

406 雪冷房における除湿システムの基礎研究

The dehumidification system in sow air-conditioning

○学 石倉 聖之(室工大・院) 正 媚山 政良(室工大)

正 榎 清(室工大)

Ishikura MASAYUKI, Dep. of Mechanical Systems Eng. Muroran Institute of Technology, Muroran
 Masayoshi KOBAYAMA, do.
 Kiyoshi ENOKI, do.

In this paper, the authors investigated a new storing method of onions for a long time by means of the snow which is a kind of natural energy. In the cold storage room "HIMURO", which is widely used for storing agricultural products, the temperature is 2~3°C and the relative humidity is about 95%. It is said that the suitable storing condition of onions is 0°C of low temperature and 70%RH of middle humidity. If we use the HIMURO for storing onions, we must degrade the humidity continuously. In this paper, the authors tried to use cryogen composed with snow, water and propylene glycol (PG), to establish new dehumidification system by freezing point depression. The authors cleared the effects of concentration of PG and the flow rate of cryogen on the temperature of cryogen, that is freezing mixture, experimentally.

Key word : snow air-conditioning, HIMURO, onion, cryogen, freezing point depression

1. 緒言

エネルギー需要の大半を将来必ず枯渇する化石燃料や核燃料に依存している現代社会において、再生が可能で枯渇のおそれがなく、安全で環境に優しい自然エネルギーの使用を検討し、その長所を生かした利用技術を開発しておく必要がある。

本研究では、自然エネルギーの一種である雪を利用した雪冷房により、「玉葱」を長期間貯蔵するのに必要な技術の開発を行う。玉葱は長期貯蔵が難しい農産物の一つであり、貯蔵に適した環境は、低温(0°C程度)、中湿度(70%RH)である。この環境下での絶対湿度(約0.0026kg/kgDA)を雪を用い、連続的に作り出す方法の一つとして、本研究ではプロピレングリコールを用いた寒剤¹⁾による雪の融点降下を使用した除湿システムを提案する。また、寒剤によって得られる低温の雪融解水の温度を詳細に測定し、これを利用した除湿システムを構築する上で必要な基礎データの収集を行い、検討、考察したのでその結果を報告する。

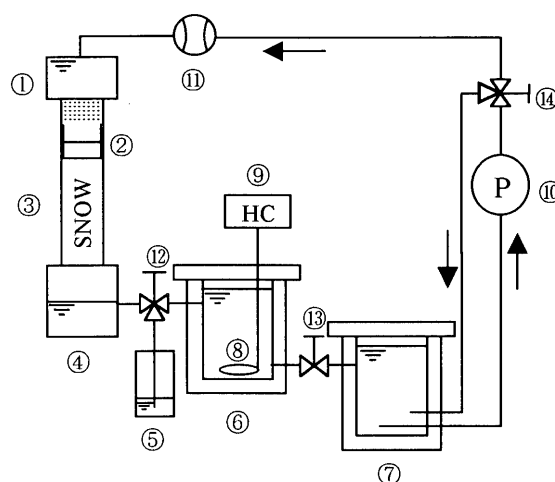
2. 実験装置および測定方法

従来より農産物の低温貯蔵に用いられている氷室型農産物保冷库内における熱的環境では、温度は2~3°Cであり、湿度は95%RH程度である。しかし、玉葱の長期貯蔵を目標とした環境は0°C、70%RHであり、氷室内で玉葱を貯蔵するには、より低温で湿度の低い冷熱源(本研究では寒剤を使用)を作り、氷室内の空気中の水分を連続的に凝縮除去する必要がある。0°C、70%RHの環境下での絶対湿度は約0.0026kg/kgDAとなり、-5°C以下の雪融解水を作る必要がある。そのため本研究では寒剤を用い-5°C以下の融解水を連続的に作ることを目標とする。

様々な薬品を試験した結果、到達最低温度とその持続時間また環境にも影響の少ない性質である等の観点からプロピレングリコール(PG)を寒剤として使用することとした。

図1は実験装置概略図である。主に冷凍室内に設置された本実験装置は主にポンプ、流量計、シャワー部、貯雪部、

融雪装置、排出部、調節タンクから構成されている。設定濃度、設定温度に調節された寒剤はポンプによって吸上げられ、シャワー部、貯雪部内の融雪装置を経て排出部に至る。この時の貯雪部の各高さ、および排出部における寒剤温度の変化を測定した。雪を透ったことで低温・低濃度になった寒剤は調節タンクにて設定値に調節した後、装置を循環させた。シャワー部底面のノズル部分には直径1mmの穴を10mm間隔で格子状に129個製作した。貯雪部は高さ1150mm、内径155mmの円筒容器で最下部から高さ1000mmまで雪密度600kg/m³とし雪が詰め込んだ。実験条件は、寒剤入口温度5°C、重量濃度20, 30, 40wt%, 流量350, 700g/minをパラメータとして実験を行なった。



①Header ②Melting equipment ③Storing space of snow
 ④Chilled water ⑤Release tank ⑥Adjust tank1
 ⑦Adjust tank2 ⑧Heater ⑨Heat controller ⑩Pump
 ⑪Flowmeter ⑫⑬⑭Valve

Fig.1 Schematic diagram of experimental equipment

3. 実験結果および考察

3.1 流量による(含PG)融解水の温度変化

寒剤濃度 30wt%・流量 350 および 700g/min における(含PG)融解水の温度変化を図2に示す。流量 350g/min の場合、実験開始後 40 分で融解水温度は-8~-9°Cとなり、この温度は、雪が融け切る直前の 300 分後まで持続し、安定していた。なお、融解水の温度は流量の違いによっては変化しなかったことから PG の寒剤 30wt%では、-8~-9°Cが取り出せる温度であることがわかる。また流量 700g/min より 350g/min のほうがより安定して低温度の融解水を取り出せることがわかる。これは、PG の寒剤 30wt%の 700g/min では、流量が多いため十分に雪と熱交換されずにそのまま排出部へと流れ込んだためと考えられる。

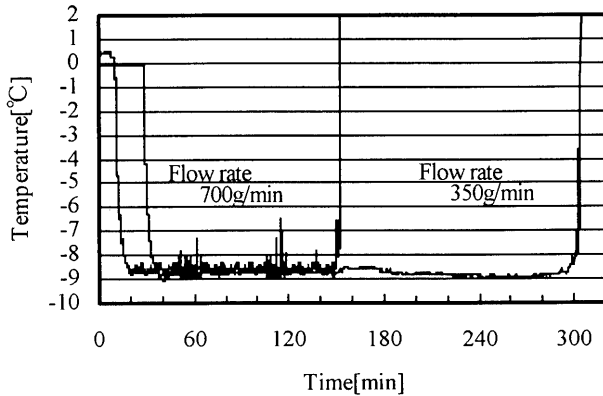


Fig.2 Temperature change in the difference flow rate

3.2 濃度による(含PG)融解水の温度変化

濃度による融解水の温度変化を図3に示す。流量は 700g/min、一定であり、同図では、十分に温度が下がり安定するまでの変化を示している。濃度の高い寒剤ほど凝固点が低くなり、より多くの潜熱を雪から奪っていることがわかる。濃度が高くなるにつれ、安定した低温度を取り出すことができなくなっている。これは、増水した融解水および PG 水溶液が流れ込むことで、雪との熱交換が行われづらくなり、結果として十分に冷却されずに排出されてしまうものと考えられる。これらより、濃度が高いほど寒剤温度は低くなるが、温度変化が不安定であり、制御が難しいものと考えられる。

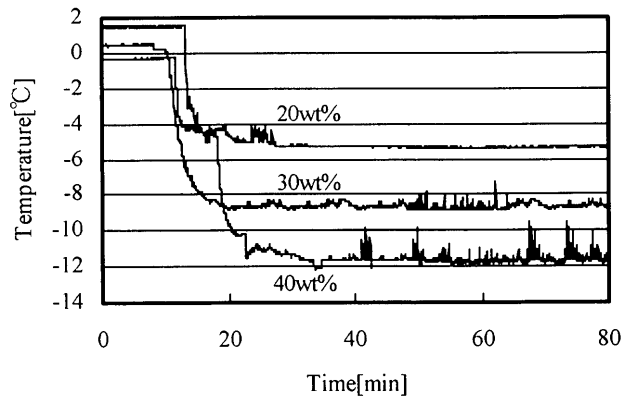


Fig.3 Temperature change in each concentration

3.3 濃度変化における残雪率と温度効率

PG の濃度変化による PG 水溶液の凝固点の変化を図4に示す。なお、同図には理論式による値も併記してある。

理論式による PG 水溶液の凝固点は、次の式により算出される。

$$\Delta T^* = K_f \cdot m \quad (1)$$

K_f : モル凝固点降下[°C・kg/mol]、 ΔT^* : 凝固点降下度[°C]

$$T^*_{PG} = T_{snow} - \Delta T^* \quad (2)$$

T_{snow} : 雪の凝固点[°C]、 T^*_{PG} : 理論上 PG 水溶液の凝固点[°C]

$$m = \frac{w/M}{W/1000} \quad (3)$$

M : 溶質の分子量、 w : PG 水溶液 1000g 中の溶質質量[g]

W : PG 水溶液 1000g 中の溶媒質量[g]、 m : 重量モル濃度[mol/kg]

このように導き出され、重量モル濃度に比例することがわかる。しかし、この理論式から得た凝固点は 10wt%以上の高濃度領域で実験値からずれていくことがわかる。

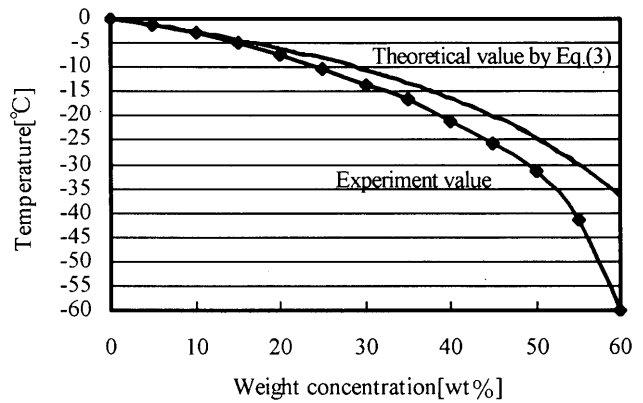


Fig.4 Freezing point and weight concentration

この実験値を基に残雪率における温度効率 η を導いたものを図5に示す。温度効率 η は、以下の式により導いた。

$$\eta = \frac{t_{in} - t_{out}}{t_{in} - T_{PG}} \quad (4)$$

t_{in} : 貯雪部入口のPG水溶液温度[°C]、 t_{out} : 貯雪部出口のPG水溶液温度[°C]

T_{PG} : PG 水溶液の凝固点(実験値) [°C]

図のように 20wt%は平均温度効率 0.8 以上と無駄なく低温度を取り出しているが、40wt%は温度効率が平均約 0.65 と低く、低温度を取り出せるが PG の量が多くなり効率が良いとはいえない。また、温度効率 η は雪の残存率にあまり影響を受けてはいないことがわかる。

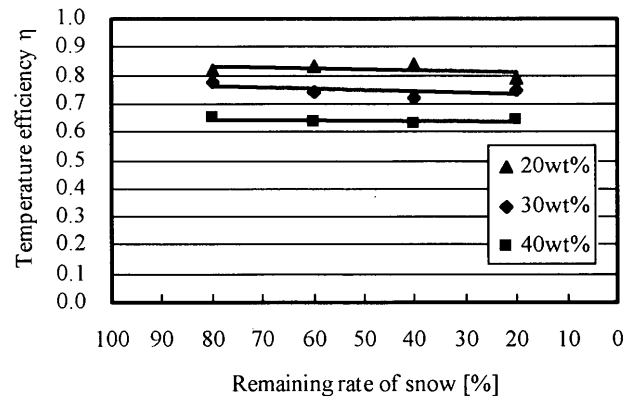


Fig.5 Effect of remaining rate of snow and temperature efficiency

4. 結言

- ・ 融解水を連続的に低温度で取り出すことが可能である。
- ・ 温度効率 η は雪の残存率にあまり影響を受けず、安定した効率を得ることができる。
- ・ 目標とする融解水温度-5°C以下にするためには、最低でも 20wt%以上の PG が必要である。
- ・ 40wt%では、低温度の融解水を得ることが可能だが、温度効率は悪い。

参考文献

- 1) 加藤 舜郎, 光琳書院, 食品冷凍の理論と応用, 1972, 48-66