



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	雪を利用した冷房装置の空気清浄効果
Author(s)	飯嶋, 和明; 媚山, 政良; 川村, 昌彦
Description	第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 建築環境・エネルギー利用 . 3-12
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 93-96
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7109
Type	departmental bulletin paper
File Information	10-3-12_p93-96.pdf



3-12

雪を利用した冷房装置の空気清浄効果

飯嶋和明（三機工業）、媚山政良（室蘭工業大学）、川村昌彦（三機工業）

1. はじめに

雪をクリーンな冷熱源として有効に利用する動きが活発になってきている⁽¹⁾。利用方法の一例を図1に示す。蓄えた雪の塊に穴をあけて空気を流し、雪表面で直接冷却し、冷やされた空気を室内に供給して冷房を行う。この方法は、構成機器点数が少ないこと、雪が減少する影響をほとんど受けずに冷房能力が安定していることなどの利点がある⁽²⁾⁽³⁾。もう一つの利点として、雪表面に空気が直接接触するために空気中に含まれる水に溶けやすい汚染物質が雪表面で吸収され除去できることがあげられる⁽⁴⁾。本研究は、室内の汚染ガスとして問題になりやすい、アンモニア、ホルムアルデヒド、トルエン、エタノール、たばこの煙を対象に実用的な大きさの装置を用い実験を行い、空気清浄効果について調べた。

実験の結果、30℃の温風を約13℃まで冷却できる運転条件で、アンモニア、ホルムアルデヒド、エタノールなどの水溶性ガスは約40%除去できることを確認した。また、たばこの煙に含まれるニコチン、ホルムアルデヒドも除去でき、雪表面における空気清浄効果は実用的であることを明らかにした。

2. 装置および方法

2.1 実験装置

実験装置のフローを図2に示す。送風機によって空気を設定流量で貯雪槽内に送り込む。空気温度は夏の冷房時を想定して、自動調節器を取り付けたヒータを用いて30℃に調整する。試験ガスであるたばこの煙、アンモニアガスなどは各発生源から設定濃度になるように一定流量供給する。空気の流量はオリフィス式流量計によって測定する。また、ガス濃度を測定するためのサンプリング口は貯雪槽入口と貯雪槽出口とに設けた。

貯雪部は一辺1mの正方形の断面を持ち、雪を高さ2000mmまで詰めることができる。貯雪槽壁面は厚さ100mmのポリスチレンフォームで断熱した。貯雪槽の入口は内径100mmの丸ダクトとし、槽上部に整流板を設けて風速分布を整えている。槽下部にはエキスパンドメタルを設け雪と融雪水の分離および空気の流路の確保をしている。

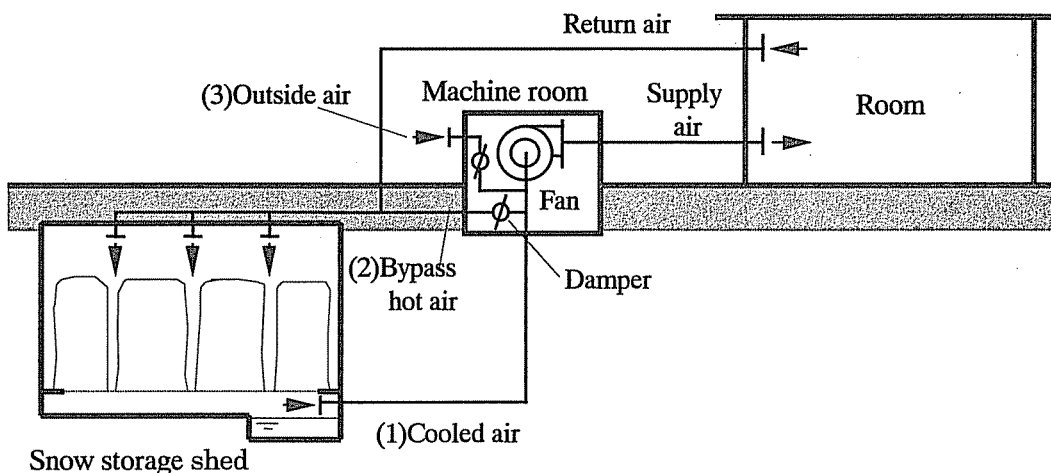


Fig. 1 Schematic diagram of snow cooling system

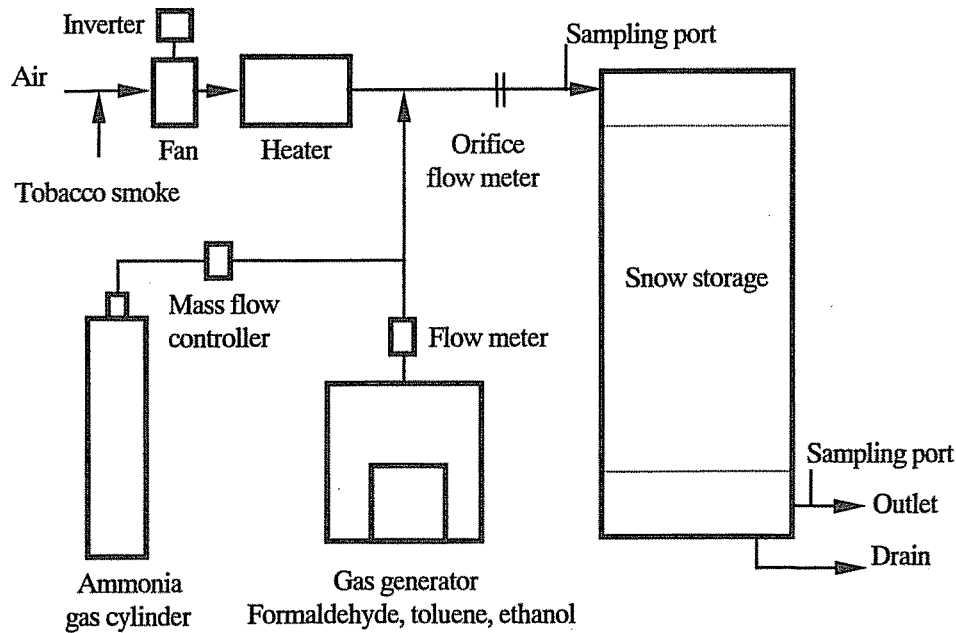


Fig.2 Schematic diagram of experimental apparatus

2.2 実験方法

雪は重さを計測した後に貯雪槽内に運び込み、十分に踏み固めてできるだけ充填密度にばらつきがないように配慮した。雪の中央に直径約 50mm の孔を水道水を用いて上から下に貫通させて空気の通路を作った。実験は除去対象となるガスごとに行い、一度詰めた雪が 80% 解けるまで行った。除去対象としたガスは、アンモニア、ホルムアルデヒド、エタノール、トルエン、およびたばこの煙である。各ガスの分析方法を次に示す。アンモニアはアンモニアガス分析器（モデル M-17 サイロエレクトロニクス社製）を用いて測定する。エタノールはシリカゲルにより吸着捕集後、ガスクロマトグラフィーにより測定する。ホルムアルデヒドは吸収液を入れたインキュベーターにより吸収捕集後、吸光分析計で測定する。トルエンは TENAX GR で捕集後、GC/MS で測定する。たばこの煙に含まれる揮発性の有機化合物（VOCs）もトルエンと同じ方法で測定する。たばこは日本で最もたくさん吸われているセブンスターを用いた。たばこ喫煙装置を用いて一本のたばこを国際標準喫煙条件（吸煙容量 35cm³、吸煙間隔 1 分/1 服、吸煙時間 2 秒/服）で喫煙し続けて、煙を発生させた。

3. 結果および考察

本研究においては次の式で定義した除去率を用いて実験結果を整理する。

$$\eta = (1 - C_{out} / C_{in}) \times 100 \quad (1)$$

ここで、 C_{out} は出口濃度、 C_{in} は入口濃度である。

3.1 アンモニアガス

(1) 残雪率の影響

雪冷房では運転時間の経過に従って雪が解けて、雪の量が増える。初期の雪の量に対するその時点における雪の量の割合を残雪率 Z で表し、この変化

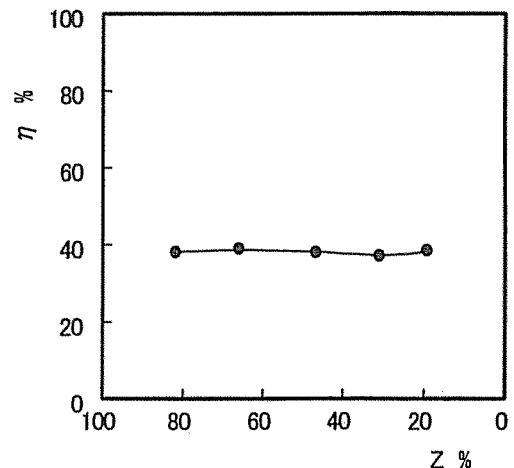


Fig. 3 Effect of remaining rate of snow Z on removal rate η of ammonia

に対する除去率を調べた結果を図3に示す。濃度3ppm、風量0.0255m³/s、入口空気温度30℃、出口空気温度約11℃の条件である。図より残雪率が変化しても除去率はほとんど一定の値を示すことがわかる。この条件における平均の除去率は39%であった。このように残雪率の影響を受けないことは実用上とてもあつかい易い装置であると言える。

(2)濃度の影響

貯雪槽入口のアンモニア濃度を変えた場合の除去率を図4に示す。ただし、除去率は残雪率の影響をほとんど受けないので残雪率0.85~0.2の間の平均値で示した。図より50ppmと比較的高い濃度範囲まで除去率はほぼ一定の値を示すことがわかる。

(3)風量の影響

風量を変えた場合の除去率を図5に示す。除去率は風量の増加に従って減少する。また、図中には出口空気の平均温度も示した。風量を0.0085m³/sまで少なくすると、アンモニアの除去率は約70%まで上昇するが、出口空気は約4℃まで冷却され、一般の居住空間の冷房には冷却しすぎることになる。空気温度は10℃以上で運転されることが多いので除去率は、45%以下になる。ただし、冷房装置は室内の空気を循環して冷房することから、除去率はその循環回数分実用的には上昇する。たとえば除去率40%でも2回雪冷房装置内を通過すれば64%になり、5回循環すれば除去率は93%になり十分実用的であると考えられる。

3.2 エタノール、ホルムアルデヒド、トルエン

エタノールは病院などで消毒剤に用いられる他に、アルコール工場の排ガスに含まれ、黒カビ発生の元になるため除去対策が求められるものである。親水性であることから雪解け水によく吸収されるものと考えられる。試験結果を図6に示す。風量が0.0255m³/sの条件において、多少のばらつきはあるが平均除去率は45%であることが確認できた。これはアンモニアの除去率より多少高い値である。

ホルムアルデヒドは室内空気質汚染物質として最近注目されている物質で合板などに多く使用されている。図より平均39%の除去率となることが確認できた。

化学物質の汚染物の中でもトルエンがどこのオフィスにおいても最も高い濃度で検出されている⁽⁵⁾。この結果を受けて今回の実験にトルエンの検討を加えた。トルエンはほとんど除去で

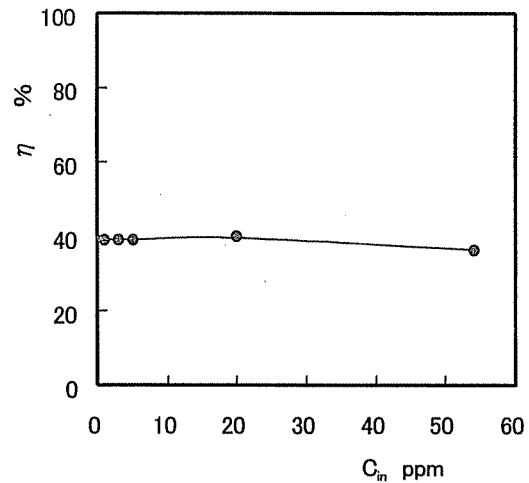


Fig. 4 Effect of inlet gas concentration C_{in} on removal rate η

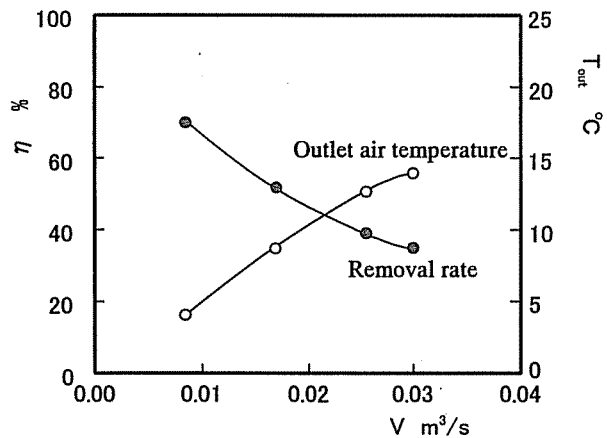


Fig. 5 Effect of air flow rate on removal rate

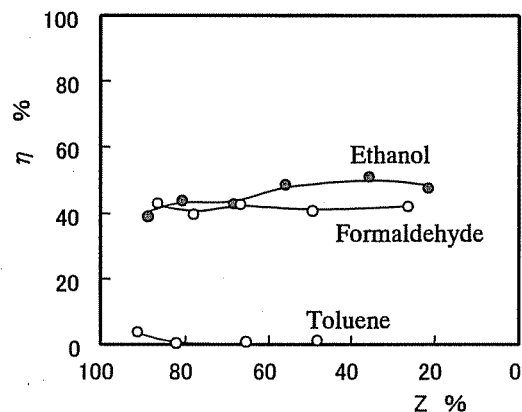


Fig. 6 Removal rate of ethanol, formaldehyde and toluene

きないことがわかる。これはトルエンが親水性ではないこととから理解できる。

3.3 たばこの煙

たばこの煙の中に含まれる、ホルムアルデヒド、ニコチンの平均の除去率を図7に示す。横軸には風量を取って示した。図から、風量を少なくすると除去率は向上し、ニコチンについては風量を $0.0048\text{m}^3/\text{s}$ まで下げるとその90%が除去できることがわかる。なお、風量 $0.0255\text{m}^3/\text{s}$ の条件ではホルムアルデヒドについては20%の除去率を示し単独で試験した場合(図6)よりも除去率が低くなっている。これはホルムアルデヒドの一部が煙の粒子中に含まれ、雪表面に吸収されにくくなったためと考えられる。

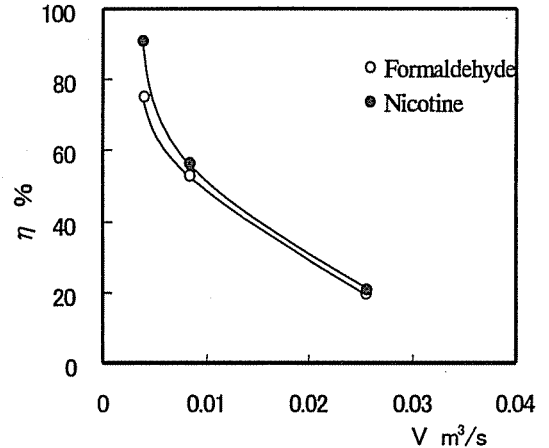


Fig. 7 Removal rate of formaldehyde and nicotine in tobacco smoke

4. 結論

雪を冷熱源として利用することは、自然エネルギーの有効利用という観点から促進されてきた。しかし、本研究で検討したように、空気中に含まれる汚染物質としてのアンモニアやホルムアルデヒドおよびエタノールなどの水に溶解しやすい物質はもとより、たばこの煙に含まれるニコチンなども除去することができた事から、室内環境を改善するためにも効果のある技術であることが明らかになった。雪を用いた冷房装置は空気清浄効果も併せ持ち、地球環境にも居住環境にも優しい技術であると言える。

参考文献

- (1) 媚山政良, 雪による冷房, 空気調和・衛生工学, 第72巻, 第3号, (1998), 63-71.
- (2) 飯嶋和明, 媚山政良, 王愛栄, 花岡裕, 川村昌彦, 鉛直孔を有する雪塊と空気との熱交換に関する研究(空気の流量が冷却能力に及ぼす影響), 日本機械学会論文集, B編, 65-636, 1999, pp2847-2853
- (3) 飯嶋和明, 媚山政良, 王愛栄, 花岡裕, 伊藤親臣, 鉛直孔を有する雪塊と空気との熱交換に関する研究(雪塊の初期高さが冷却能力に及ぼす影響), 日本機械学会論文集, B編, 66-641, 2000, pp197-202
- (4) 飯嶋和明, 媚山政良, 王愛栄, 小関多賀美, 近藤昌人, 雪冷房によるアンモニアガスの吸収効果, 日本機械学会論文集, B編, 63-614, 1997, pp3390-3395
- (5) K Iijima, M Fujii, H Toda, and S Yonetsu, Measurement of indoor air quality in office buildings. Indoor Air '96. Vol. 2, 1996, pp91-96.