

球状氷粒子の製造方法に関する研究*

平 栄蔵*¹・村上 収*¹

Basic Study on Production Method of Ice Particle

Eizo HIRA and Osamu MURAKAMI

本研究は、微小水滴から直接的に直径数mmの球状氷粒子を低コストで多量に製造し、機械部品等の付着物除去や塗装前工程等での代替研磨材として用いることにより、人及び周囲環境に優しい洗浄システムの構築を目的とする。球状氷粒子の製法としては、例えば、氷塊を破砕して作る方法、球形の型を用いて作る方法、疎水性の低温液体と水滴とを直接接触させて氷粒子を作る方法などが提案されているが、本研究では不純物を含まず、任意の球径で、連続的に低コストで製造可能な装置開発を行う。今般、その第一ステップである水滴から直接的に球状氷粒子を製造する新たな方法に成功したので報告する。

キーワード：球状氷粒子、過冷却水、撥水表面、着氷

1 はじめに

機械部品等の付着物の除去や塗装前工程に限らず、多くの工程で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知られている。この方法は高压空気に研磨材を同伴させ加速し、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。

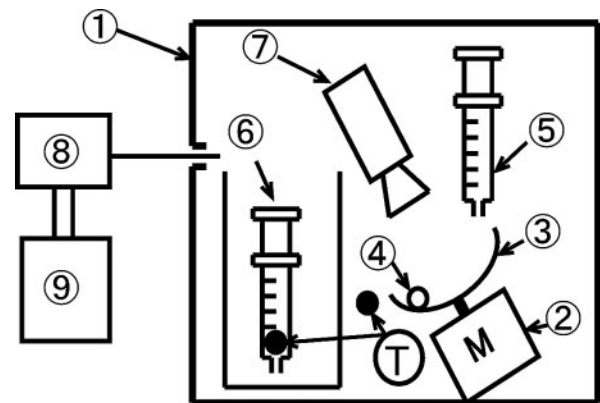
本研究では、この工程で用いられている研磨材の代替品として、氷粒子を用いる方法を提案する。氷粒子を研磨材に用いると、洗浄時に研磨材が飛散しても、もともと水なので人及び周囲環境に与える影響が小さいこと、また屋外などのオープンな空間での作業が容易に行えるなどのメリットが考えられる。本報では、上述の第1報として、揺動させた撥水面に滴下した水滴を冷却し、球状氷粒子を直接的に製造する実験に成功したので報告する。

2 実験方法及び装置

図1に球状氷粒子の製法に関する基礎実験装置の概要を示す。内寸がW600×H850×D800mmの

冷凍庫内に回転数可変ローターを置き、そのローター回転部に接触角150°(NTT-AT、カタログ値)の撥水塗料を塗布した陶器製の回転皿(内径95mm、深さ20mm)をセットした。回転皿は滴下した水滴を自転させるために約15°傾けられている。

図2に装置の写真を示す。



①温度制御型冷凍庫、②スターラー、③撥水塗料を塗布した回転皿、④水滴または氷粒子、⑤小型注射器、⑥小型注射器、⑦放射温度計またはデジタルカメラ、⑧データロガー、⑨ノートパソコン、T：極細温度センサー

図1 実験装置の概要

* 環境を考慮した洗浄システムに関する研究
(第1報)

* 1 機械電子・デザイン部

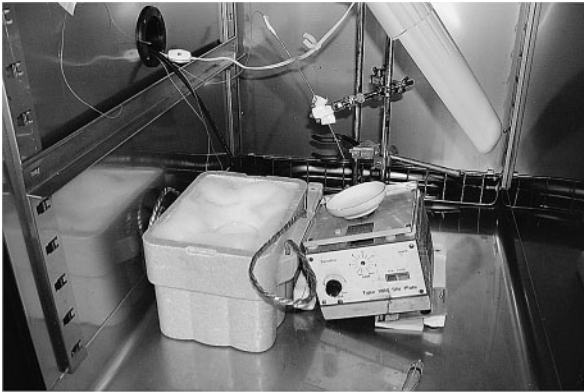


図2 実験装置の写真

3 結果及び考察

3-1 21±2℃及び2±1℃の水滴を滴下した場合

実験は冷凍庫内の温度を、-5℃、-10℃で30分以上放置し一定とした後、ドアを開けマイクロピペットを用いて、21±2℃及び2±1℃の水滴（水道水）20 μ l（水滴直径で約3.4mm）を撥水処理した回転皿に滴下し、ただちにドアを閉め、水滴の様子を観察した。

表1に実験結果をまとめて示す。表1左の冷凍庫内設定温度が-5℃の場合を例に測定法等について説明する。回転撥水皿の表面温度は水滴の滴下とほぼ同時に放射温度計を用いて測定した。滴下水の温度は外部に設置した給水タンク内の水温である。滴下水量はマイクロピペットを用いて設定し、また回転皿の回転数は実験前に調節した。この実験では、滴下後の水滴は回転撥水皿上で球状となり皿の回転に合わせてほぼ同位置で自転していたが、125秒後に撥水面上に着氷した。表1

の冷凍庫内設定温度が-10℃の実験の場合も-5℃の場合とほぼ同様で、滴下後の水滴は回転撥水皿上で球形となり暫くの間自転した後、撥水面上に着氷した。

表1右は水滴の温度を2±1℃とした場合の結果を示す。この場合も、表1左の場合とほぼ同様で、滴下された水滴は回転皿上で暫くの間自転した後、皿の撥水面上に着氷した。

これらの結果より冷凍庫内および回転撥水皿の温度は低温度になるほど、また水滴の初期温度は低温度となるほど水滴滴下から着氷するまでの時間は短縮するが、いずれの場合も撥水面へ着氷することがわかる。

3-2 -5℃及び-10℃の過冷却水を滴下した場合

表2に-5℃及び-10℃の過冷却水を回転撥水皿に滴下した場合の結果を示す。この実験での過冷却水は超小型注射器2本を用い、ともに20 μ l（水滴直径で約3.4mm）の水道水を充填し、冷凍庫内で除冷して作成した。充填水の温度は注射器(2)に極細温度センサーを挿入して測定した。冷凍庫内温度が設定値で安定した後、滴下用の注射器(1)内の過冷却水を回転撥水皿に滴下し、ほぼ同時に撥水面温度を放射温度計で測定した。そしてドアを閉めて水滴の経過を観察した。表2より-5℃及び-10℃の場合ともに、過冷却水滴は回転撥水皿表面で球形となり回転皿に伴い自転したが、約10秒後に透明であった水滴が灰色に変色した。この時、水滴の表面が凍結固化したものと考えられる。その後、表面凍結固化した水滴（氷粒

表1 21±2℃及び2±1℃の水滴を滴下した場合の実験結果

	21±2℃の水滴を滴下した場合		2±1℃の水滴を滴下した場合	
冷凍庫内設定温度 ℃	-5	-10	-5	-10
回転皿撥水面温度 ℃	-4	-7	-3	-7
滴下水滴温度 ℃	22.2	20.9	1.1	
滴下水量 μ l	20	20	20	20
回転皿回転数 rpm	60	60	60	60
実験結果	上述の水は回転撥水皿上で球形の水滴となり自転していたが、125秒後に皿上に着氷した。	上述の水は回転撥水皿上で球形の水滴となり自転していたが、25秒後に皿上に着氷した。	上述の水は回転撥水皿上で球形の水滴となり自転していたが、45秒後に皿上に着氷した。	上述の水は回転撥水皿上で球形の水滴となり自転していたが、15秒後に皿上に着氷した。

表2 -5℃及び-10℃の過冷却水を滴下した場合の実験結果

冷凍庫内設定温度	℃	-5	-10
撥水面温度	℃	-4	-8
過冷却水滴温度	℃	-4	-8
滴下水量	μl	20	20
回転皿回転数	rpm	60	60

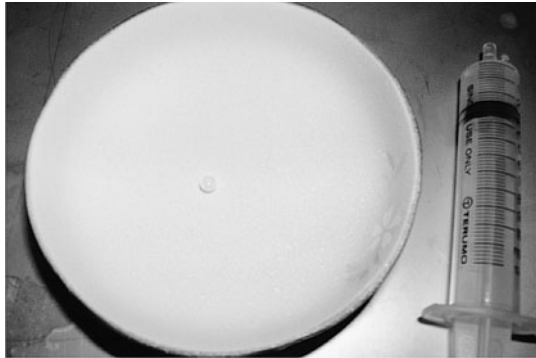


図3 球状氷粒子の写真

子)は撥水面に着氷することもなく、自転し続け内部まで完全凍結した。

4 まとめ

球状氷粒子の製造を目的に基礎的実験を行った。本実験の範囲から以下の知見が得られた。

- 1) 揺動した撥水面に過冷却水を滴下する方法で、直径数mmの球状氷粒子を製造することが可能であることを見いだした。
- 2) 揺動した撥水面に過冷却していない水滴を滴下した場合は、本実験範囲では全てが撥水面に着氷し、球状氷粒子の製造は不可能であった。なお、本研究の内容については平成16年9月6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16年11月6日開催の日本機械学会山口地方講演会で発表した²⁾。

5 参考文献

- 1) 平 栄蔵, 村上 収, 布施泰史, 球状氷粒子の製造方法と製造装置, 特願2004-258254
- 2) 平 栄蔵, 球形氷粒子の製法に関する基礎的研究, 日本機械学会山口地方講演会 No.45(2), p.117~p.118(2004)