

アイスシェルターを用いた建物の冷房計画
その1 シェルターの形状と凍結・融解期間の検討

正会員 ○阿南陽介*1
正会員 羽山広文*2
正会員 絵内正道*3
正会員 森 太郎*4

アイスシェルター 自然エネルギー 蓄熱

1. はじめに

アイスシェルターとは、冬期間に水槽の水を冷気で凍結させ氷として貯蔵し夏期に冷熱として取り出すもので、氷の潜熱と熱容量の大きい水を使うきわめてシンプルなシステムである。これは農産物の貯蔵を目的にすでに十年ほど前から上川管内愛別町などで実用化され、中国でも使われている。現在は、建物の冷房への応用を図るために帯広市に建つ事務所ビルで実験運転が行われている。

本報では、北海道特有の冬期の冷熱エネルギーを利用したアイスシェルターによる空調計画について検証し、その実測と冬期、夏期のシミュレーションを行い、有用性を検討した。

2. 実測

アイスシェルターの特徴を把握するために、図1、図2に示すシステムの実測を行った。実測結果を図3に示す。深さはシェルター上部の開口からの深さであり、深さ0mm、1800mmは0℃より高い温度を示している。これはシェルター上部の氷が溶けきっているためである。水は5℃を超えるとカビやコケが発生して腐敗するため、有害物質が事務室へ流入することが懸念される。この原因は、暖かい空気がシェルターの上層に滞留し、氷がすべて融解したことによる。アイスシェルターの理想的な温度分布は、すべての氷が均一に溶けて、シェルター内部の温度がいたる所で常に0℃の状態に保たれることである。温度分布をこの状態へ近づけることが、これからのアイスシェルターの計画設計の大きな課題となる。

3. 冬の凍結シミュレーション

冬期間、アイスシェルター内の水は、自然換気によって冷却され、しだいに氷へと変化する。帯広では冬期間に完全に凍るといことがわかっている。しかし、北海道の他の地域にアイスシェルターを建設する場合、どの地域まで自然換気冷却が適用可能か把握する必要がある。

そこで、アイスシェルターの形状、上下の開口面積をパラメータにして、札幌、旭川、根室、室蘭の4地域における要凍結日数を求めた。

3.1 計算条件

内部の氷の量は変わらないものとして、アイスシェルターの容積も一定とし、アスペクト比(底面の直径に対する高さの比)を変化させた。図4の計算モデルを式(1)に当てはめ、換気による顕熱と水槽表面との交換熱量を計算し、凍結に要する日数を割り出した。

$$Q = 3600\beta A \sqrt{2gh \left(1 - \frac{273+t_o}{273+t_i}\right)} \dots (1)$$

$$\left(\frac{1}{\beta A}\right)^2 = \left(\frac{1}{\beta' A_h}\right)^2 + \left(\frac{1}{\beta' A_t}\right)^2$$

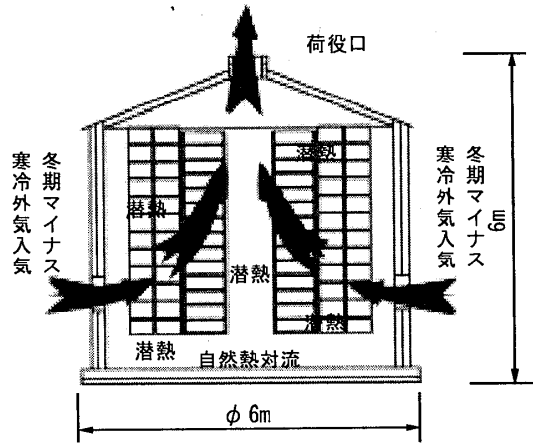
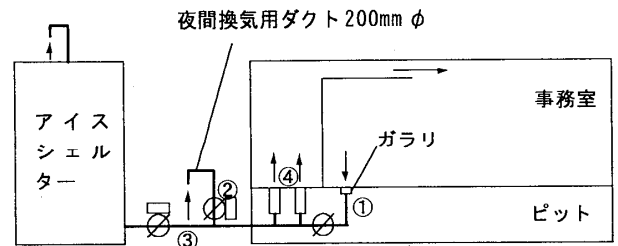


図1 アイスシェルターの製氷原理図



- ①風量調節用ダンパ (試運転時に調整)
- ②モーターダンパ (夜間に開放、冷房時閉じる)
- ③モーターダンパ (冷房時に開放)
- ④三菱カウンターアローファンV-200CP-D 2台 (強弱手動切り替えスイッチ使用。夜間換気運転のため、運転時刻設定タイマー使用。)

図2 冷房設備の仕様模式図

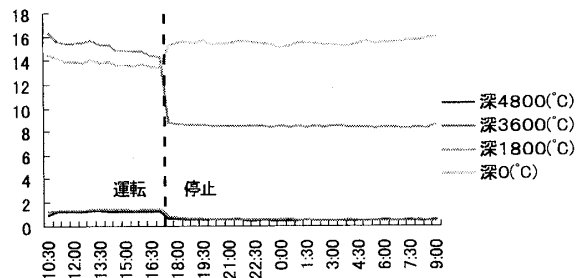


図3 アイスシェルター内垂直温度分布

Study on an Air-Conditioning System by Using Ice Shelter

Part 1 Shape of a shelter and relation of freeze/melting.

ANAMI Yosuke et al.

なお、開口面積については、上下の開口面積を同一として扱った。要凍結日数については、1月1日から凍結を開始すると仮定し、標準年気象データをもとに計算を行った。

3. 2 計算結果

図5に、シェルター容積(170m³)を一定にしたアスペクト比ごとの開口面積と要凍結日数の関係を示す。これらの検討から以下のことがわかった。1) 室蘭の場合、ここで設定した条件では凍結が完了しない。2) 開口面積を3m²以下にすると急激に要凍結日数が増加するため、アイスシェルターの開口面積は3~4m²とすることがふさわしい。3) シェルターのアスペクト比は1.36を超えるとグラフの形状に著しい変化は見られなくなる。

4. 夏の融解シミュレーション

夏の期間、事務室またはその他の室を除湿冷房するためにアイスシェルターの中から冷気を室内に送る。その際の流入外気が氷を溶かすが、全ての氷が溶けると、内部の水が腐敗してしまうというシリアスな問題が生じる。そこで、空調すべき建物の規模が定められたとき、その空調に必要な氷の量を予め推定しておくことが重要となる。また、シェルターの熱流入を少なくすることも重要となる。

そこで、蓄熱効率(氷のもつ全潜熱量と実際に有効に使える熱量の比の百分率)と、アイスシェルターのアスペクト比、氷の容積比の関係を解析した。

4. 1 計算条件

アイスシェルターの形状を円筒形とし、アスペクト比をパラメータとした。また、冷熱損失の期間は、4月1日から9月30日と仮定した。

シェルターの埋設土間部分は、大量の水の荷重を支えるために必要な部分になるので、アスペクト比が変化した場合には、埋設部分の容積を固定して計算を行った。

アイスシェルターを冷熱源としての運転期間は、7月1日から9月30日とした。

4. 2 計算結果

アイスシェルターの形状と蓄熱効率の関係を図6に、氷の容積比と蓄熱効率の関係を図7に示す。

これらの結果から以下のことがわかった。1) アスペクト比が0.8のとき蓄熱効率は最大値をとる。2) 氷の容積比の増加は、蓄熱効率の増加をもたらすので、より大きな空調面積に対応できる。3) 現在のアイスシェルターの容積比は30%前後であるが、60%程度まで増加させると2~3倍の冷熱が確保できる。

5. まとめ

- 1) 実測によりアイスシェルターの上部から氷が溶けてしまうという欠点を確認した。
- 2) 冬の凍結に関しては、開口面積は約3~4m²、シェルター高さは約7mがふさわしく、そうすることで、より広範囲の地域でシェルターを利用できることがわかった。
- 3) 夏の融解に関しては、容積比が蓄熱効率の増加に大きく関っており、容積比の増大を検討することが、より多くの冷熱の確保、コストダウンにつながると考えられる。

参考・引用文献

1. 社団法人 空気調和・衛生工学会:蓄熱式空調システム基礎と応用, pp5-7, 1995
2. 福迫尚一郎・稲葉英男:低温環境下の伝熱現象とその応用, pp.415-417, 養賢堂, 1996.7
3. アイスシェルター実用化研究会資料, 2000.7

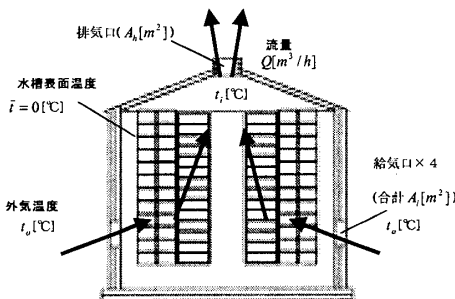


図4 凍結計算モデル

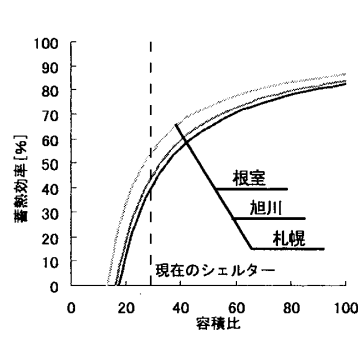
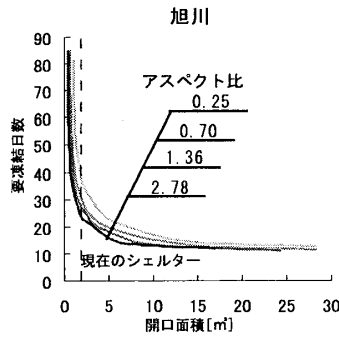
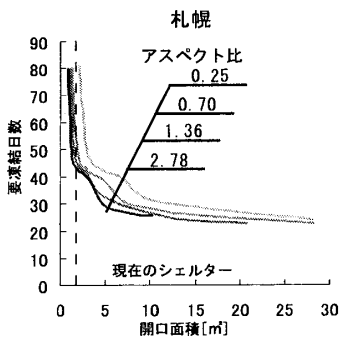
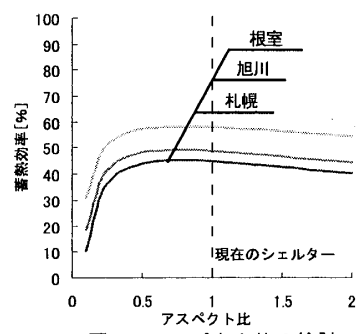
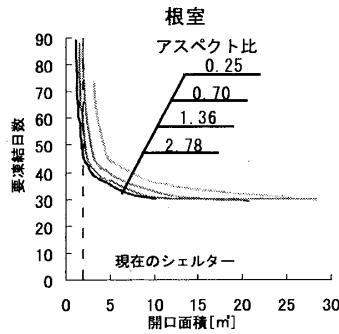


図5 各地域のアスペクト比ごとの開口面積と凍結日数の関係

図7 容積比と蓄熱効率の関係

*1 北海道大学大学院工学研究科修士課程
*2 北海道大学大学院工学研究科助教授・工博
*3 北海道大学大学院工学研究科教授・工博
*4 北海道大学大学院工学研究科助手・工博

*1 Graduate student, Graduate school of Eng., Hokkaido Univ.
*2 Assistant Prof., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
*3 Prof., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
*4 Inst., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.