

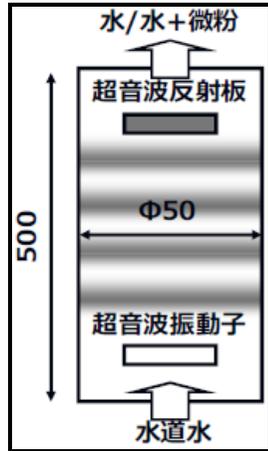
研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/3)

研究題目	超音波浮揚を利用した精密異相分離技術の開発 (PULS の開発)	報告書作成者	出口清一
研究従事者	出口清一、嶋崎翔士、三輪早枝子、小川宗晃、伊藤充則、坂野遥奈、澤田圭祐		
研究目的	<p><b>【PULS 着想経緯】</b> 貴財団の助成趣旨である Quality Of Life の高揚は、各個人の多様な嗜好・価値観・経歴・文化・信仰・感性などを鑑みれば、統一的な施策を以って果たすは困難と考える。しかしながら環境浄化に限っては、極めて特異な例(例えば、ゴミ山からの有価金属拾集/貧困生活を強いられる低開発国の子供達など)を除いて QOL 高揚に直結とできる。そこで貴財団への申請に当たりサウンドによる環境浄化を創造し、これまでの開発・研究・学理の結集として本研究題目にある超音波浮揚現象を利用した環境中の超微細粒子除去手法開発がベストソリューションの一つと至った。</p> <p><b>【将来ビジョン】</b> 本報告書作成者はゴミ山と共に暮らす子供達を蔑ろにする訳でなく、彼ら・彼女らにも清純環境に加え輝ける未来を拓くチャンスを与えるべく、2015 年度に創業予定の V-SEAGS(Venture of Sustainable Energy And Green Systems)の全純利益を以って支援を将来ビジョンとする。本研究の PULS(Precise Ultrasonic Levitation Separator)は、V-SEAGS の一製品として純利益を増大へ導き、恵まれぬ子供達の QOL 高揚に多大なる貢献を果たすと考える。</p> <p><b>【研究目的】</b> 超音波浮揚は中国を中心に研究が進められ、その用途は電磁的浮揚に比しターゲット・場の物性的制限皆無からシリコンウエハー・非晶質素材などの非接触搬送が想定されている。本報告書作成者は、先ず超音波による音響流に着目し、吸収式ヒートポンプなどに用いられる流下液膜の熱・物質移動促進を進めた(Enhancement of heat transfer rate in a falling film layer by ultrasonic irradiation, Journal of Chemical Engineering of Japan, 28(5), pp.570-575, 1995)。これに加え、気固二相流(流動層)に於ける微粉集合体(クラスター)の流動挙動に関する研究(循環流動層ライザ縮流部での下降粒子抑制最低ガス速度の定式化, 化学工学論文集, 29(5), 660-666, 2003、密閉型オシレート流動層の開発, 化学工学論文集, 29(4), pp.493-499, 2003)から、超音波浮揚による精密異相分離 PULS(Precise Ultrasonic Levitation Separator)が可能と至った。PULS の想定異相分離機構は、●上昇混相流(微粉+連続媒体)への超音波照射、●超音波浮揚にて微粉集結・粗大クラスター化・滞留(沈降)、●連続媒体のみ上部より系外排出であり、本研究では、この想定機構による精密異相分離の実験的検証と独自の微粉クラスターモデル(Revised Growing Chain Model)との相関明示を目的とした。尚、超音波による先行環境浄化技術には、キャビテーション利用有機系コンタミ分解が存在する。PULS は、強的な有機系コンタミ分解に対し適用物理作用が全く異なる軟的な分離技術より、低電力消費型ソフト技術と位置付けでき、更に得られるアウトカムズも全く異なるため、類似点皆無と考える。</p>		

研究内容	<p><b>【実験装置】</b> 内径 50mm×全長 500mm のアクリル製円筒(肉厚 10mm)の下部にボルト締めランジュバン型振動子(28・40・50kHz、30W)を配置し、上部には直径 45mm の SUS 製超音波反射用板を配置した。尚、SUS 製超音波反射用板は、装置内にて超音波の定在波を形成できるよう上下可動式とした。アクリル製円筒最下部は逆止弁と積算式流量計を介して上水道系と連結し、上部からの流出液(+微粉)は一辺 400mm 正方形水浴へ流すことで同伴微粉は全て回収可能とした。</p> <p><b>【実験方法】</b> 先ず、水道水(1L)と微粉(嵩体積にて約 3cm<sup>3</sup>)を混合し、装置へ導入した。超音波印加から 10min 経過後に水道水を緩やかに流入し、微粉流出に至るまで水道水流量を徐々に増加・10min 保持を繰り返した。尚、水道水流入開始時に若干量の微粉流出が確認され、これは SUS 製超音波反射用板の上部に存す微粉(超音波浮揚捕捉不能微粉)として無視した。</p> <p><b>【微粉】</b> 超音波浮揚捕捉ターゲットの微粉として、無定形ガラスビーズに加え、ガソリンエンジンとディーゼルエンジン排ガス中の SPM(Suspended Particulate Matter/某企業より御提供)を用いた。</p> <p><b>【解析方法】</b> 微粉流出の最低水道水量(筒断面平均速度)と、本報告書作成者が開発した微粉クラスターモデル(R-G.C.M., Revised Growing Chain Model)より得られる終末速度を比較し、その相関から系統的なアウトカムズ(例えば PULS 設計指針)の提示を目指した。</p>
------	---

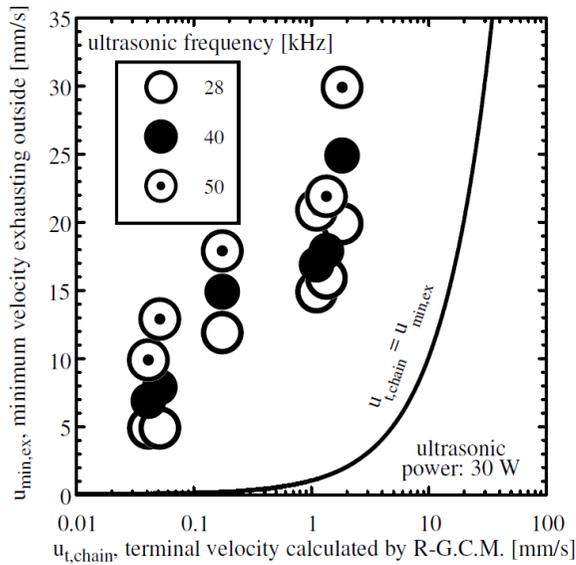
<p>研究のポイント</p>	<p>本研究の目標は、●超低圧力損失、●超微粉完全分離、●低ランニングコストなどを擁す PULS(Precise Ultrasonic Levitation Separator)の開発であり、従来の異相分離技術(濾過・遠心分離など)に対し十分な競争力を持つと考える。</p> <p>ケーススタディー的な実験成果について、本報告書作成者が開発した R-G.C.M.(Revised Growing Chain Model)との関連を検証し、内挿のみならず外挿に対する戦略を示しており、このジェネラリティー明示が最大のポイントである。</p>
<p>研究結果</p>	<p>本研究の成果について、以下に箇条書きで示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① PULS(Precise Ultrasonic Levitation Separator)の試作</li> <li>② 水道水中&lt;100nm 超微粉(エンジン排ガス中 Suspended Particulate Matter, SPM)の完全分離可</li> <li>③ 超音波周波数と異相分離性能の相関明示</li> <li>④ R-G.C.M.(Revised Growing Chain Model)から得られる微粉クラスター終末速度と微粉完全分離最高水道水速度の相関明示</li> </ul> <p>以上より、貴財団への申請段階における目標は、凡そ達成と考える。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>本研究で開発した PULS(Precise Ultrasonic Levitation Separator)の課題と打開戦略について、以下に箇条書きで示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ 固・気混相分離への適性検証：戦略(超音波振動子と反射板の近接化・超音波照射強度の高揚など)</li> <li>❷ 連続運転に向けた超音波浮揚固相(微粉クラスター)の抜取手法確立：戦略(円筒内コア/アニュラス構造利用)</li> <li>❸ スケールアップ/スケールダウン：戦略(相似則/無次元数によるシステム記述・シミュレーター開発など)</li> </ul> <p>以上、本開発研究を通して得た全ての課題に対し打開戦略を保有しており、今後のマーケット展開に対し見通しは明るいと考える。</p>



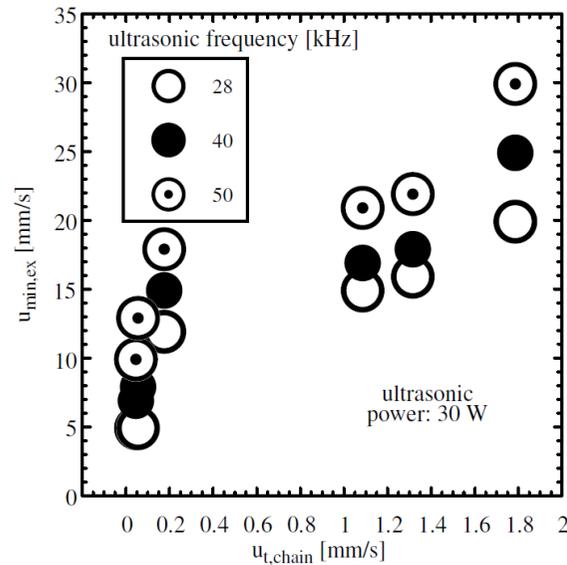
実験装置概念図

name	density [kg/m <sup>3</sup> ]	50% mean size	standard deviation of size	terminal velocity of infinite particles' chain by R-G.C.M.	experimentally obtained minimum velocity for particle exhausting outside		
					28 kHz/30W	40 kHz/30W	50 kHz/30W
G.B.1	2500	161 μm	29 μm	1.78 mm/s	20 mm/s	25 mm/s	30 mm/s
G.B.2	2500	114 μm	22 μm	1.08 mm/s	15 mm/s	17 mm/s	21 mm/s
G.B.3	2500	42 μm	10 μm	0.17 mm/s	12 mm/s	15 mm/s	18 mm/s
G.B.4	2500	53 μm	39 μm	1.31 mm/s	16 mm/s	18 mm/s	22 mm/s
SPM1	1850	95 nm	15 nm	0.04 mm/s	5 mm/s	7 mm/s	10 mm/s
SPM2	1900	98 nm	23 nm	0.05 mm/s	5 mm/s	8 mm/s	13 mm/s

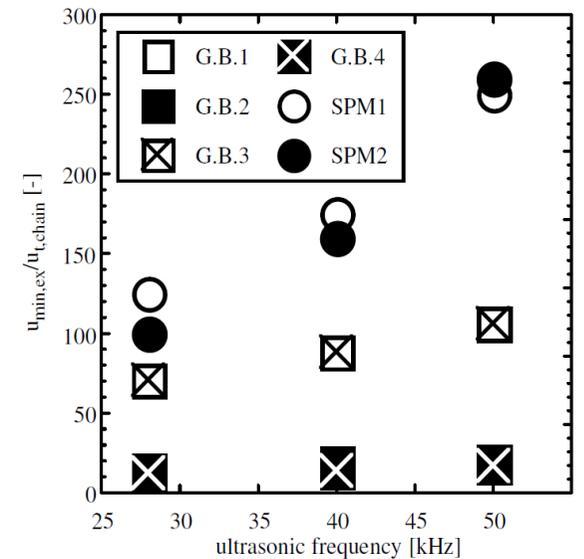
実験条件・結果



R-G.C.M.と微粉系外排出最少水量



超音波周波数と微粉の系外排出最少水量



PULSの超微粉分離優位性