

ハニカム構造による ウルトラファインバブル (UFB) の開発 (前編)

田中 洋征, 野田 尚昭

研究背景

日本は、微細気泡の研究開発や産業界の利用に関して、世界の最先端にあり、国内市場は今後4千億程度に成長すると見込まれている。2012年に産学官で国際標準化を主導するファインバブル産業会 (FBIA) 組織が立ち上げられ、国際標準化機構 (ISO) に専門委員会設立等を働きかけ、幹事国として多くの技術規格を提案している。現在まで6件の国際規格が制定されているようである。

ウルトラファイン (UFB) バブルは、一般に直径 $1\ \mu\text{m}$ ($1/1000\ \text{mm}$) 以下の微細なバブルで、ISOの国際規格として制定されており、マイクロバブルとは異なる特性を持つ。例えば、マイクロバブルは光の屈折から白濁して見えるが、ウルトラファインバブルは光が屈折せずに通過するために白濁せずほぼ透明であり、目視では見えないし、わからない。

マクロの物理的常識から考えると気泡は微細化するほど不安定な存在であり、内部の気体が加圧されるため、気体は周囲の水に急速に溶解される。 $1\ \mu\text{m}$ レベルの極微小気泡では瞬時に消滅してしまうはずである。ところがナノレベルになると安定した気泡が長期に安定して存在しているようである。これは、微細気泡の直径が $1\ \mu\text{m}$ 以下になると浮力がなくなるようであり、これに関係していると思える。

UFBを含むバブルはISOの規格によれば以下のように定義されている。

(1) バブルは直径の違いでファインバブル ($100\ \mu\text{m}$ 以上)、マイクロバブル ($1\sim 100\ \mu\text{m}$ 未満)、ウルトラファインバブル (これまではナノバブルと呼

ばれ $1\ \mu\text{m}$ 以下) に分けられる。ウルトラファインバブル (UFB) になると浮力がほぼゼロとなり、飽和状態までは容易に水に溶解するが、その後は水中に滞留し過飽和状態になるようである。

浮力の実験では、1メートル上昇する時間は、バブル径が $50\ \mu\text{m}$ でほぼ30分、バブル径が $10\ \mu\text{m}$ と小さくなればほぼ330分かかる。バブル径が $1\ \mu\text{m}$ 以下で浮力ゼロとなり水中に長期に存在するようである。このことから $1\ \mu\text{m}$ 以下をウルトラファインバブル (UFB) と称している。

このように、マイクロバブルからウルトラファインバブルに微細化するとその特性は劇的に変化し、有効性が拡大するので産業界の利用は今後も拡大していくものと思えるが、そのためには、超微細気泡 (UFB) を生成する機器の開発は極めて重要である。特に、これからも微細気泡の先進国として先導できるかあるいは先進国に相応しい研究開発や事業化がなされていくのかは生成装置の開発に依存しており、装置の開発について述べたい。

微細気泡生成装置の現状と開発

気泡を微細化する原理はほぼわかっており一つの原理を組み立ててイノベーションを起こすような機器の開発が進んでいるか、経済産業省や日本科学技術振興機構 (JST) 等が開発支援している装置の開発を検証したところ、多種多様な機器が開発されているが常識の延長線上のものがほとんどで、不連続な進歩をもたらす発明、いかえればイノベーションを起こす機器の開発はまだ見当たらないようであった。

2007年、筆者らは地方にうずもれ世間にはほと

んど知られていない独創的ファインバブル生成装置を見出した。

この年の秋、銀行から丸福水産株に出向している常務の橋本正博氏が本学にこられ微細気泡の生成とその応用に関し、産学連携で事業化するための外部資金をとりたいたいといくつかの大学を回ったが、良い返事をもらえず困っている。公的機関等に応募するもこれまで全く採択してもらえていないとのことであった。微細気泡生成のビデオをもってこられていたので映像を拝見したが、白濁しており、マイクロレベルの気泡生成ではないかと思えた。橋本氏は特許を出願中であると説明されていたので、特許があるならもっと詳しい資料を見たいと言って帰ってもらった。

2週間後、資料をもってこられた。資料は、富山大学の熊沢英博教授(現 名誉教授兼丸福水産株技術顧問)と環境科学工業株の新美富雄両氏の共著で専門誌に連載した食品加工・製造における新規な混合・分散プロセスの開発と新静止型混合器「ラモンド・スーパーミキサー」シリーズ等である。

図1に資料に説明されているラモンド・スーパーミキサーを示す。当時は微細気泡の生成ではなく、攪拌器や混合機器として開発されているようであり、そこには、ハニカム構造で水と油のように相互に溶解しない液同士の乳化が、一様で連続するせん断力によりエマルジョンが容易に生成できることが記載されていた。

この装置は全く筆者の予想を超えていた。特に、

「静止型ハニカム構造の攪拌機」は機械的連続せん断力により微細化するもので、さらに詳しく調査する必要性と興味を掻き立てられた。

丸福水産株の代表取締役社長最上賢一氏は、魚の仲卸業から出発して、1代で年商250億円レベルの中堅企業に育てられたカリスマ性のある人物であり、久しぶりにほんものの経営者であった印象をもった。

この装置の開発は友人で支援していた環境科学工業株の新見富雄氏が発明したもので、事業化を託されたことおよびハニカム構造で生成した微細気泡は、これまでの気泡と異なる(超微細化されているのではと感じる)現象があることを説明してくれた。社長は開発した微細気泡の特性と有効性を知りたく事業化への意欲を強く感じたことと筆者も事業化に協力したいとの思いから支援することを約束した。

ハニカム構造による革新的UFB生成装置

図2に平成22(2010)年度経済産業省地域イノベーション創出事業で開発したハニカム構造による革新的UFB生成装置の外観写真と内部構造として5ユニットハニカムおよび1ユニット内を流れる気液の流れ方を示す。

図3に1ユニットのハニカムエレメントとその重ね方を示す。

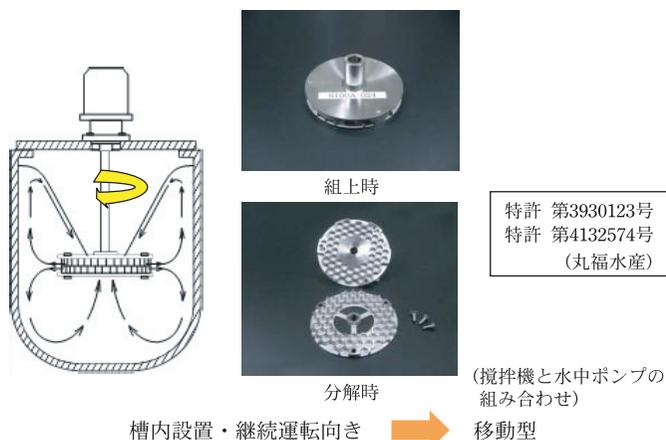
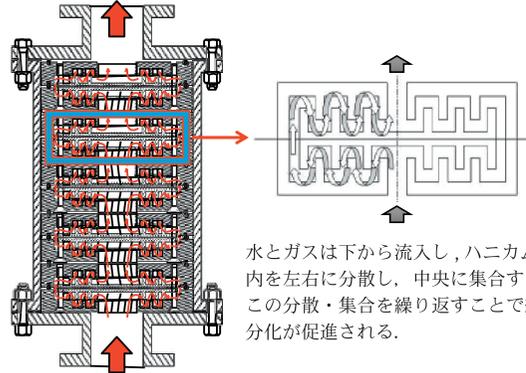


図1 新静止型混合器ラモンド・スーパーミキサーの概略図(1ユニット)。



直列式ハニカム構造型ナノバブル生成装置



水とガスは下から流入し、ハニカム内を左右に分散し、中央に集合する。この分散・集合を繰り返すことで微細化が促進される。

図2 ハニカム構造型 UFB 生成装置の概観図。左はハニカム構造体 5 ユニットの直列式 UFB 生成装置の外観写真，中央は直列式 5 ユニットのハニカムの構造，右は 1 ユニットハニカム内の気液の流れの模式図。気液は中央下側が入口出口は上側である。〔特許：丸福水産株式会社，静止型流体混合装置（ラモンドナノミキサー），特許第 3016704 号。〕

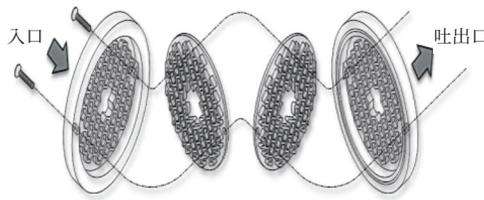
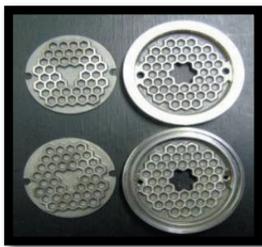


図3 1 ユニットハニカム（左右 2 枚でハーフユニット）。右はハニカムユニットの組み立て方。

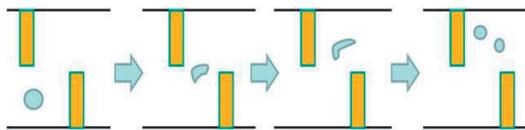
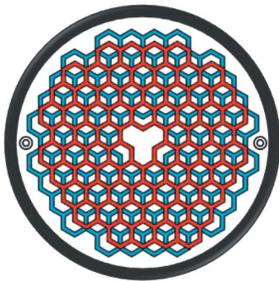


図4 左はハーフハニカムユニットの重ね合わせ方。右は混合流体の流による気泡微細化メカニズム。ハニカム・セルの重なりで構成される複雑な流路に、気液混合流体を高圧で通過させることにより乱流が生じる。広い流路から狭い流路へ流れるときに、圧力変化により高せん断場が形成され、気泡が微細化される。循環を繰り返すほど、微細化される。

図4にハーフハニカムの重ね合わせ方とハーフハニカム管路内での気液の微細化のメカニズムを示す。

心臓部である混合器本体は図2、図3に示すようにハニカム形状の溝が掘られた2枚の板を互いのハニカムの目がずれるように向かい合わせにしている。この2枚の板の間に形成される複雑な管路を通り抜ける過程で気泡が微細化される。

ハニカムが組み合わさってできる管路で、気泡が微細化される過程を模式的示したのが図4右である。平木先生によれば、管路の断面積が大きく変わり、最も狭くなる部分で流速は最大となって、静圧は低下する。そのため気泡径は増大するといえるが、断面積最狭部では場所が少し異なるだけで速度は全体的に速くなるので、増大した気泡にせん断力が働いて分裂が促進され微細化されたと考えられると説明している。

ハニカム構造体をいくつか組み合わせることで、

気液は何層ものハニカム構造体内で混合・分散を繰り返しながら通過するため出口では極めて微細化された気泡が生成される。

気泡径分布測定装置 (UFB 装置)

ファインバブルは産業における洗浄、殺菌、水質浄化、さらには植物や漁業の生育促進など、広範囲の産業応用が期待されている技術であるが、これまで気泡径を正確に測定できる装置が開発されていないことがネックとなりバブルの定量評価ができないのが現状である。このことは、UFB 生成装置を開発したと情報発信しても、その成否は判定できないことになり、偽物の微細気泡生成装置が存在することとなる。本格的な研究や産業振興はまだ不十分な状況と言える。しかし、最近、科学的根拠にすぐれた計測装置が開発された。

一つは、ファインバブル水の気泡径分布の測定に英国 Nano Sight 社によって開発された LM シリーズで、ナノ粒子のブラウン運動をおこなう粒子の速さを測定する方式(粒子軌跡解析法)である。液体中でナノ粒子がブラウン運動する様子が観察できる上少ないサンプルで各種測定ができることが特長である。

二つ目は、島津製作所製 Bubbe Sizer でレーザーを照射して散乱する光の角度と強度分布を測定する方式(レーザ回折・散乱法)である。測定範囲は

Nano Sight の気泡径測定範囲は 30 nm~1 μm と狭いのに対し Bubbe Sizer は 80 nm~20 μm である。ここに記す微細気泡の定量解析データは Nano Sight 社製 LM10 を用いて計測した値である。解析した結果を以下に記す。

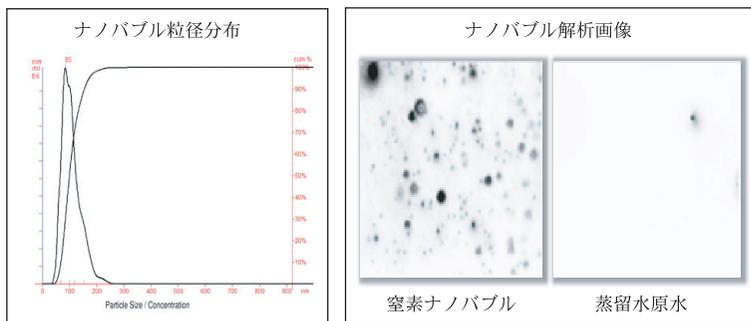
図 5 にハニカム 5 ユニットを用い、水 1 リットルで、ガス流量 0.2 L/min を 10 分間連続運転した時のファインバブル密度数を示す。その時のモード径 103 nm, メディアン径 107 nm で UFB 数は 14.4 億個 / 1 ml である。モード径は最も数の多い粒子径(最大頻出粒子径)で、メディアン径は総密度数 50% の粒子径を示す。

国内大手企業が UFB で国内最高値を生成したと報告している当時の発表は 1 億個 / ml である。ハニカム製品の優れた性能が認められる。

ファインバブル密度数は、水量、ガス流量、流速および稼働時間等に依存しており、生成条件が記入されていないので 1 億個 / ml の発表はメカニズムから相当頑張られた結果と言える。ハニカム式による微細気泡の生成は上に示した生成条件を増やすことで容易に超高密度数 20 億個 / 1 ml レベルを生成することも可能であり、実際にその後の実験で超高密度を達成している。なお、水中の気泡数密度を測定する場合、原水に水道水を使用すると、水道水に含まれる不純物等微小なゴミ等をバブルと見なしてカウントするので、原水は蒸留水を使用した。

図 5 5 ユニット生成装置の生成密度数等解析結果。

蒸留水 1 L,
流体流量 : 5.5 L/min,
ガス流量 : 0.2 L/min,
循環時間 : 10 分間で
UFB 密度数 14 億 4000 万個 / ml を達成。
既存装置の最高値は 1.1 億個 / ml.



ナノバブル解析結果 (NANO SIGHT LM10-HS-RED)
モード径 : 103 nm メディアン径 : 107 nm
ナノバブル密度 : 14.40×10^8 個 / ml = 14 億 4000 万個 / ml

検出範囲 : 30~1,000 nm

国内既存装置
最高値 1.1 億個 / ml

UFBの特長と機能性調査

ウルトラファインバブルで生鮮魚介類の鮮度保持に対する有効性を検証するため、いくつかの機能性調査をした。

まず、図6に窒素置換による海水中の酸素貧乏状態を示す。

これは、窒素ナノバブルを海水中に入れ込んで海水中の溶存酸素量 DO (Dissolved Oxygen) 値を調査することにより、窒素置換による貧酸素化技術の可能性を求めるものである。

水槽容量 1000 L の海水中に窒素ガス使用量は 0.125 m^3 を投入し、25 分間循環させた結果である。これによると溶存酸素量は急激に減少し、10 分後ではほぼ 1 mg/L 以下となり貧酸素状態が実現できる。これは、海水中の好気性菌の増殖が抑えられることを意味している。

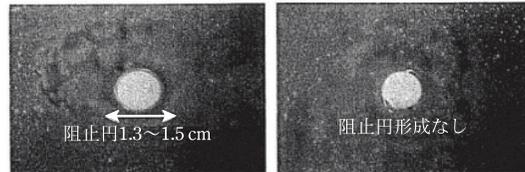
図7に真菌に対する抗菌性をペーパーディスク法で検証した結果を示す。

ペーパーディスク法はカビ混合菌を 25°C にて前培養後、生理食塩水にて 10^4 個 / CFU 程度に希釈、寒天培地に、直径 9 mm のろ過紙に窒素 UFB を 0.1 ml を含浸させ、寒天培地中心に置き、 25°C にて培養後阻止円の形成を観察した結果、阻止円の形成が認められる。これにより抗菌性があることが認められる。

これらのことにより、窒素は無害であり、窒素

UFB は安心・安全な抗菌対策として鮮度保持の有効性を確認したことになる。

表1にUFBの真菌に対する殺菌効果を示す。対



窒素ナノバブル水含浸ペーパー ディスク法 (生理食塩水)

↑
抗菌活性効果あり

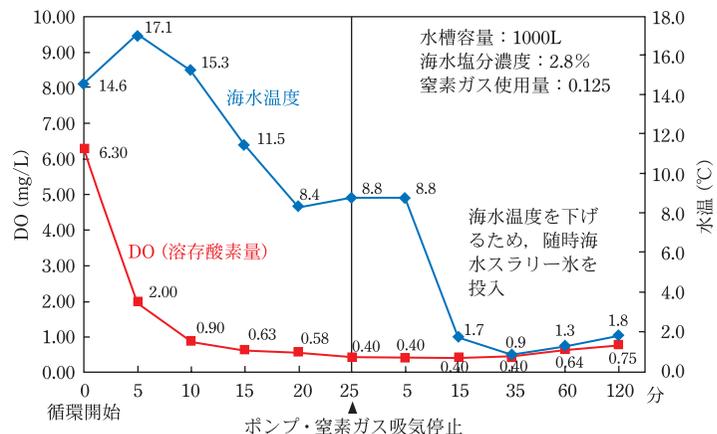
図7 窒素 UFB 水の真菌に対する抗菌試験。カビ混合菌を 25°C にて前培養後、生理食塩水にて 10^4 個 / CFU 程度に希釈、寒天培地に接種し、直径 9 mm の濾過紙に窒素ナノバブル水 0.1 ml を含浸させ、寒天培地中心に置き、 25°C にて培養後、阻止円の形成を観察。窒素ナノバブル水は無害。

表1 気体種別ナノバブル水の抗菌試験。

試料区分	対一般生細菌		判定結果
	初発菌数	24 時間後	
窒素ナノバブル水	5.2×10^6	4.0×10^3	◎抗菌性あり
酸素ナノバブル水	5.2×10^6	5.2×10^4	○抗菌性あり
空気ナノバブル水	5.2×10^6	2.3×10^4	○抗菌性あり
オゾンナノバブル水	5.2×10^6	9.0×10^3	◎抗菌性あり
コントロール (生理食塩水)	5.2×10^6	4.0×10^6	×抗菌性なし

一般生細菌を 25°C にて前培養後、生理食塩水にて希釈し、一般生細菌濃度が 10^6 になるように各種ナノバブル水に添加。24 時間経過後寒天培地に接種して一般生細菌の生存菌数を測定。

図6 窒素ガスを注入後の海水中の DO 値 (溶存酸素) の変化。通常 15°C で 6.3 mg/L 、窒素ガス注入後 25 分で 0.5 mg/L を切り、貧酸素状態となる。上側の線は海水の温度を示す。



象にした気体は、窒素、酸素、空気およびオゾンである。

一般生細菌を排水口より採取し、25℃にて培養後、生理食塩水にて希釈し、一般生細菌濃度が10℃になるように各種ナノバブルに添加、24時間経過後寒天培地に接種して一般生細菌の生存菌数を測定した。

これによると、酸素や空気 UFB も抗菌性は認められるが、窒素 UFB よりも低い。窒素 UFB は殺菌力があるオゾン UFB と同等の抗菌効果が認められる。産総研の矢野彰理事によると、分子動力学では、数 nm レベルの気泡径では気液界面の電気的極性が揃う特長があり、界面の静電効果により殺菌作用があると指摘している。つまりナノレベルのバブルは表面がマイナスに帯電、プラスに帯電した物質を吸着するのでオゾンと同じように窒素や空気においても殺菌効果があるということではないかと解釈されている。

窒素 UFB による鮮度保持と酸化・腐敗防止実験

小型マグロはえ縄漁船における捕獲マグロの鮮度維持

小型マグロはえ縄漁船は、大型漁船のように冷

凍設備がないため、捕獲したマグロは酸化・腐敗しないように防腐剤や脱臭剤をいれた冷海水に保存する。しかし、防腐剤をいれた冷海水に保存しても冷海水には溶存酸素があるので、魚体(特に油脂分)の酸化・腐敗が進行し水揚げ時にはかなりの痛みや悪臭が発生し、鮮度・味が落ちて魚価が大幅に下がるのが通常である。特に初期に捕獲したものは酸化や悪臭がひどく生で食することはできず缶詰用となる。

実験船はマグロ基地がある大分県保戸島(ほどしま)の19トン小型マグロ専用漁船である。太平洋上でのほぼ1カ月の操業を終え、宮城・釜石港に寄港した時の冷海水の溶存酸素量は0.07(通常10mg/L)あり、貧酸素状態を十分に維持しており初期に捕獲したマグロは全く臭みがなかったと従業員は驚きを持って報告している。解体作業においても独特の臭みはなく新鮮な刺身として食することができたことから関係者より驚きと感嘆の声が上がったということである。

図8は小型マグロはえ縄漁船が太平洋を23日間操業後、釜石港でマグロを水揚げし解体した写真である。

小型マグロ漁船は3~5トンの水槽を4槽保持し、操業中に1回の海水替え(水冷0.3℃)を行うが窒素置換時間は、水槽3トンで2時間程度である。



第八寿利丸 19 t (大分県漁協保戸島支店所属)
7/28 大分出港～8/29 宮城県塩釜港にて水揚
航海初期漁獲の魚を入れる一番槽(23日経過)内の魚を、氷温ナノ窒素海水(-1℃)で保存したところ、魚の価値を著しく下げる「腐敗によるくさい臭い」がなくなり、外観の色艶も従来と比べ良いと絶賛評価!



漁獲から23日経過した本マグロ



漁獲から23日経過したメバチマグロ

図8 窒素ナノバブル水の鮮度実証試験。太平洋上でマグロを求めて操業、1番マグロは捕獲後23日経過して宮城県・釜石港に入港し、マグロを解体し鮮度を実証した写真。腐敗による臭みがなく鮮度の良さに感嘆の声が上がった。

きることが証明できたと言える。

従来の冷蔵庫等による低温管理では刺身用鮮度保持期間は購入後1~2日間である。これが5~7日間に伸長できれば生産者にとって需要の拡大が期待でき消費者にとっても安心・安全につながるし、食品ロスの削減に有効と考えられる。

窒素 UFB 水を用いた米飯における酸化・腐敗防止の実験

図12に、窒素 UFB を用いた米飯における酸化・腐敗防止の実験結果をしめす。

窒素 UFB にて貧酸素状態にして、米飯を炊飯後、カビ等の汚染挙動を官能評価した。比較対象水として、酸素ナノバブル水と水道水をもちいた。炊飯後、樹脂容器に移し、フタを一部開放して放熱後、フタをして室温にて保管した。

窒素 UFB 水を用いた炊飯は保管後5日まで菌類発生と腐敗臭はなかった。酸素 UFB 水と水道水を使用した米飯は炊飯後3日までは、菌類発生と腐敗臭はなかったが、5日後はカビ菌の発生と腐敗臭が認められた。

窒素 UFB は無害・無毒であることから食品の殺菌と短期の常温保存技術に適用できる。

食品の殺菌方法としては加熱殺菌と化学殺菌が代表的であるが、加熱殺菌は過剰になると食味や成分含有量の変化をきたし外観上も問題が生じる。

化学殺菌は洗浄剤・殺菌剤が残留する可能性がある。特に生で食する生鮮食品は非熱処理が必要であり環境・人体への影響が少ない方法が必要である。

常温保存技術は多くは酸化防止剤の使用でありカット野菜等に見られる洗浄では主に次亜塩素酸が使用されており、残留すると健康上影響がありそうである。また煮炊きした食品を5日~1週間程度常温で放置しても食することができる保存方法はない。

窒素 UFB 水は酸化による味の劣化や細菌の増殖を防ぎ常温で放置していても5日程度であれば食することも可能である。さらに大量に生産すれば、プールや温泉水の殺菌が低コストで実現できるし農業分野での水耕栽培や嫌気性土壌の改良にも適用できることになる。

ウルトラファインバブル(UFB)水の可能性

飲料水等の酸化防止と保存について述べたい。

窒素ナノバブル水のお茶や紅茶は酸化しないために、長期に褐色に変化せず入れたての緑茶色を保つ。特に、PET ボトルに入れた緑茶や紅茶は、さらに長期に本来の鮮やかな色調を保つ。

窒素ナノバブル水で煮炊きした食品は、常温で保存しても1週間程度食することが可能で、酸化

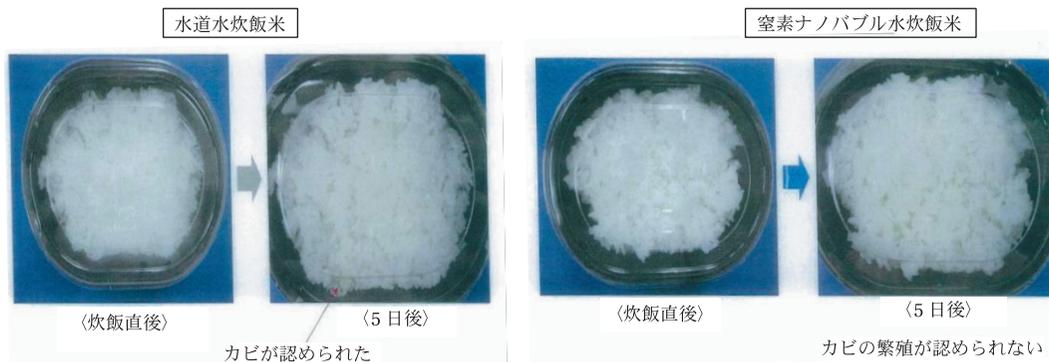


図12 窒素 UFB を用いた米飯における酸化・腐敗防止の実験。窒素 UFB で貧酸素状態にして、米飯を炊き、炊飯後のカビ等の汚染挙動を官能評価した。比較対象水として、窒素ナノバブル水と水道水をもちいた。窒素ナノバブル水を用いた炊飯は保管後5日まで菌類発生と腐敗臭もなかった。水道水を使用した米飯は炊飯後3日までは、菌類発生と腐敗臭はなかったが、5日後はカビ菌の発生と腐敗臭が認められた。

による味の劣化も少ない。

酸素富化による養殖魚の飼育中の水質浄化、健康維持・生長促進および活魚の輸送が可能である。

マイクロ・ナノバブルにより水圏全域の溶存酸素量 DO (Dissolved Oxygen) 値の増大と好気微生物の活性化により有機物の早期完全分解および堆積汚泥中の好気バクテリアの活性化により堆積汚泥の分解、再分化、による水圏の浄化が可能である。

陸上養殖における酸素ナノバブル水は極めて有効である。生活排水・工業排水等による水質汚染や赤潮、ウィルスなどの外的要因の影響を受け難い陸上養殖、特に閉鎖循環式は今後確実に増加するとされている。

酸素ナノバブル水生成装置で、安定した最適溶存酸素濃度、PH 管理、病原菌管理を通じての稚魚死滅の激減と成長促進を図れることが独自の予備試験で可能であることが判明した。

養殖場の飼育水の DO 値 (溶存酸素量) を飽和量よりも高く維持・コントロールすることで、飼育魚の成長促進 (食欲・消化吸収増進)、過密飼育 (酸欠防止)、魚病の原因菌・ウィルスの抑制による斃死率低減、水質浄化・洗浄効果による飼育設備清掃に係る労力の低減が可能であり、生産性の向上が図れた。例えば、ウマヅラハギは飼育開始から 2 カ月で同ロットの海面養殖の稚魚と比較し、体長がおよそ 2 倍に成長した。

1 月の低水温期で通常は餌食いが悪く成長が止まるオコゼの稚魚が餌をよく食べるため、成長を続けたことおよび殺菌・洗浄効果で、飼育水の一般生細菌数が激減し、稚魚の斃死率が激減した。

筆者は、独創的 UFB 生成装置を世間の多くの専門家や企業に認識してもらい社会に広げるために、ファインバブル基盤技術研究開発事業の採択を始めいくつかの外部資金の獲得と事業化を主導してきた。

事業化には国の事業に採択されることが最も望ましい。平成 22 年経済産業省地域イノベーション創出事業 (5,000 万円 / 2 年) に応募し採択された。

共同研究機関は以下の通りである。

丸福水産株式会社開発部長 米沢裕二

富山大学名誉教授兼丸福技術顧問 熊沢英博
九州工業大学准教授 平木講儒 (現教授)
福岡県醤油醸造共同組合
福岡県工業技術センター生物食品研究所
管理法人九州産業技術センター

この事業で、ハニカム構造に基づく UFB 生成装置を開発した。また、気泡数密度や気泡径が測定できる測定装置を購入できた。測定結果は、予測を超える世界最高レベルのデータを得て、ファインバブルの生成において世界的に優れた装置であることが立証でき、大いなる喜びを感じた。さらに、機能の高度化、軽量化低コストをはかることを事業としての目標として生鮮魚介類の長期保存を掲げ、再度経済産業省の基盤技術高度化支援 (サポイン) 事業に平成 26 年に応募し、採択された。ここで開発した改良装置は NFB 密度数が 20 億個 / 1 ml レベルを達成でき、前装より 3 割アップできた。さらに筆者らを奮い立たせる発表があった。

平成 26 年 1 月、経済産業省はファインバブル基盤技術研究開発事業を公募すると発表した。筆者は直ちに平木先生を伴い経産省本省を訪ねて挨拶をするとともに情報収集し、応募したい旨を述べてきた。

平木准教授と共同研究をしている大手企業から、この研開発事業はファインバブル産業会 (FBIA) の会員となっている有力企業が優先的に選ばれるので応募しても無理だろう、弊社は応募しないとの情報ももらった。しかし筆者は地方の審査員と本省 (東京) の審査員は異なるとの確信があった。なぜなら、日本が世界の最先端で頑張っているという意識を持つ審査委員とそのような感覚がない委員では採択基準が異なることを経験してきたからである。そして応募した審査会では、高い評価をしていただき採択された。コーディネーター冥利につける話である。平成 26 年度にファインバブル基盤技術研究開発事業に平木准教授の基礎単独研究で 1,000 万円を獲得できた。

この研究は 5 年間継続する前提で研究を始めたが、1 年後制度自体が中止となった。平木先生は基礎研究を頑張っていただけに残念な結果になった。

平成 26 年度経済産業省基盤技術高度化支援 (サポートイン) 事業 9,800 万円

九州工業大学教授	野田尚昭
丸福水産株式会社開発部長	米沢裕二
富山大学名誉教授兼技術顧問	熊沢英博
東京理科大学名誉教授	陳 玳珩

全国に PR と事業化

平成 22 年および 26 年に経済産業省から研究資金をいただき事業化したことはすでにふれたが、社会へのマーケットを広げるために JST の新技術説明会で紹介したいとの思いから平成 25 年 10 月北九州市での開催の新技術説明会で「生鮮魚介類の長期保存を可能とするナノバブル生成装置」で平木先生に講演してもらった。これがきっかけとなり、ハニカム構造式 UFB 生成装置が日刊工業新聞社から全国版に掲載された。次に TBS より 26 年 11 月 30 日丸福水産(株)の鮮魚の鮮度保持技術が「夢の扉」で全国放映され、この装置の有用性が知られるようになった。さらに NHK から平成 27 年 8 月 30 日「サイエンス zero」で、10 月 6 日にはクローズアップ現代で「小さな泡が世界を変える日本発技術革新は成功するか」でハニカム構造に基づく UFB 装置と鮮度保持技術が紹介され、超微細気泡の有用性が広く認識されてき、漁業、自動車および化学分野等の大手企業に UFB 装置を納入することができた。また、中国、インドネシア等の外国からの問い合わせもあり、あらためて、JST の新技術説明会に始まるテレビ放映までの一連の活動に PR の有用性を認識するとともにこれらの機関に深く謝意を示したい。

参考文献

1) 黒田浩司 (経済産業省国際標準課長), 矢野彰 (ファインバブル産業界理事), 寺崎宏一 (ファインバブル産業界理事) 黒田俊宏 (ファインバブル産業界副会長) : 日本が世界を牽引する「泡の力」日本経済新聞社広告,

2019 年 10 月 28 日, p.22.

- 2) 柘植秀樹監修: 「マイクロバブル・ナノバブルの最新技術 II」, シーエムシー出版, (2010).
- 3) 熊沢英博, 新美富雄: 食品加工・製造における新規な混合・分散プロセスの開発と新静止型混合器「ラモンド・スーパミキサー」I. ラモンドミキサーによる混合・分散の基礎と食品製造への応用, 食品と開発, **32** (8) (1997), 45.
- 4) 熊沢英博, 新美富雄: 食品加工・製造における新規な混合・分散プロセスの開発と新静止型混合器「ラモンド・スーパミキサー」II. ラモンドミキサーの応用分野の概説, 食品と開発, **32** (9) (1997), 44.
- 5) 熊沢英博, 新美富雄: 食品加工・製造における新規な混合・分散プロセスの開発と新静止型混合器「ラモンド・スーパミキサー」III. 機械的攪拌機と静止型混合器の設計思想について, 食品と開発, **32** (10) (1997), 50.
- 6) 野田尚昭, 任飛, 山本弥, 上田鷹彦, 佐野義一, 陳代行, 高瀬康, 米澤雄二: ハニカム構造体を用いたナノバブル生成装置の設計とその性能, 設計工学, **53** (1) (2018), 111-126.
- 7) 株式会社ナノクス, (online), available from <<http://www.nano-x.co.jp>>, (accessed 2015-09-18).
- 8) 平木講儒: 窒素ナノバブルを用いた魚介類の長期保存技術, 微細気泡の最新技術, **2** (2014), 177-183.
- 9) 平木講儒: 北九州学術研究都市産学連携フェア新技術説明会資料, 2013 年 10 月.
- 10) 野田尚昭, 高田翔, 川野凌, 翟洪方, 佐野義一, 高瀬康, 米澤裕二, 梅景俊彦, 田中洋征: ハニカム構造体を用いるナノバブル生成法におけるバブル生成密度の考察, 設計工学, (2020), 1-16.

たなか・ひろゆき TANAKA Hiroyuki

1995 福岡県工業技術センターインテリア研究所長, 2001 九州工業大学地域共同研究センター次長, 2004 地域共同研究センター長, 2005 文部科学省派遣産学連携コーディネータ, 2008 九州工業大学および福岡大学客員教授, この間コーディネータとして, 外部資金を主に経済産業省等国から 20 億円ほど獲得している。

のだ・なおあき NODA Nao-Aki

1984 九州大学大学院工学研究科機械工学専攻博士課程修了, 九州工業大学工学部講師・助教授を経て, 現在教授。焼嵌めローラや特殊ボルト等の産学連携に関する研究に従事, 日本設計工学会論文賞受賞, 日本機械学会フェロー, 自動車技術会フェロー, 2019-2021 日本材料学会九州支部長。