

# 食品製造業向けマイクロバブル発生装置の試作

村田政隆, 高橋志郎, 松村一弘, 下野功, 宮崎俊一, 吉野博之

## Trial Production of Micro Bubble Generator for Food Manufacturing Industry

Masataka Murata, Shiro Takahashi, Kazuhiro Matsumura, Isao Shimono, Syun-ichi Miyazaki and Hiroyuki Yoshino

### 要 旨

環境分野で注目されているマイクロバブルは、主にその発生方法や機能に関する研究が行われている。しかし、産業分野では、マイクロバブル設備の費用対効果等、導入のメリットがさほど明確ではなく、食品関連分野ではカキの洗浄等に利用されるに留まり、応用事例が少ない。本研究では、函館地域の基幹産業である食品製造業を主とする、食品関連分野を対象としたマイクロバブル応用製品の開発を目指し、技術動向を調査し、市販品を組み合わせたマイクロバブル発生装置を試作した。その装置を用いて、マイクロバブルの発生条件等について実験を行った。その結果、直径が概ね50~150 $\mu$ mの範囲で分布し、平均径が約100 $\mu$ mのマイクロバブル発生条件を確認した。

マイクロバブル<sup>1)</sup>とは、水質浄化作用、抗菌作用、生理活性作用等の機能性があると考えられている微細な気泡のことである。特に最近では環境技術としての応用<sup>2)</sup>が期待され、様々な取り組みが行われている。しかし、産業分野では、マイクロバブルを積極的に導入しているようにも見受けられないことから、産業応用技術について検証すべく、マイクロバブルの発生装置を試作した。

はじめに、装置を試作するに当たり知的財産権への抵触を避けるため、特許電子図書館(IPDL)による先行技術調査を実施した。「マイクロバブル」をキーワードに公開テキスト検索を実施し、公開特許公報の件数を調査した結果を図1に示す。

最近では、出願件数が増加している傾向があり、特に基板処理、水処理、廃水処理分野では、マイクロバブルへの関心の高さがうかがえる。また、このうち約30件が、特許登録されている。

次に、マイクロバブルの発生に関する技術調査を実施した。本調査もIPDLの公開テキスト検索を利用し、「バブル」「泡」を基本キーワードに据

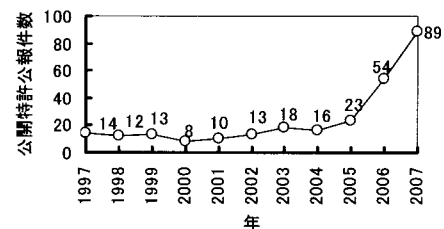


図1 マイクロバブルの調査結果

え、「発生」「生成」等のサブキーワードを組合せた。本検索方法及びその結果を表1に示す。

IPDLでは、公開特許公報が最大416件抽出され、件数的には、ここ10年間はゆるやかではあるが増加傾向にあることがわかった。また、PATOLISにより、昭和44年以降、これまで109件の特許が登録されていること等から特許にかかわる情報が比較的多いことがわかった。そこで、本研究では、装置製造の産業化も視野に入れ、購入可能な市販部品類によって装置を試作することにした。

表1 マイクロバブル発生技術の調査結果

検索項目: 発明の名称				
検索式(キーワード参照)	$\alpha$ AND $\beta$	$\alpha$ AND $\gamma$	$\alpha$ AND $\delta$	
公開特許公報	416	98	92	
特許公報	146	29	43	
公開実用新案公報	41	10	14	
実用新案公報	23	5	21	
和文抄録	28	17	27	
キーワード (検索式: OR)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
	バブル 泡	発生装置 発生器 発生方法	生成装置 生成器 生成方法 噴出装置 噴出方法 供給装置 供給器 供給方法	ノズル

マイクロバブルの発生方法には、圧壊、キャビテーション、せん断など、既に実用化されているものを含めいくつか存在する。市販部品に関する調査の結果、装置に組み込まれたかたちで販売されている場合が多く、価格帯は数十万～数百万円となっており、発生部のみを提供している企業等は、ごく僅かであった。そこで、今回試作する実験装置には、気泡径が $20\mu\text{m}$ ～ $1\text{mm}$ 以下とマイクロバブルとしては比較的大きくなるせん断方式ではあるが、価格的にも容易に入手が可能な、(有)バブルタンク社製の旋回流型のマイクロバブル発生器(ノズル)を採用した。

マイクロバブルを発生させるための必要最低限の装置構成要素は、ノズル、ポンプ、水槽及び配管類である。この構成でのマイクロバブルの発生条件は、ノズル手前で気体と液体の混相流を作り出すことが必須である。そして、マイクロバブルの特徴を明らかにして、効率的な応用製品の検討を進めていく上では、可能な限り発生するマイクロバブルに関する制御性を高めることが求められる。そのため、安定したマイクロバブル発生状況を作り出すことを装置試作の第一目標にし、水槽設置型の水循環システムを構成した。そして、空気を取り込み方法は、現在最も一般的な方法であるポンプの吸込み側で行うこととした。以上の条件を踏まえ、今回、制御性確認用の流量計等の計器類を備えた図2に示す装置を試作した。

装置の特性確認実験では、まず流量調整弁(図2の $V_1$ )を全開に、空気流量調整弁(図2の $V_{\text{air}}$ )を全閉に固定し、リリーフ弁(図2のRelief Valve)のみ制御して、全体の圧力(図2の $P_1 \sim P_3$ )・流量(図2の $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_{\text{air}}$ 、 $M_r$ )の変化を確認した。その結果を図3に示す。空気を供給しない状態では、リリーフ弁のみを操作すると、各圧力や流量の変化には直線性があり、再現性も確認された。特にノズル流量とノズル圧力については、近似直線式の決定係数 $R^2$ が0.988以上と非常に高かった。

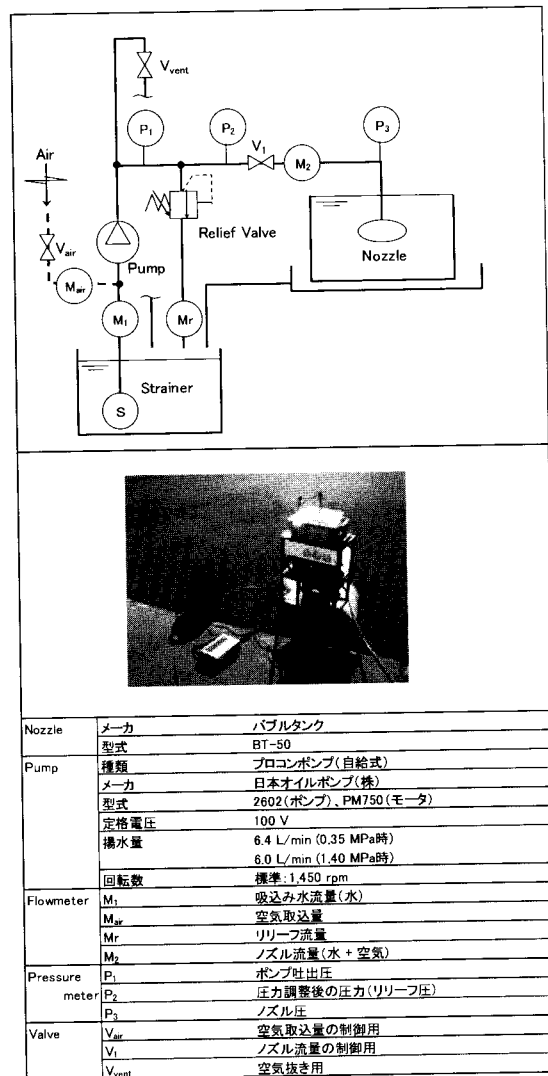


図2 試作装置と測定項目

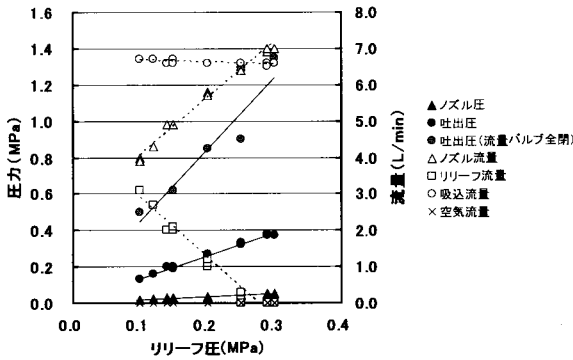


図3 装置の特性 (空気供給なし)

その後、空気流量調整弁を開き、空気を供給して運転し、マイクロバブルが発生することを確認した。発生したマイクロバブルの写真を図4に、写真から測定したマイクロバブル直径の分布例を図5に示す。空気の供給量は非常に少なかったため、空気流量の代わりに空気流量調整弁の開度を記録した。リリース圧、ノズル流量、空気流量調整弁の開度を条件として実験を行い、4,000個以上のバブルについて調べた結果、バブル径は概ね50~150 μmの範囲内で分布し、平均値で100 μm程度であった。空気流量調整弁の制御によって、この平均値の調整を試みたが、不可能であった。今回の実験では、ポンプの最大流量である

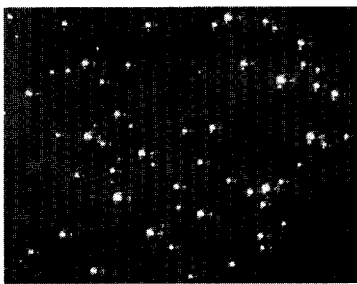


図4 試作装置で発生したマイクロバブル

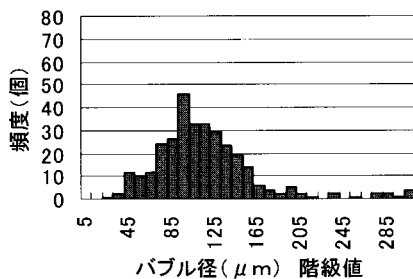
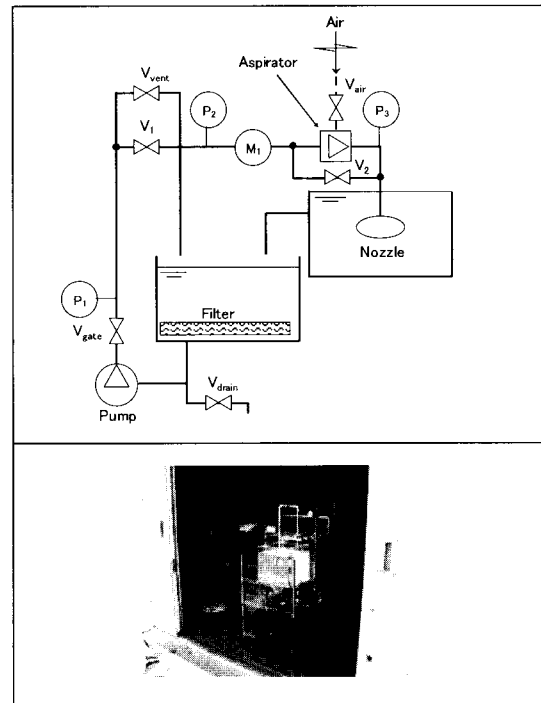


図5 マイクロバブル径の分布状況例

7.0 L/minまで確認したが、さらに流量を増やせば、より小さな径のマイクロバブルを発生させることが可能性と考えられる。

なお、本装置の構成上、ポンプ吸込み側から流入した空気は、ポンプ内で一次せん断、さらにノズルの部分で二次せん断が行われ、気泡の小径化につながっていると考えられる。しかし、ポンプ吸込み側で空気を供給する方法は、キャビテーションによってポンプの早期劣化・故障を招く危険性が非常に高いため、このような機器構成が産業分野で受け入れられるとは考えにくい。そこで、現在はポンプ内でキャビテーションを発生させる方法を回避する対策として、流体のベンチュリ効果により減圧状態を作り出すアスピレータ(図6のAspirator)を用い、ポンプの吐出側で空気を供給する方法を採用している。今後は、図6に示す仕



Nozzle	メーカー	バブルタンク
	型式	BT-50
Pump	種類	ステンレス製循環ポンプ(全閉モータ仕様)
	メーカー	三相電機(株)
	型式	PHSZ-4031A
	定格電圧	100 V
	揚水量	80 L/min
	揚程	12 m
Flowmeter	M1	吸込み水流量
	P1	ポンプ吐出圧
Pressure meter	P2	流量調整後の圧力
	P3	ノズル圧
Valve	V <sub>air</sub>	空気取込量の制御用
	V <sub>1</sub>	ノズル流量の制御用
	V <sub>vent</sub>	空気抜き用+ノズル流量の制御用
	V <sub>gate</sub>	ポンプ周りの一般構成に順じた
	V <sub>drain</sub>	水抜き用
	V <sub>2</sub>	ノズル流量の制御用

図6 試作装置の改善仕様

様に改善した装置で実験的検証を進め、実用的な機器の開発を目指す計画である。

また、当センターでは、マイクロバブルの機能評価や発生方法に関する研究を別途進めており、将来的には食品製造業に適した、オリジナリティある装置の開発も予定している。

#### 参考文献

- 1) 例えば、上山智嗣, 宮本誠: マイクロバブルの世界 (工業調査会), (2006)
- 2) 例えば、藤原暁子: 水処理における微細気泡発生手法, 月刊エコインダストリー (シーエムシー出版), Vol.11, No.3, (2006), P23-26