

発泡パネルの二流体洗浄に関する基礎実験

村田政隆、板東忠典*、坂村喬史**、田谷嘉浩、高橋志郎、松本陽斗、宮腰康樹**

Basic Experiments on Two-Fluid Cleaning of Foam Panels

Masataka Murata, Tadanori Bando*, Takashi Sakamura**, Yoshihiro Taya,
Shiro Takahashi, Haruto Matsumoto, Yasuki Miyakoshi**

要 旨

水耕栽培用の発泡パネルは、リユースやリサイクルのニーズが高く、洗浄作業は必要不可欠である。しかし、発泡ビーズ間の凹凸や間隙に、発泡パネル表面に付着するアオコや枯葉等からの汚れが浸透すると、付着力が強くて剥離し難い汚れとなりやすい。ゆえに、発泡パネル洗浄は、ブラッシング等によりパネルを損傷させることなく、栽培環境特有の汚れを綺麗に除去することが長年の課題となっている。

そこで、発泡パネルを損傷させずに洗浄する技術として、二流体洗浄技術に着目し、特殊設備等を必要としない産業用装置の開発を目指すための基礎実験を実施した結果、産業利用化の可能性を認めた。

水耕栽培では発泡パネルやプラスチック容器等が多用され、近年の発泡パネルでは抗菌、防藻、防根処理した製品等も流通している。しかし、水耕栽培環境の安全・安心や資材の長寿命化を図るため、どのようなパネルや容器であっても洗浄は必須作業である。

水耕栽培の一般的な発泡パネルには整列した穴が空いており、植物の成長過程においては、段階的により大きな穴のパネルへ移し替えて栽培する。よって、水耕栽培ファームでは、植物の種類や成長に適した穴仕様の異なるパネルを準備して使用している場合が多く、パネル使用枚数は数千枚に達するファームも存在する。そのため、単価の低い発泡パネルであっても、一括リプレースするには高コストとなることから、発泡パネルの長寿命化を左右する日々の洗浄作業は、水耕栽培において非常に重要な作業のひとつとなっている。

本実験で対象とした水耕栽培で使用されている発泡パネル外観例を図1に示す。

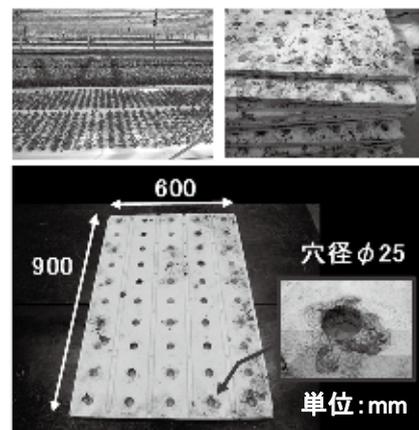


図1 発泡パネル外観例

発泡パネル洗浄では、ブラッシングや高圧洗浄機による強い洗浄力でも、パネル表面に強固に付着したアオコや枯葉等の汚れを取り除くことが

* (有) コムテック

** (地独) 北海道立総合研究機構・工業試験場

責任著者連絡先 (Masataka Murata) : murata@techakodate.or.jp

難しい上に、パネル破損や発泡ビーズ剥離に伴うマイクロプラスチックの形成を招く恐れがある。そこで、発泡パネルの物理的損傷を回避しつつ高い洗浄力を示す可能性を有する、水と圧縮空気による二流体洗浄技術について基礎実験を行った。二流体洗浄は、図2に示すように、圧縮空気により加速された液体がノズルから高速で噴射されることにより微細化し、対象物表面に衝突した後、物体表面上で高速の噴流を形成しながら表面の汚れを剥離させて洗い流す技術である。二流体洗浄は、主に半導体や金属の表面洗浄に利用され、近年では蒸気と水の洗浄方法が期待されているが、振動やその他の効果も複雑に絡んだ洗浄現象であると考えられており、洗浄力の向上技術等について様々な研究が進められている^{1)~5)}。

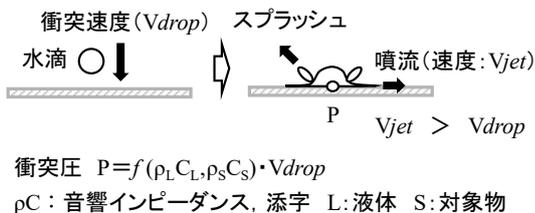


図2 二流体洗浄

本研究では、容易な産業応用化の視点での検証も目的のひとつであることから、液体を水道水、気体を圧縮空気とし、(株)いけうち社製の二流体ノズル BIMV8004S303+TS303 を使用して、図3に示す構成の実験装置を作製し、発泡パネルの洗浄実験を行った。

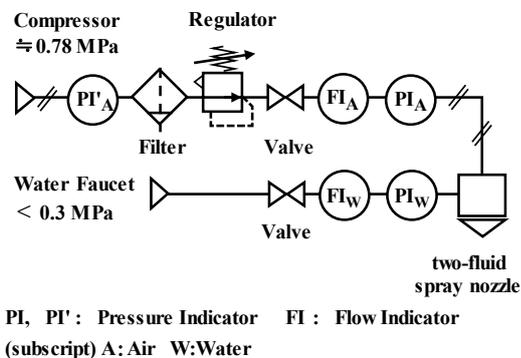


図3 系統構成

水や圧縮空気の系統の特徴や洗浄評価パラメータの抽出を目的として、水系統には水道水を直

結してバルブ開度を一定に保ち、空気圧をレギュレータで制御しながら、ノズル先端から 50mm 離れた地点での二流体噴射状態の荷重について確認した。なお、この確認では、市販の天秤ばかりを防水用の袋に入れ、荷重を測定した。

本実験結果の一例を図4に示す。

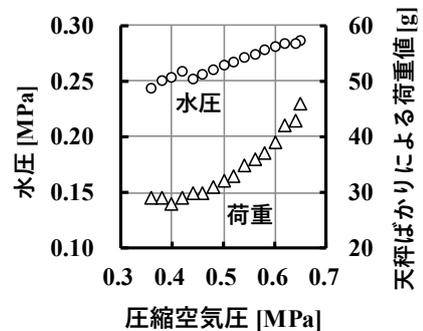


図4 圧縮空気圧に対する水圧と荷重の変化

実験結果では、空気圧が高くなると、水圧と荷重が大きくなる傾向を認めた。しかし、この荷重測定では、洗浄力を発揮しない地点の荷重と、測定面上の停滞水の影響を含むため、この関係性を示す曲線の信頼性向上には、荷重測定法の改善が必要であることがわかった。よって、洗浄力に対する表面圧力のパラメータ化においては、圧力分布計測システム構築を必要課題として抽出した。

次に、発泡パネルの洗浄実験状況と実験条件例を図5に、結果例を図6に示す。



圧縮空気圧	0.6 MPa
水圧	0.3 MPa
試験片	100mm×100mm (使用済み水耕栽培パネル使用)
送り速度	8 ~ 10 mm/sec (手動)
ノズルと試験片の距離	約10 mm
洗浄時間	約2分間

図5 二流体洗浄の実験状況と実験条件例

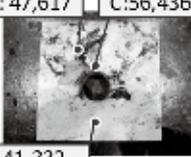
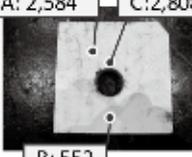
方法	洗浄前	洗浄後
ブラッシング		
二流体	A: 47,617 C: 56,436  B: 41,332 単位: RLU	A: 2,584 C: 2,808  B: 552 単位: RLU

図6 発泡パネルの洗浄実験結果
(数値: ルミテスター測定値)

図6では、北海道内にある水耕栽培ファームで所有・運用している発泡パネル洗浄装置と実験装置(図3構成)との洗浄効果を比較した。図中の数値は、キッコーマンバイオケミファ社のATPふき取り検査機器であるルミテスターで測定した汚染度を示す。本実験の結果、運用中のブラッシング洗浄では、洗浄前後のコントラスト差が小さく、外観清浄性の目視判断が難しい状態であるのに対し、二流体洗浄では洗浄前後のコントラスト差を視認しやすく、外観清浄性の目視判断で認めることができた。また、ルミテスターによる汚染度の数値評価も良好といえる。

しかしながら、この実験条件を発泡パネルの定尺600mm×900mmに当てはめると、1枚当たりの洗浄時間は約100分となる。現在のブラッシング装置の定尺1枚の洗浄時間は約10秒、手作業であれば約30秒であることから、実用化に向けては洗浄能力向上が課題である。

そこで、発泡パネルに対する二流体洗浄能力向上について検討した。図7に示すように、単位洗浄面積 s を、洗浄幅 L 、洗浄速度 V 、洗浄時間 t の積と定義する。また、本条件において洗浄効果が認められた洗浄幅は約15mmであった。

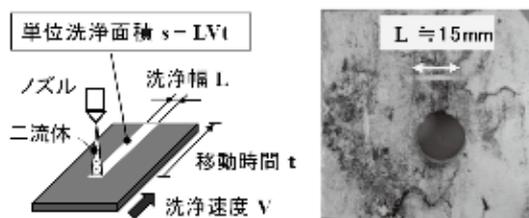


図7 洗浄面積および洗浄幅の実測値

洗浄能力を Cc (cleaning capability)として、時間当たりの洗浄面積と考えると、 $Cc = s/t = LV$ より、いかに L と V の値を高めるのが重要である。単純には、ノズルの個数を増やし、洗浄効果を満たす最大速度を探索すれば良い。しかし、本実験では、市販のコンプレッサーを使用し、ノズルをひとつしか使用していないにもかかわらず、圧縮空気消費量過多による動作の不安定さを確認している。よって、実用化検証としては、洗浄効果を満たす条件と空気圧や水の消費量とのバランスの最適化が重要である。

今後は、圧力分布推定技術と洗浄効率化技術に着目した検証実験について検討する予定である。また、発泡パネルの汚れは一様ではないため、実験の再現性を高めることを目的に、標準サンプルの作製を含めた洗浄評価技術についても取り組む予定である。最終的には、持続的な社会形成を見据えた水資源の有効活用を念頭に、水消費量の抑制、廃液処理負荷の低減、さらには洗浄後の水の再生利用可能性を考慮した二流体洗浄装置の開発を目指す。

本実験は、2017～2018年度 北海道「参入促進支援事業(地域のものづくり技術向上)」及び2019年度 北海道「先端技術の導入支援等による地域企業生産性向上事業」を活用し実施した。

参考文献

- 菅野至: 表面技術、50巻、10号(1999)、p.861-866
- 真田俊之、渡部正夫: エアロゾル研究、29巻、4号(2014)、p.236-240
- 真田俊之、渡部正夫: THE CHEMICAL TIMES、238巻、4号(2015)、p.16-21
- 村木駿介、山本翔也、真田俊之、渡部正夫: 日本機械学会論文集、Vol.83、No.848(2017)、p.1-17
- 三菱電機: 特許公報、P3415670(2003.4.4)