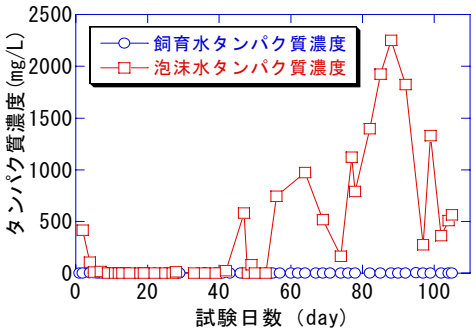

図-3　タンパク質濃度の経時変化

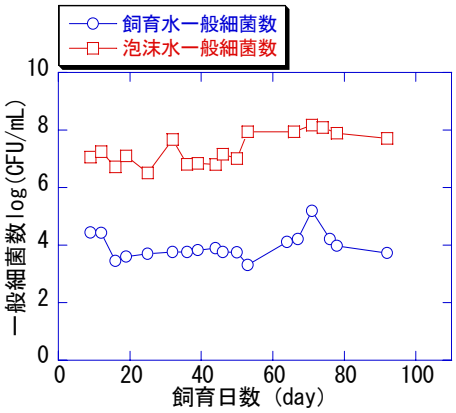

図-4　一般細菌数の経時変

３．３　タンパク質濃縮

飼育日数とタンパク質濃度の関係を**図-3** に示す。飼育水のタンパク質濃度を平均すると 0.50mg/L(n=48)であった。泡沫水のタンパク質濃度を平均すると 410mg/L（n=39）であり，濃縮率は 750 となった。泡沫分離プロセスの重要な役割として起泡剤・捕集剤として機能するタンパク質は，懸濁物質や細菌の除去に機能していることを裏付ける結果が得られたと考えられる。

３．４　一般細菌濃縮

飼育日数と一般細菌数の関係を**図-4** に示す。飼育水の一般細菌数を平均すると 1.8×10^{4}CFU/mL(n=18)であった。泡沫水の一般細菌数を平均すると 4.2×10^{7}CFU/mL（n=17)であり，濃縮率は 2300 となった。一般細菌数は，細菌の存在密度の指標であり，泡沫分離プロセスによって分離・回収されたと考えられる。

４．まとめ

泡沫分離プロセスによって，エビの飼育過程において飼育水に負荷される濁度成分すなわち浮遊懸濁物質は極めて高濃度に泡沫に濃縮される。処理困難とされる色度成分も，泡沫分離プロセスによって泡沫に高濃度に濃縮された。一般細菌についても泡沫に細菌が高濃度に濃縮されて分離・回収された。タンパク質も泡沫分離水に高濃度で検出され，懸濁物質や細菌の除去に機能していることを裏付ける結果が得られた。

本研究の一部は，（独）農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」によって行われたものである。

参考文献

1) Yoshihiro Suzuki, Toshihiro Maruyama, (2002) Removal of suspended solids by coagulation and foam separation using surface-active protein, Water Research, 36, 2195-2204