

中島 ファインバブル

開発元：中島物産株式会社

養殖魚の健康と成長を最適化
するための基盤技術



富栄養化のメカニズム

水産養殖におけるDO管理

溶存酸素（DO）とは、水中に溶けている気体の酸素のことで、水生生物が必要とする酸素の重要な指標になります。淡水で5～6mg/Lを下回ると、水生生物が必要とする酸素レベルが低下し、低酸素状態になります。高アンモニア、亜硝酸塩毒性、低溶存酸素、高二酸化炭素、その他の水質問題によるストレスは、魚が十分に食べることを妨げ、収量の大幅な減少を引き起こす可能性があります。溶存酸素濃度が1～2mg/Lの場合、魚の成長に悪影響を及ぼし、死に至ることさえあります。さらに、低酸素は魚の生理的・免疫的反応に深刻な影響を与え、病気にかかりやすくなります。したがって、魚が集中的に高密度に放流される現代の養殖生産システムでは、病気の発生を防ぐためにDOレベルに注意が必要です。

水質に影響を与える主な要因



温度

魚は20℃よりも30℃のほうが溶存酸素を2倍使うので、DOの管理は冬の冷たい水よりも夏の暖かい水のほうが重要です。



プランクトン

プランクトンは植物連鎖の最下部に位置し、魚の成長を促進するだけでなく、水を濁らせたり、好ましくない水草の成長を防ぐ役割も担っています。



溶存酸素

溶存酸素は養殖魚にとって最も重要な水質指標です。養殖魚における溶存酸素の主な供給源は、植物プランクトンによる光合成です。

曝気された水

より多くの好気性微生物
より多くの澄んだ水
バランスの取れた生態系

太陽エネルギー

バランスの取れた水生植物
高い溶存酸素
きれいな水
健康な魚類と無脊椎動物
堆積物が少ない

生産者（植物プランクトン）
一次消費者（動物プランクトン）
二次消費者（魚類）

分解者

曝気されていない水

嫌気性微生物の増加
醜い緑色の水
生態系の悪化

藻類の増殖

悪臭

水中の溶存酸素が
2mg/L未満

食べ残し
高濃度のリン、窒素、
アンモニア

分解できなかった堆積物

青々とした水生植物
低い溶存酸素
濁った水
枯れた魚や無脊椎動物
容量を超えた堆積物

水産養殖における「ファインバブル」とは何か？

ファインバブルとは、直径100 μm 未満の微小な気泡のことです。養殖業界において、ファインバブルは単なる「気泡」という枠を超え、理想的な飼育環境を創出しつつ、魚の健康と成長を最適化するための基盤技術となっています。その主な利点は以下の3つです：

優れた酸素保持力



ファインバブル（FB）は、養殖における最も重大なリスクである低酸素状態への対処法を根本から変革します。大きな気泡がすぐに水面に逃げてしまう従来の曝気とは異なり、これらの微細な気泡は長時間にわたり水中に浮遊し続けます。その結果、極めて高い溶存酸素効率が実現され、高密度環境下でも安定した溶存酸素レベルが確保されます。FBは酸素欠乏域を排除することで、集約的な養殖のための安全かつ信頼性の高い基盤を提供します。

成長と収量の向上



ファインバブルは魚の代謝を促進することで、自然に食欲を増進させ、餌を効率的に筋肉や脂肪へと変換させます。この最適化により、市場出荷サイズに達するまでの養殖期間が大幅に短縮され、養殖場の回転率が向上します。さらに、安定した低ストレスの環境を維持することで、病気に対する自然抵抗力が強化されます。これにより、生存率が大幅に向上し、生産量も増加するため、収益性と持続可能性が高まります。

水質の改善



酸素を水槽の底まで届けることで好気性微生物が活性化され、廃棄物から生じる汚泥や有害なアンモニアの蓄積が抑制されます。さらに、これらの気泡は負の電荷を帯びているため、正の電荷を持つ不純物を引き寄せ、水面に浮上させて容易に除去できるようにします。この「深層酸素供給」と「物理的浄化」という二重の作用により、水質を良好な状態に保ち、水換えの頻度を減らし、生態系の健全性を長期的に維持します。



ファインバブルによるエビ養殖の効率化

本報告書は、ティエンザン省ゴコン地区におけるファインバブル（FB）の導入による養殖の効率化と収益性の向上に関する実証データをまとめたものです。

場 所：ベトナムのティエンザン省ゴコン地区
 設 置：試験用池4基（面積：10×10m²、水深：1.5m）

テスト構成:



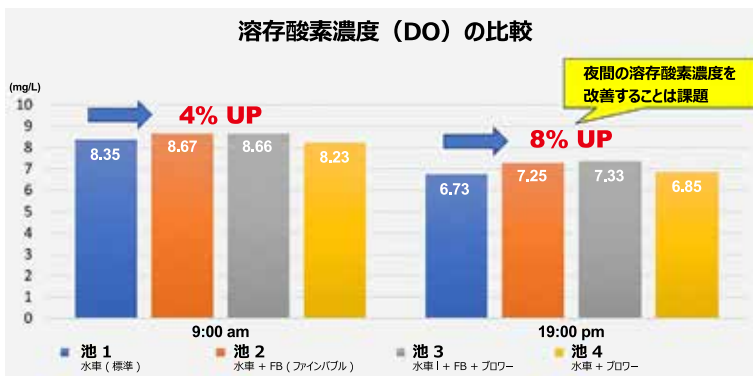
成長と水質への影響

FB技術を導入した池では、水車のみを使用する標準的な環境と比較して、著しい改善が見られました。



- 収穫時の重量（101日目）：池1（対照群）を100%とした場合、池2（FB）は151%、池3（FB + ブローア）は148%に達しました。

注：池4（ブローアのみ）は、病気の発生により溶存酸素（DO）濃度が最大43%上昇したため、27%まで急落しました。



- 溶存酸素（DO）濃度：FB池は、朝夕ともに最も高い溶存酸素濃度を維持しました（対照群より4~8%高かった）。
- 酸素濃縮装置（O₂-PSA）で、溶存酸素濃度は最大43%までに上昇しました。



コストシミュレーション（1,400平方メートルの池2つを想定）

FB（ファインバブル）技術の導入により、生存率と飼料効率が向上し、利益が大幅に増加します。

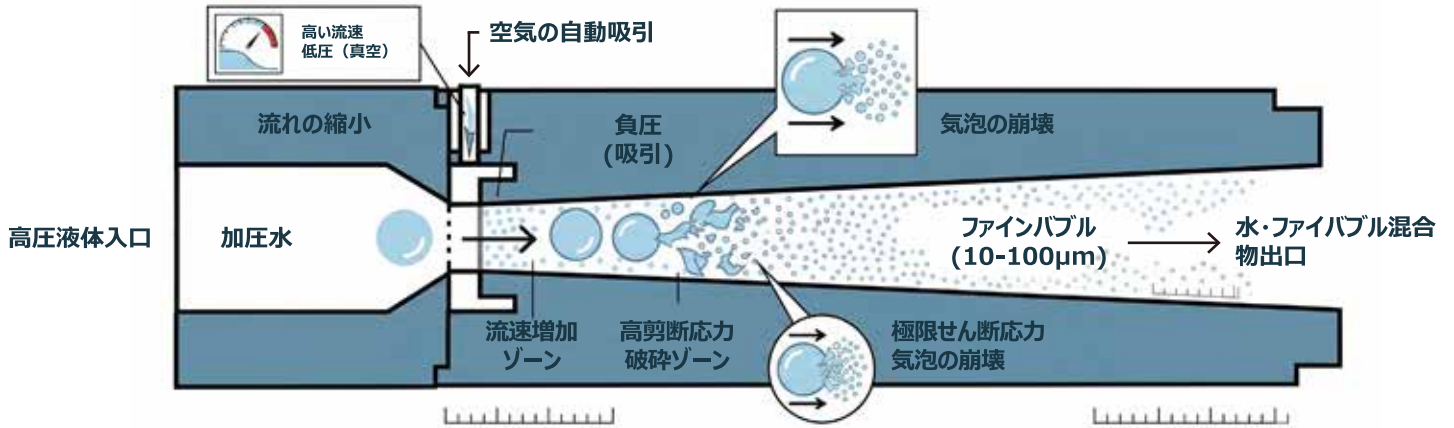
項目	FBなし	FBあり	改善効果
生存率	70%	92%	+22%
飼料要求率（FCR）	1.4	1.3	効率改善
想定総収穫量	7.8 tons	10.3 tons	32% UP
粗利額（円）	2,365,000	3,502,000	48% UP

結論

FB技術の導入により、溶存酸素濃度が安定し、エビの生存率が大幅に向上するとともに、疾病リスクが低減しました。その結果、粗利益が48%増加し、267,195バーツ（1,137,000円）増となるなど、大きな経済効果をもたらしました。

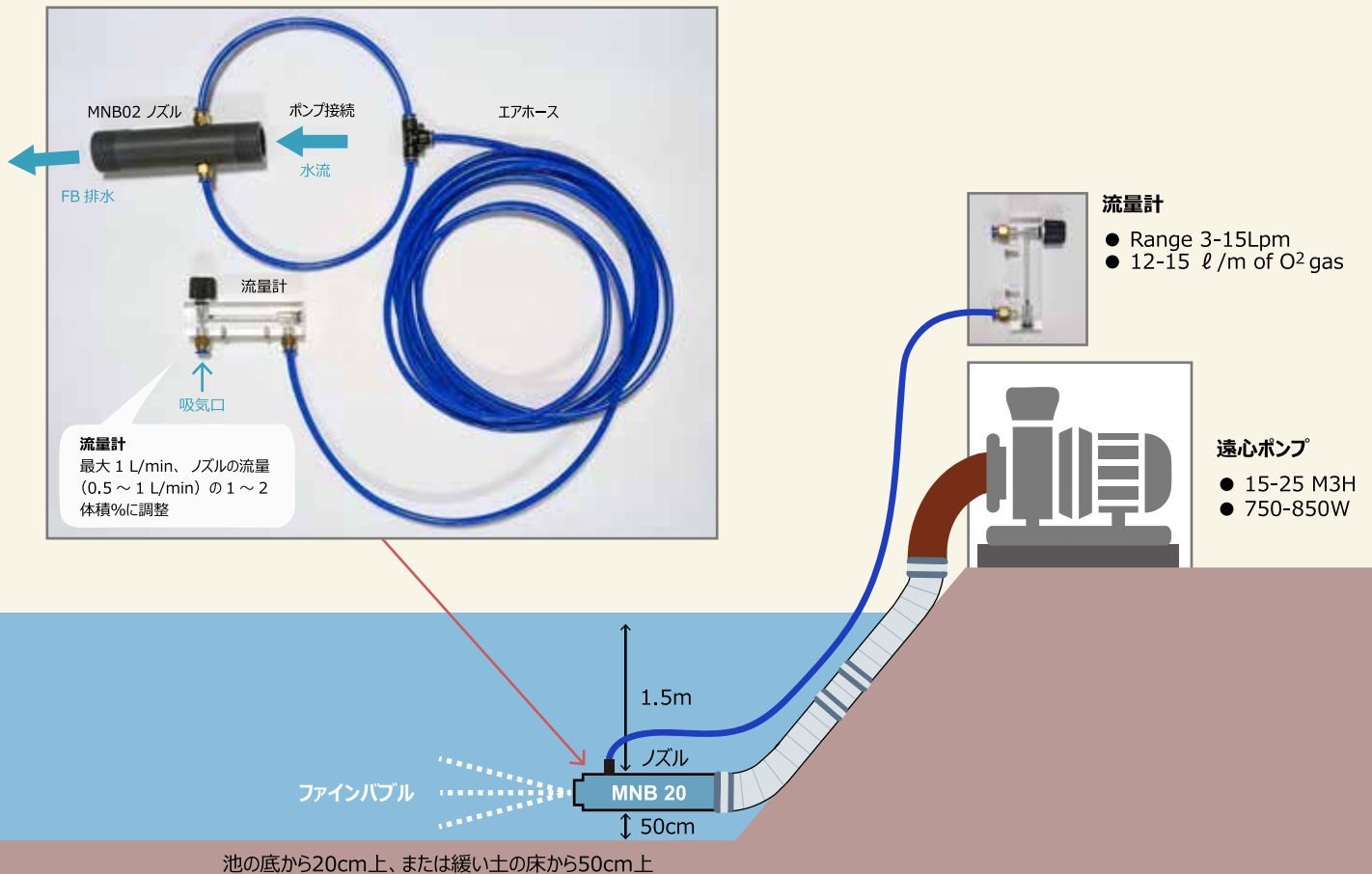
メカニズム

中島のFBシリーズは、特殊なベンチュリ構造を採用しており、ガスを自動的に取り込んで分散させるため、マイクロバブルの生成がこれまで以上に簡単になりました。液体がノズルに入ると、内部の狭い通路によって流体の速度が上がり、強力な吸引効果が生じます。この負圧によってガスが流体に引き込まれ、高速流による極めて強いせん断応力によって、ガスは瞬時に微細なマイクロバブルへと碎かれます。



導入事例

陸上用遠心ポンプを使用し、配管またはホースでFBノズルに接続してください。ノズルは底面に直接触れないようにし、底面から20~50cmの高さに保つようにしてください。



バイオフィロックを用いた水質浄化環境

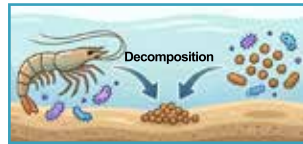
ファインバブルを利用してバイオフィロック技術（BFT）の環境を最適化することは、閉鎖循環式養殖において極めて理にかなったアプローチである。

バイオフィロックは、微生物群集（細菌や原生動物など）がフロック（塊）を形成し、養殖水中のアンモニアやその他の物質を浄化すると同時に、餌源としても機能する画期的なシステムです。ここで「高密度の酸素供給」が極めて重要となり、ファインバブルが重要な役割を果たします。

中国製 FB アンモニアデータ		中島 FB アンモニアデータ	
P1		P1	1.0
T1	2.0	T1	1.0
T2	2.0	T2	2.0
T3	2.0	T3	2.0
T4		T4	
T5	2.0	T5	0.5
T6		T6	0.5
T7	4.0	T7	
T8	4.0	T8	1.0
T9	2.0	T9	0.5
T10	0.0	T10	1.0
T11	1.0	T11	0.5
T12	4.0	T12	
T13		T13	
T14	1.0	T14	2.0
T15	4.0	T15	1.0
T16	4.0	T16	
T17		T17	1.0
T18	1.0	T18	0.3
T19	4.0	T19	
T20	4.0	T20	
T21	4.0	T21	0.0
Ave.	2.65	Ave.	0.95

※8段階表記 **改善率 -64%**

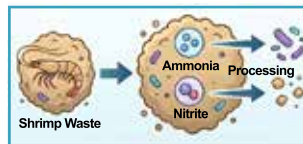
バイオフィロック法は、微生物の共生を通じて化学薬品の使用を最小限に抑え、水質を管理する革新的な養殖手法です。



微生物を用いて、エビの廃棄物や残餌を分解します。



「バイオフィロック」と呼ばれる高密度な微生物の凝集体を形成します。



バイオフィロックを用いて、エビの排泄物に含まれる窒素化合物（アンモニア、亜硝酸塩）を処理します。



水交換の頻度を大幅に削減しつつ、養殖環境を最適化します。

バイオフィロック養殖の主な利点

利点	詳細
水質の改善	微生物はアンモニアなどの有害物質を分解し、水質を安定させます。
水換えの最小化	原則として水換えがほぼ不要となり、水の使用量を90%以上削減できます。
飼料効率	フロック自体がエビの餌となるため、給餌効率を向上させることができます。
疾病予防	有益な微生物は有害な細菌の増殖を抑制し、病気のリスクを低減します。
環境への負荷の低減	排水量を最小限に抑えることで、海洋汚染のリスクを低減できます。
副産物の活用	フロックは栄養価が高く、他の魚種にも利用できます。

FCR改善におけるサイズの均一性

養殖管理において、飼料要求率（FCR）を最適化するためには、幼生後のエビの個体サイズを均一にすることが不可欠です。エビのサイズが均一であれば、以下の4つのメカニズムによって飼料効率が最大化されます：

1. 競争とストレスの軽減

- **階層的なストレスの抑制**：個体サイズの著しいばらつきにより、大型個体が優位に立ち、小型のエビが餌にアクセスできなくなります。
- **効率的なエネルギー配分**：均一なサイズ設定により、飼料へのアクセスが均等になり、「争い」や「逃避」に費やされるエネルギーを削減し、その分カロリーを成長に振り向けることができます。

2. 精密飼料管理

- **最適なペレットサイズ**：飼料は特定の口径に合わせて設計されています。サイズが均一であることで、すべての個体が効率的にペレットを摂取できるようになり、未消化の破片による飼料の分解や水質汚染を防ぐことができます。
- **正確なバイオマス算出**：個体群のサイズが均一であれば、総バイオマスをより正確に推定できるため、給餌過多や給餌不足の両方を防ぐことができます。

3. 脱皮の同期化と生存率の向上

- **共食いの防止**：環境条件が均一でない場合、脱皮直後の無防備な時期に、大きなエビが小さな個体を捕食することがよくあります。
- **収穫可能重量の最大化**：脱皮周期を同期させることで、共食いによる損失を減らし、与えられた餌が生存率と総収穫重量に直接つながるようにします。

4. 代謝効率の最適化

- **栄養摂取の同期化**：均一な個体群は同様の代謝率を持つため、群全体が飼料中のタンパク質とエネルギーを同時に、かつ最大限の効率で利用することができます。

ファインバブル（FB）技術のインパクト

従来のブローからFBノズルへ切り替えることで、以下の具体的な改善効果が得られます：

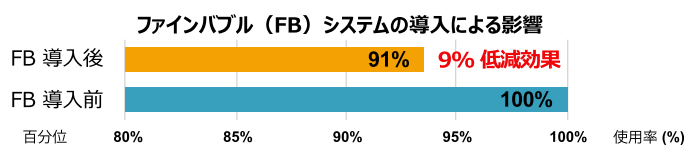


サイズの一貫性：

従来のブローではサイズに大きなばらつきが生じますが、FBはエビの摂食を妨げない小さな気泡を生成するため、個体の80.0%が均一で理想的なサイズ（2g/約7cm）に達します。

飼料要求率（FCR）の低減：

均一な成長により給餌が最適化され、FCRが9%低減し、1.5から1.37へと改善されました。



項目	FB導入前	FB導入後	効果
サイズの均一化(2g)	50%	80%	成長のばらつきを抑える
FCR（飼料要求率）	1.50	1.37	9%のコスト削減
DO値（溶存酸素）	4.0ppm	8.5 ppm	酸素濃度が2倍以上
総成長率	スタンダード	+20%	生産性の向上

仕様

ノズルには、SUS316L製とPVC製の2種類があります。



型式	MNB02	MNB06	MNB10	MNB20	MNB30	
発生方法	せん断方式	せん断方式	せん断方式	せん断方式	せん断方式	
全長 (mm)	133	177	198	216	214	
流量	(m ³ /h)	2	6	10	20	30
	(ℓ/min)	33	100	166	333	500
ポンプの吐出量 (W)	100-120	100-250	400-750	750-1500	1500-2200	
接続径	25A	32A	40A	40A	50A	
	(34.0mm)	(42.7mm)	(48.6mm)	(48.6mm)	(60.0mm)	
	3/4B	1*1/2 B	1*1/2 B	1*1/2 B	2*1/2 B	
水量	～30m ³	～100m ³	～150m ³	～300m ³	～500m ³	