

球状氷粒子の製造方法に関する研究(疎水性液中の場合)*

平 栄蔵*¹・村上 収*¹

Study on Production Method of Ice Particle (in the Hydrophobe Coolant)

Eizo HIRA and Osamu MURAKAMI

本研究はトンネルの内壁に付着したすすなどの洗浄，ビル外壁や大型鉄骨構造物等の塗装面の剥離・除去などを人や環境にできるだけ負荷を与えずに行う「人及び環境を考慮した洗浄システムの開発」を目標としている。本研究では，エアブラスト用研磨材として通常用いられている砂やセラミックス材の代わりに，飛散しても比較的衛生的な氷の粒子を高速で被洗浄物に衝突させ，表面の汚染物などを剥離除去・洗浄するエアブラストの開発を想定している。今回は，(1)氷粒子を用いたエアブラストに関する実験，(2)エアブラスト用氷粒子の製造に関する基礎実験，の二つについて報告する。

キーワード：エアブラスト，過冷却水，疎水性液中，球状氷粒子

1 はじめに

機械部品などの付着物除去や塗装前工程での表面清浄に限らず，多くの加工工程では生産品の表面洗浄が必須とされている。この表面剥離洗浄のひとつの方法として，サンドブラスト法がある。これは高压空気に研磨材を混合させ加速し，対象物に衝突させて表面付着物を剥離除去するものである。

本研究では，この工程で用いられている研磨材の代替品として，氷粒子を用いる方法を提案している。氷粒子はもともと水であるため，研磨材に氷粒子を用いた洗浄時に研磨材が飛散しても，人および周囲の環境に与える影響が小さいこと，また屋外などのオープンな空間での作業が容易に行えるなどのメリットが考えられる。

本報では，(1)氷粒子を用いたエアブラストに関する実験について簡単に紹介するとともに，(2)過冷却水を用いたエアブラスト用氷粒子の製造に関する基礎実験について報告する。

2 氷粒子を用いたエアブラストの実験

* 環境を考慮した洗浄システムに関する研究(第2報)

*1 機械電子・デザイン部

平成12年度～14年度に，氷粒子を用いたエアブラストの実験を行った。この実験で用いた氷粒子はナイロン製の回転ブラシにより製造したもので，直径は1～2mmであった。

図1に氷粒子を用いたエアブラスト実験を示す。実験では，エアガンの空気圧を約3.0気圧で

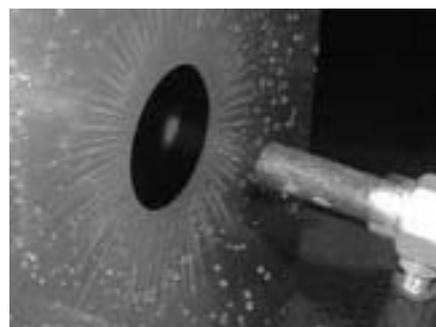


図1 氷粒子を用いたエアブラストの実験

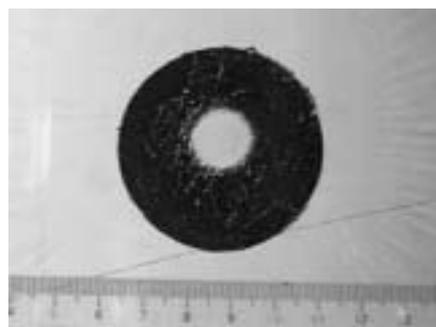


図2 氷粒子噴射後のターゲット

一定とし、ガンの前方約50mmにターゲットを固定して、氷粒子を約1分間噴射した。このターゲットは5mm厚のSUS板にマジックインクを塗布したものである。

図2に氷粒子噴射後のターゲットの写真を示す。ターゲットのマジックインクは氷粒子が衝突した瞬間に剥離・除去された。

図3に水を用いたエアブラストの比較実験を示す。実験は図1の氷粒子の実験と同様である。エアガンの空気圧を約3.0気圧で一定とし、ガンの前方約50mmにターゲットを固定して、水を約1分間噴射した。

図4に水噴射後のターゲットの写真を示す。ターゲットのマジックインクは水が衝突してもほとんど剥離・除去されていないことが分かる。



図3 水を用いたエアブラストの実験

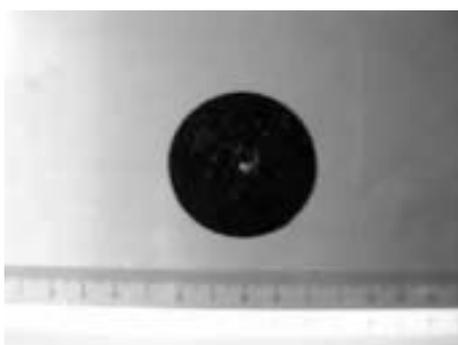


図4 水噴射後のターゲット

3 球状氷粒子の製造実験

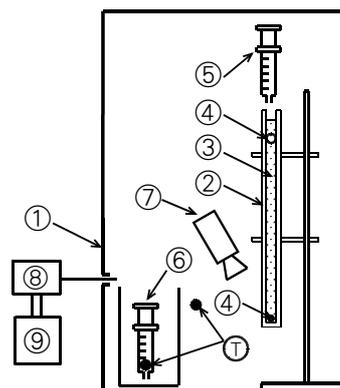
氷粒子を研磨材に用いたエアブラストの実験より、氷粒子の表面付着物剥離除去効果が確認された。そこで、氷粒子を研磨材としたエアブラストの実用化のための、氷粒子の連続製造に関する実験に着手した。

本研究では、過冷却水が有する特性、すなわち、0℃以下に冷却しても液体状態である水(過冷却水)を製造する。これに、物理的刺激を付与して過冷却状態を解除することにより発生する瞬間的表面凍結現象を利用して、球状氷粒子を製造する方法について検討する。

3-1 実験装置

図5に液中氷粒子製造実験装置を示す。アクリル角パイプに疎水性低温液体(この実験では軽油)を満たす。これに常温または冷却した水滴を滴下し、疎水性液体と水滴とを直接接触させて氷粒子を作る実験である。実験は、縦2700×横2700×高さ2200mmの内寸法で、プログラム制御方式の温度制御を備えた冷凍庫内に、アクリル製の角パイプ(内寸縦10×横10×高さ1000mm)を垂直に立て、これに疎水性液体(軽油)を満たした。

図6に実験装置の写真を示す。



①冷凍庫、②アクリル角パイプ、③疎水性液体(軽油)、④水滴、⑤小型注射器(1)、⑥小型注射器(2)、⑦デジタルカメラ、⑧データ記録装置、⑨ノートパソコン、T 温度センサー

図5 液中氷粒子製造実験装置



図6 液中氷粒子製造実験装置の写真

3-2 実験結果および検討

3-2-1 13℃の軽油に13℃の水滴を滴下した場合

この実験は冷凍庫を開放した状態で行った。水滴は水道水で、これに筆記用の赤インクを溶かしたものを用いた。これをツベルクリン用の注射器に0.04ml(水滴直径で約4.2mm相当)充填した後、滴下した。

実験はアクリル製角パイプの上部より所定量の水滴を滴下して、水滴が管底に達するまでの沈降時間をストップウォッチで計測した。また同時に管底部に沈降した水滴の挙動をデジタルカメラの動画機能(640×480ピクセル, 30フレーム/秒)を用いて撮影記録した。管底部にはあらかじめ0.5ml程度の着色水滴を貯留した。

図7に結果を示す。軽油及び水滴の温度は13℃, 水滴は0.04mlで、水滴が管底に達するまでに13秒を要した。画像の上に経過時間を示す。管底の液面に到達した後、その液面上に浮いた状態で静止した水滴は、0.4秒後、突然、管底の液面と一体化した。その後はその状態を保持した。

3-2-2 -9℃の軽油に17℃の水滴を滴下した場合

図8は軽油の温度を-9℃とし、これに17℃の水滴を滴下した場合の写真データである。滴下した水滴が管底まで到達するまでに要する時間は18秒であった。本画像より、水滴は管底の氷面に接触した後、右方向へ滑り落ちるように移動した。このような滑落現象はこの画像のほかにも多く見受けられた。目視による観察では、管底に到達した時点での水滴は凍結しておらず、液体の状態であった。実験後、軽油を除去して管底の氷を剥離したが、氷面とその後に滴下した水滴とは強固に付着し一体化していた。

3-2-3 -9℃の軽油に1℃の水滴を滴下した場合

図9は-9℃の軽油に1℃の水を滴下した場合の写真データである。滴下した水滴が管底まで到達するに要する時間は19秒程度であった。滴下した水滴は管底の氷面上に次々と氷柱のように堆積した。目視観察によると、水滴は氷面上に接触した瞬間に凍結するようである。すなわち、水滴

は、その沈降中は液体の状態であり、氷面に接触した時点で凍結が開始されると考えられる。実験後、軽油を除去して管底の氷を剥離したが、氷面とその後に滴下した水滴とは接点結合でゆるく結合しており、一体化はしていないようであった。

3-2-4 -9℃の軽油に-9℃の過冷却水滴を滴下した場合

図10は-9℃の軽油に-9℃の過冷却水滴を滴下した場合を示す。水滴が管底まで到達するまでに要する時間は21秒程度であった。過冷却水滴は先発の氷粒に接触した後、はね返ってわずかに浮き、そして沈み、再接触し静止状態となった。このことから、過冷却水滴は軽油中を沈降する間に過冷却解除され、水滴表面が凍結固化していたものと考えられる。なお、実験後、軽油を除去して管底の氷を剥離したが、氷面とその後に滴下した水滴とは容易に剥離した。

4 まとめ

冷却した疎水性液中(軽油)に水滴を滴下して球状の氷粒子を製造する実験を行った。本実験の範囲から、以下の知見が得られた。

- 1) 過冷却した水滴を疎水性液中に滴下した場合、過冷却水滴は疎水性液中を沈降する間に過冷却解除され、その表面が凍結すると考えられる。
- 2) 一方、過冷却していない水滴を滴下した場合、水滴は液体のまま管底に達し、そこで凍結着氷すると考えられる。

なお、本研究の内容については平成18年3月15日に特許出願した¹⁾。また、研究結果の一部については平成18年3月17日に日本機械学会九州支部59期総会・講演会で発表した²⁾。

5 参考文献

- 1) 宮崎県, 疎水性液中における球状氷粒子の製造方法及び製造装置, 特願 2006-70150
- 2) 平, 球状氷粒子の製造に関する研究(疎水性液中の場合), 日本機械学会九州支部第59期総会・講演会 No.0658-1, p.127~p.128 (2006)

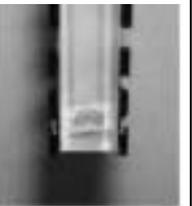
	0 秒	0.4 秒	0.8 秒	0.83 秒	0.86 秒
軽油 13℃ 水滴 13℃ 水滴量0.04ml 時間 13 秒 <0095h1>					
	底面接触前	底面接触	静止状態	突然一体化	静止状態

図7 実験結果（軽油温度13℃，水滴温度13℃の場合）

	0 秒	0.2 秒	0.4 秒	0.6 秒	0.8 秒
軽油 -9℃ 水滴 17℃ 水滴量0.04ml 時間 18 秒 <0097c1>					
	底面接触前	底面接触	右方向滑落開始	右方向へ滑落中	着氷・静止状態

図8 実験結果（軽油温度-9℃，水滴温度17℃の場合）

	0 秒	0.2 秒	0.4 秒	0.6 秒	0.8 秒
軽油 -9℃ 水滴 +1℃ 水滴量0.04ml 時間 19 秒 <0098g1>					
	氷面接触前	氷面接触前	氷面接触	着氷・静止状態	着氷・静止状態

図9 実験結果（軽油温度-9℃，水滴温度+1℃の場合）

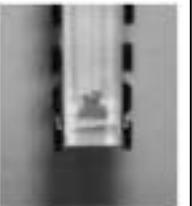
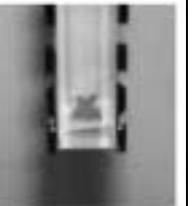
	0 秒	0.1 秒	0.2 秒	0.3 秒	0.4 秒
軽油 -9℃ 水滴 -9℃ 水滴量0.04ml 時間 21 秒 <0096b1>					
	氷面接触前	氷面接触	跳ね返り・浮上	沈降・再接触	着氷・静止状態

図10 実験結果（軽油温度-9℃，過冷却水滴温度-9℃の場合）