



Title	移動式高密度雪氷庫システムに関する研究 - 貯雪特性と冷房運転の実測と評価 -
Author(s)	長沼, 隆之; 濱田, 靖弘; 中村, 真人; 窪田, 英樹; 伊藤, 潤一; 工藤, 一博; 橋本, 良明
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 177-180
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/1259
Type	bulletin (article)
Note	第12回衛生工学シンポジウム(平成16年11月4日(木)-5日(金)北海道大学クラーク会館). 一般セッション. 6 建築 都市環境とエネルギー有効利用. P6-3
File Information	6-3_p177-180.pdf



[Instructions for use](#)

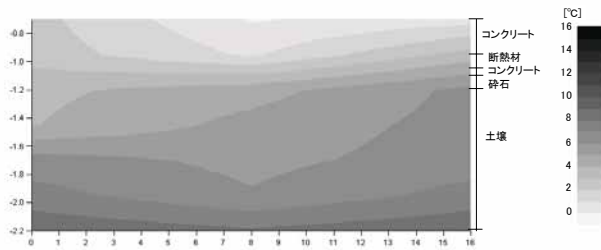


図-3 雪氷庫地下断面温度分布 (2003年4月1日)

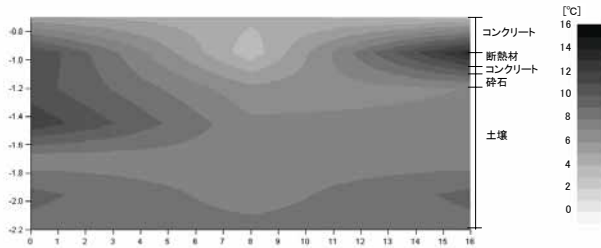


図-4 雪氷庫地下断面温度分布 (2003年8月2日)

3. 外界気象

図-2 に冷房期間中の外気温度と室内温度の関係を示す。8月は30°Cを越す日が12日間あったが、一般的には冷夏であったと言える。

4. 貯雪特性

4.1 雪氷庫地下の温度分布

4月1日と8月2日の雪氷庫地下の断面温度分布、床下断熱材上部温度分布、および床下断熱材下部温度分布をそれぞれ図-3～図-8に示す。中央部分の温度が周辺部分より温度が低く、雪氷庫の周辺部分からの熱損失が確認できる。各月ごとに断熱材の上下温度を比較し、床面からの熱損失の低減効果が見受けられる。

4.2 地盤への熱損失量

図-9に4月1日から雪氷庫を解体する11月12日までの1日当たりの土壌からの熱損失量を示す。床面熱損失量は6月まで増加傾向を示し、その後ほぼ一定で推移した。床(176 m²)からの損失熱量は、3～5月、6～8月で、それぞれ716 MJ, 786 MJであった。一方、側壁面(37.8 m²)からの損失熱量は、それぞれ1,055 MJ(3～5月), 1,878 MJ(6～8月)となっており、床からの損失量を上回った。測定期間中の全体量として、床からの熱損失量、側壁からの熱損失量はそれぞれ2154 MJ, 3765 MJであり、これらを雪質量に換算するとそれぞれ6.4 t, 11.2 tであった。

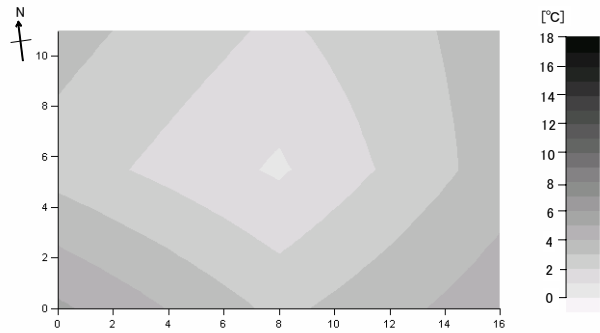


図-5 断熱材上温度分布 (2003年4月1日)

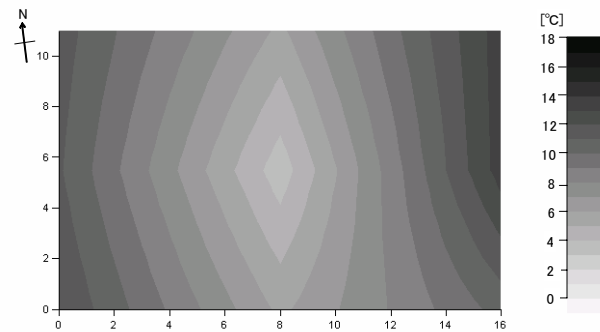


図-6 断熱材上温度分布 (2003年8月2日)

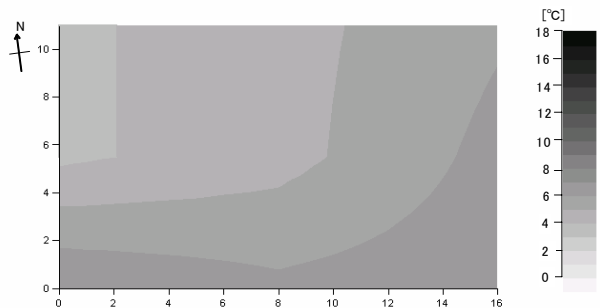


図-7 断熱材下温度分布 (2003年4月1日)

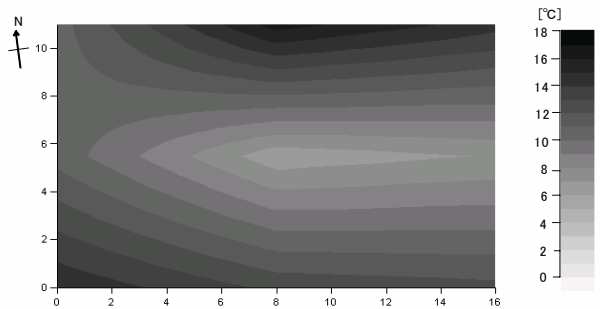


図-8 断熱材下温度分布 (2003年8月2日)

4.3 雪利用の内訳

図-10に雪氷庫を建設した2月27日の雪山の様子を、図-11に雪氷庫を移動した11月12日時点の残雪状況を示す。雪氷庫はドーム型の地上部と地下ピットからなり、総体積は840.3 m³である。初期貯雪量(図-10参照)は612 m³(雪質量:462 t)であり、雪山を形成して3ヶ月経過した6月1日時点では約370 tの残雪量があり、初期貯雪量の約80%であった。

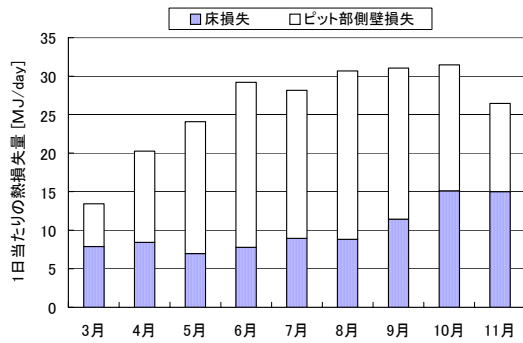


図-9 地盤への熱損失量



図-10 雪氷庫建設風景 (2003年2月27日)



図-11 雪氷庫残雪状況 (2003年11月12日)

図-12に4月1日から11月12日までの雪氷庫内からの融雪水の排水状況を示す。ここで、排水量は流量計により測定したものである。測定期間中、排水量はほぼ一定で推移し、残雪量が少なくなってきた9月下旬から減少傾向に移る。8月から9月の冷房期間中、排水流量が僅かに増加したが、それ程顕著な傾向は見られなかった。

図-13に初期貯雪量の構成要素について示す。11月12日時点の内訳として、ピット部の残水量が17 t、残雪量が126 t、排出量が300 t、その他が3 tであった。その他の構成要素として、ピット部からの漏れや蒸発分等が考えられる。残雪量126 tは初期貯雪量の27%を占めた。

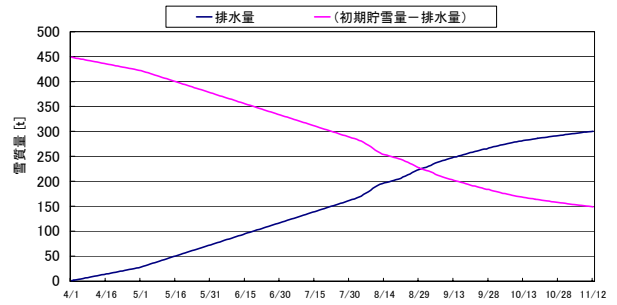


図-12 排水量と残雪量の関係

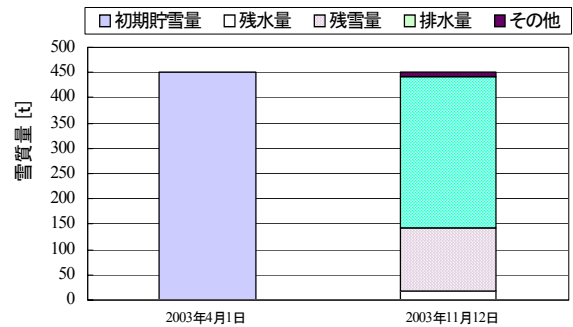


図-13 初期貯雪量の構成要素

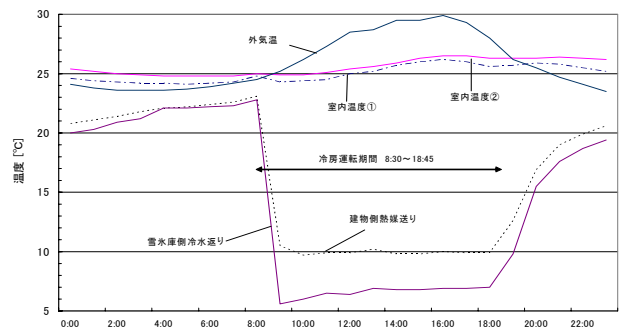


図-14 代表日の外気温・室内温度

5. 雪冷房の運転実績と評価

冷房運転日数は8月2日から9月18日の間、計17日間であった。室内温度が設定値に達した場合に雪冷房運転を実施し、事務所施設側から機器発停を行い、1日8時間運転を基本とした。図-14に雪冷房運転の代表日として、2003年8月5日における建物側熱媒送り温度、雪氷庫側冷水送り温度、室内温度2点(高さ1, 3 m)、および外気温温度の変動を示す。外気温温度の変動に対して室内温度は25℃前後でおおむね安定した推移を示している。また、冷房運転時間における雪氷庫側冷水送り温度の平均値は6.1℃であり、良好な冷水が得られると考えられる。表-3に2003年度雪冷房運転実績を示す。運転時間の合計は117時間、供給熱量は8625.4 MJ、供給熱量を雪質量に換算すると25.7 tであった。雪冷房時におけるエネ

表-3 冷房運転実績

平均室内温度	℃	25.5
平均相対湿度	%	63.2
平均外気温	℃	15.2
雪氷庫側冷水返り	℃	6.1
建物側熱媒送り	℃	10.0
供給熱量	[MJ]	8625.4
雪質量換算	t	25.7
期間EER	-	6.0

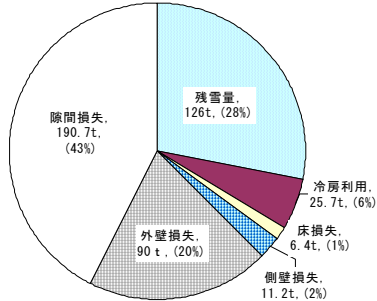


図-15 雪氷庫移動時のエネルギー収支 (2003年11月12日)

ルギー使用効率 (Energy Efficiency Ratio: EER) [=室内供給熱量/搬送系電力消費量]は6.0であった。

図-15 に雪氷庫を移動した時点 (11月12日) のエネルギー収支を示す。2003年度は冷夏の影響を受け冷熱需要が少なかったため、冷房利用分は6%(25.7t)に留まった。床面からの損失が1%(6.4t)、ピット部損失が2%(11.2t)であった。また、外壁からの損失が20%(90t)、隙間からの損失が43%(190.7t)を占める結果から、該当部位の気密、断熱性を強化する必要がある。

6. 省エネルギー、環境保全、経済性評価

従来方式 (ガス冷温水機 (成績係数: 1.0)) と空気熱源ヒートポンプ (成績係数: 2.8)²⁾ および雪冷房方式について一次エネルギー消費量と二酸化炭素排出量の比較を行った。比較は運転実績に基づくものとする (エネルギー種別熱量換算値: 電力 10.258 MJ/(kW・h)、都市ガス 13A46.055 MJ/m³、二酸化炭素排出係数: 電力 0.139 kg-C/(kW・h)、都市ガス 13A0.647 kg-C/m³)³⁾。

図-16 および図-17 にそれぞれ一次エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の比較を示す。雪冷房方式の導入による一次エネルギー消費量、二酸化炭素排出量は、それぞれ 4.6 GJ, 62.2 kg-C であり、ガス冷温水機に対する削減率はそれぞれ 65.1%, 65.9%であった。雪冷房方式は従来型の冷房方式と比較して、環境負荷の大幅な低減化を期待できることが分かった。

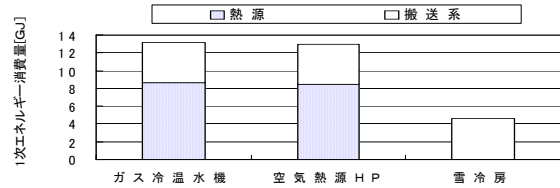


図-16 一次エネルギー消費量比較

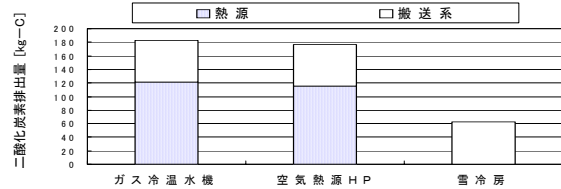


図-17 二酸化炭素排出量比較

まとめ

- 1) 雪氷庫内の雪密度の平均は 756 kg/m³ であり、従来方式と比較して高密度であった。
- 2) 雪氷庫直下地盤への熱損失量測定の結果、2003年4月1日から11月12日の期間中、雪氷庫床面および側壁部分からの熱損失量は、それぞれ 2154 MJ, 3705 MJ であり、雪質量換算はそれぞれ 6.4 t, 11.2 t であった。
- 3) 4月1日時点での貯雪量 450 t の内訳として、11月12日時点で残水量は 17 t, 残雪量は 126 t, 排出量は 300 t, その他が 3 t であった。
- 4) 2003年8月2日から9月18日の期間中に雪冷房運転を実施した。運転時間の合計は 117 時間、供給熱量は 8.6 GJ, 雪質量換算は 25.7 t, エネルギー使用効率は 6.0 であった。
- 5) 雪氷庫を移動した時点 (11月12日) のエネルギー収支として2003年度は冷夏の影響を受け、冷房利用分は6%に留まった。隙間からの損失が43%を占める結果から、隙間部位の気密、断熱性を強化する必要がある。
- 6) 従来の冷房方式に対して、冷房期間における一次エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の削減率はそれぞれ 65.1%, 65.9%であった。

本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業「工藤建設株式会社ハイブリッドエコ・ドーム雪冷房実証試験事業」〔委員長: 窪田英樹 (北海道大学教授)〕によった。

【参考文献】(1)伊藤謙一ら: 移動式高密度雪氷庫システムに関する研究, 空調学会・衛生工学会北海道支部第37回学術講演論文集, pp145~148 (2003), (2) 石渡吉一郎ら: グランドノーズ次世代型民生用ヒートポンプシステムに関する研究, 戸建て住宅市場への導入のシナリオと導入効果, 空調学会・衛生工学会北海道支部第37回学術講演論文集, pp129 (2003), (3) 斎藤隼ら: 空調用エネルギーパイルシステムの運転実績と総合評価, 平成14年度日本冷熱空調学会学術講演論文集, pp47~48 (2002)