

学位論文内容の要旨

雪結晶生成時の精密な湿度測定を目的として、散乱光検知方式を採用した光学式超小型センサタイプの鏡面冷却式鏡面露点計 FINEDEW のセンサ部の改良を行ない、装置の校正と精度について検証し、測定方法を確立した。また、これを対流型人工雪結晶生成装置内に設置し、 -3.5°C から -39.4°C までの温度で約 200 回の雪結晶生成実験を実施して雪結晶生成時の湿度および気温と生成する雪結晶との関係を調べたところ下記 1)~5)の結果が得られた。

1) FINEDEW による湿度測定方法の確立とその優位性

FINEDEW は鏡面露点計が持つ高い精度・安定性という利点と、コンパクトで測定環境に直接挿入でき、応答性・追従性に優れているという特性を併せ持ち、これを使つての湿度測定には結晶生成点近傍での直接かつリアルタイムの測定が可能であるなど、従来の人工雪生成の実験・研究における湿度測定方法にはない優位な点がある。

センサ部の改良と測定手順の確立により、 0°C 近くから -40°C までの広い温度範囲で $\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ (-20°C の湿度で $\pm 1.7\%$)の精度で露点(霜点)温度測定が可能であり、人工雪結晶生成実験における湿度計測に適用できる。

2) 温度、湿度条件と結晶の形状

結晶の形状を決める主要な条件として、まず結晶生成時の温度条件が大きく影響する。

湿度条件に着目すると、比較的低湿度条件においては 0°C ~ -40°C までの広い温度域で角柱結晶あるいは厚い角板結晶が生成し、高湿度条件では -5°C ~ -8°C で針状、 -15°C ~ -19°C で樹枝状などその温度特有の結晶形が現れることが確かめられ、この点でこれまでの研究と一致した。さらに、特に -35°C 以下では高湿度のもとで多結晶を含む多様な結晶が生成することが判明した。

3) 水飽和を超える条件での結晶生成

結晶はおおむね氷飽和から水飽和の間で生成し、Nakaya(1954)の雪結晶ダイヤグラム、あるいは拡散型の装置に見られるような水飽和を超える成長条件は見られない。これは氷飽和に対する気相としての相対湿度 RH_i を測定している本研究に対し、Nakaya(1954)では装置内に浮遊する微小水滴を含めた全水分量を測定しているため、拡散型の装置は過冷却微小水滴の存在しない実験的な環境で高過飽和を得ていることにある。

本研究により、これまでに議論のあった対流型装置による水過飽和湿度条件下の結晶生成について、微小水滴の存在によるものであることを実験的に明らかにすることができた。

4) 氷未飽和での結晶生成

対流型装置による本実験では氷飽和を下回る条件でも結晶が生成する場合があった。未飽和での結晶成長は考えにくいことから、この時には浮遊している多くの微小水滴の温度や曲率の効果等によって結晶の表面付近では過飽和となって気相成長している可能性や、

微水滴が結晶に直接付着することによる成長など、微水滴の存在が結晶成長に寄与していることが考えられる。

5) 結晶の成長速度

針状結晶、樹枝状結晶、及び -30°C 以上での交差角板結晶では成長速度は湿度にほぼ比例して大きくなる。しかし扇形結晶・角板結晶や -30°C 以下での交差角板結晶では湿度によらずほぼ一定となる傾向を示すことがわかった。

論文審査結果の要旨

雪結晶生成時の精密な湿度測定を目的として、散乱光検知方式を採用した光学式超小型センサタイプの鏡面冷却式鏡面露点計 FINEDEW のセンサ部の改良を行ない、装置の校正と精度について検証し測定方法を確立した。これを対流型人工雪結晶生成装置内に設置して、雪結晶生成条件を調べたところ下記の結果が得られた。

- 1) FINEDEW による湿度測定方法の確立： センサ部改良と測定手順確立により、 $0\sim-40^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲で $\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ の精度で露点(霜点)温度測定を可能とした。
- 2) 温度、湿度条件と結晶形状： 低湿度条件においては $0^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ までの広い温度域で角柱結晶や厚い角板結晶が生成し、高湿度条件で樹枝状など温度特有の結晶形が現れ、 -35°C 以下の高湿度では多結晶を含む多様な結晶が生成した。
- 3) 水飽和を超える条件での結晶生成： 結晶は氷飽和から水飽和の間で生成し、水飽和を超える成長条件は見られない。よって、これまでに議論のあった対流型装置での水過飽和湿度の結晶生成は、微小水滴の存在によることを明らかにした。
- 4) 氷未飽和での結晶生成： 本実験では氷飽和を下回る条件でも結晶が生成する場合があった。その原因は浮遊している微小水滴の存在が考えられる。
- 5) 結晶の成長速度： 針状結晶、樹枝状結晶、及び -30°C 以上での交差角板結晶では湿度に依存して大きくなるが、扇形結晶・角板結晶や -30°C 以下での交差角板結晶などは湿度依存の傾向は少ない。

これらは雪結晶生成の実験方法および雪結晶成長条件に関して新知見を得たものであり、雪氷学の雪結晶分野において大きな貢献をしている。よって、申請者は北見工業大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。