

球状氷粒子の製造法に関する研究(空中解除の場合)*

平 栄蔵*¹

Study on Production Method of Ice Particles (Freezing of Supercooled Water in Air)

Eizo HIRA

本研究は、-5 ~ -10 °C 程度まで過冷却した水滴に物理的な刺激を与えて直径数ミリの球状氷粒子を製造する装置開発を目標としている。直径数ミリの球状氷粒子は、(1)その硬度を利用して、低温度でのショットピーニング加工や金型等表面付着物の衝突剥離洗浄、屋外構造物等の塗装面の剥離除去、また(2)その冷たさを利用して、夏場の畜舎や体育館等の緊急避難的な冷房用低熱源として活用するなど、多様な展開が期待される。すでに、第 1 報¹⁾として過冷却水滴を撥水处理した回転皿上に滴下して過冷却解除する方法、また第 2 報²⁾として過冷却水滴を疎水性液面に滴下して過冷却解除する方法を報告した。本報では、過冷却した水滴を空中に放出して、空中で過冷却解除する方法について報告する。

キーワード：氷粒子、過冷却水、空中解除、粉末氷粒

1 はじめに

報告者らは、固体面の表面付着物を剥離洗浄するサンドブラスト法の代替研磨材として、また生鮮食品用の保冷材、冷房用低熱源などへの適用を想定した直径 1 ~ 5mm 程度の球状氷粒子を多量に製造する装置に関する研究を実施している。

従来の球状氷粒子の製造法としては、例えば、氷塊を破碎して作る方法や球形の型を用いて作る方法、液体窒素のような極低温寒剤を用いて微小氷粒子を瞬間的に製造する方法など、多くの提案がなされている。本研究では過冷却した水滴の瞬間凍結現象を用いた氷粒子の製造法を取り扱う。

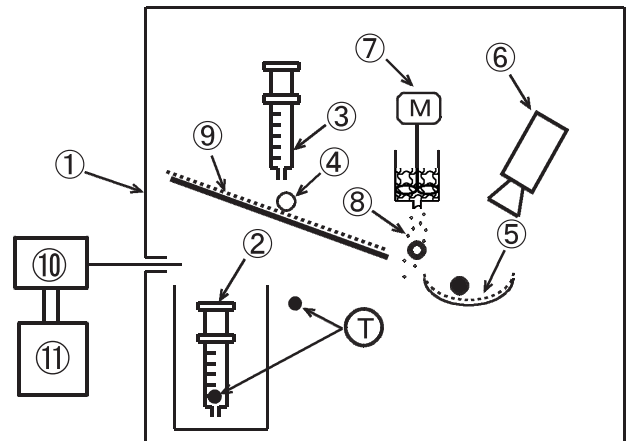
本報は、過冷却した水滴の落下中に過冷却解除させ、水滴表面を凍結固化する方法について報告する。

2 実験装置および方法

図 1 に、過冷却した水滴の落下中に粉末氷粒と接触させることにより過冷却解除し、氷粒子を作る基礎実験装置の概要を示す。内寸法が縦 2700 × 横 2700 × 高さ 2200mm のプログラム温度制御

方式の冷凍庫内に撥水处理したスロープ、粉末氷粒散布器、水滴を受ける吸水性のタオルおよび水滴の挙動を記録するデジタルカメラを設置した。

実験は、スロープに所定の温度の水滴を小型注射器により滴下し、滴下水滴の落下中に散布した粉末氷粒と接触させ、吸水性タオルで受けとめる方法を採用した。



①冷凍庫、②小型注射器(1)、③小型注射器(2)
④水滴、⑤吸水性タオル、⑥デジタルカメラ、
⑦粉末氷粒散布器、⑧粉末氷粒、⑨撥水处理スロープ
⑩データロガー、⑪ノートパソコン、
T：温度センサー

図 1 実験装置

* 球状氷粒子の製造法に関する研究(第 3 報)

* 1 機械電子部

3 実験結果および検討

3-1 常温の環境下で常温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。水滴は水道水に赤インクを溶かしたもので、これを注射器に 0.04 ミリリットル充填した(水滴直径で約 4.2mm)。実験は撥水処理したスロープの上流部より所定量の水滴を滴下し、水滴がスロープを転がり落下して吸水性タオルの上に着地する場合の挙動をビデオカメラで撮影した。ビデオカメラの画像は 1 コマ毎(1/30 秒毎)に静止画化した。

図 2 に結果を示す。水滴及び周囲環境の温度は 23 °C、水滴は 0.04 ミリリットルである。吸水性タオル面に着地した水滴は瞬間的にタオル表面に拡散して染み込むことがわかる。時間経過とともにやや拡散拡大している。

3-2 -9°Cの周囲環境下で+0.3°Cの水滴を滴下した場合

図 3 は冷凍庫の温度を -9 °C に設定し、+0.3 °C の水滴を滴下した場合の水滴の挙動を示す。図 2 と同様にタオル表面へ着地した着色水滴はタオル面へ拡散して染み込むことがわかる。染み込んだ水滴はしばらくして強固に凍結固化した。

3-3 -9°Cの周囲環境下で-9°Cの過冷却水滴を滴下した場合

図 4 は冷凍庫の温度を -9 °C に設定し、徐冷法により作製した -9 °C の過冷却水滴を滴下した場合の水滴の挙動を示す。図 3 と同様にタオル面に着地した水滴はタオル面へ染み込むが、時間経過してもほとんど拡散拡大はせず、着地時点のままである。すなわち、過冷却水滴はタオル面へ着地し、タオル面と衝突した瞬間に過冷却解除が起こり、瞬間的に水滴表面が凍結固化する。このため、拡散が阻止されて、タオル表面に付着したように見える。

3-4 -9°Cの周囲環境下で-9°Cの過冷却水滴を滴下し、その落下中に粉末氷粒を接触させた場合

図 5 は -9 °C の周囲環境下で、徐冷法により作製した -9 °C の過冷却水滴を滴下し、その落下中に粒径 1.5mm 以下の粉末氷粒を散布した場合の水滴の挙動を示す。吸水性タオル面に着地した水

滴は球状の氷粒子となっていることがわかる。すなわち、過冷却水滴の落下中に粉末氷粒と接触、または衝突して過冷却解除が発生し、瞬間的に水滴表面が凍結固化したものと考えられる。このことは、この実験の前に行った予備的実験、つまり撥水処理した皿上に過冷却水滴(滴径約 4mm)を静止させ、その上から粒径 1.5mm 以下の粉末氷粒を散布した際、粉末氷粒が過冷却水滴に接触した瞬間に過冷却解除が発生し、水滴表面が凍結固化したことから、これと同様の現象が発生したものと考えられる。

4 まとめ

-9 °C の環境下で、徐冷法により作製した -9 °C の過冷却水滴の落下中に粒径 1.5mm 以下の粉末氷粒を散布し、過冷却水滴と接触させたところ、水滴は空中解除し、吸水性タオル上に球状の氷粒子が生成した。

今後、過冷却水滴の空中解除に関与する粉末氷粒の粒径、散布方法、着地法などについて詳細な実験を行う予定である。

付記 本報告の一部は、平成 19 年 10 月 20 日、日本機械学会沖縄講演会で発表した(平 栄蔵、球状氷粒子の製造法に関する研究(空中解除の場合)、日本機械学会沖縄講演会 No.078(2)、p.219 ~ p.220(2007))。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 平 栄蔵、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)

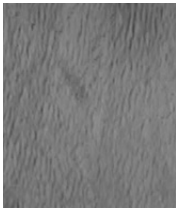
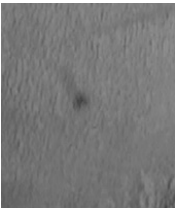
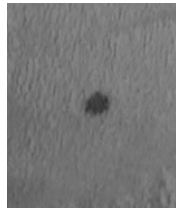
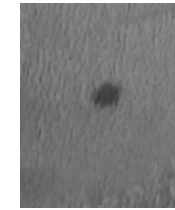
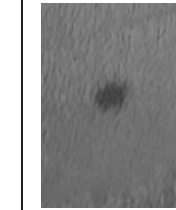
空気温度 23°C 水滴温度 23°C 水滴容量0.04ml	0 秒	0.03秒	0.07秒	0.2秒	0.5秒
					
	水滴落下中	布面着地前	布面着地	布への拡散	安定

図2 実験結果（空気温度 23°C、水滴温度 23°C）

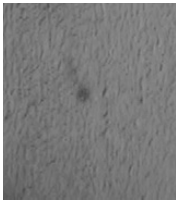
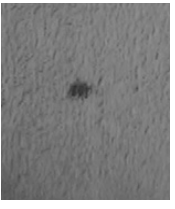

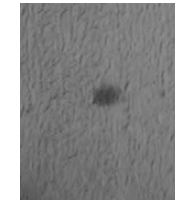
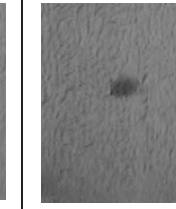
空気温度 -9°C 水滴温度+0.3°C 水滴容量0.04ml	0 秒	0.03秒	0.07秒	0.2秒	0.5秒
					
	水滴落下中	布面着地	布面着地後	布への拡散	安定

図3 実験結果（空気温度 -9°C、水滴温度 +0.3°C）

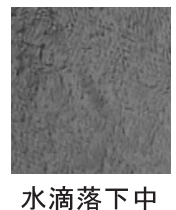
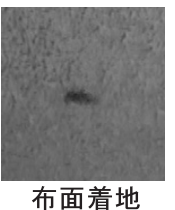
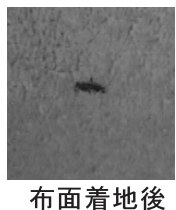
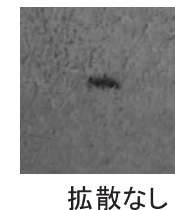
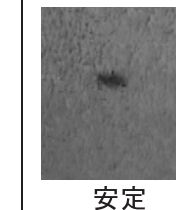
空気温度 -9°C 水滴温度 -9°C 水滴容量0.04ml	0 秒	0.03秒	0.07秒	0.2秒	0.5秒
					
	水滴落下中	布面着地	布面着地後	拡散なし	安定

図4 実験結果（空気温度 -9°C、水滴温度 -9°C）

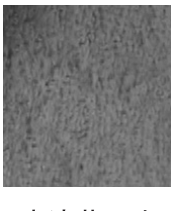
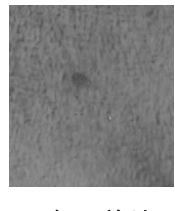
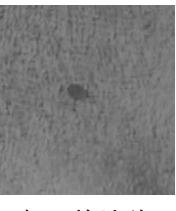
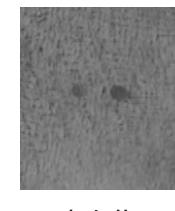
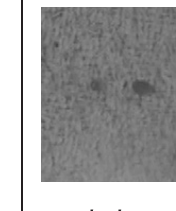
空気温度 -9°C 水滴温度 -9°C 粉末氷粒 -9°C 水滴容量0.04ml	0 秒	0.03秒	0.07秒	0.2秒	0.5秒
					
	水滴落下中	布面着地	布面着地後	破片落下	安定

図5 実験結果（空気温度 -9°C、水滴温度 -9°C、粉末氷粒温度 -9°C）