

方式・用途の異なる4雪利用施設の冷房性能とコストの評価

全潤樹（長岡技科大院），上村靖司（長岡技科大），○前田貴志（長岡技科大院）

1. はじめに

雪利用施設は2012年において全国で123施設あり¹⁾，様々な業種・用途に用いられている。

新潟県と長野県で稼働している用途・方式の異なる4つの新しい雪利用施設において，室温の変化や，冷熱量などの測定を行う機会を得た。

本研究では4雪利用施設について，室温変化，冷熱量，空気清浄効果などを夏季に並行して計測する²⁾とともにコストも算定し，それらの特徴や性能，採用方式の安定性，コストを比較して検討した。

2. 施設概要

4施設とは①雪室に冷風循環を組み合わせた「米貯蔵施設」，②雪室に冷水循環を組み合わせた「温泉保養施設」，③雪山（もみがら被覆）に冷水循環を組み合わせた「きのこ栽培温室」，④雪山（ウッドチップ被覆）に配送と簡易冷水循環装置を組み合わせた「SA トイレ施設」である。これらの特徴を表1に示す。

表1 4雪利用施設の諸元

	(1) 米貯蔵施設	(2) 温泉保養施設	(3) きのこ栽培温室	(4) SAトイレ施設
所在地	新潟県下越地区	長野県下高井郡	新潟県上越地区	新潟県中越地区
運用開始年	2014	2014	2010	2014
冷房対象空間 (m^3)	1,560(もみ) 2,400(玄米)	741(休憩室) 716(食堂)	1,463(4～6棟) 1,310(3棟)	289(男子) 289(女子)
設定温度 ($^{\circ}\text{C}$)	05(もみ) 15(玄米)	(25)	10～20(培養) 20～30(発生)	(25)
運転時期	4/16～(もみ) 05/1～(玄米)	6/16～9/25	6/6～9/9	7/21～7/20
運転時間	連続運転	日中のみ (9～20時)	連続運転	連続運転
雪保存	貯雪量 (t)	545	263	1,000
	方式	雪室	雪室	雪山 (もみがら)
冷熱取だし方式	冷風	冷水	雪山 (もみがら) 冷水	雪山 (ウッドチップ) 冷水
用途	冷蔵 (米冷蔵)	冷房 (食堂・休憩室)	冷蔵 (シイタケ栽培)	冷房 (トイレ)
既設測定機器	○	○		
備考				雪の運搬方式

3. 評価方法

各施設の冷房性能は取得冷熱量・消費電力から成績係数(COP)を算出して評価した。さらに雪利用施設で実際に掛かった費用を市販の電気空調機器に置き換えた場合のコストをシュミレーションして，比較し，雪利用の採算性を検討した。雪利用施設でのトータルコストが電気空調機器を用いた場合のコストを下回る点(損益分岐点)を，ライフサイクルコスト分析(LCC)の手法を用いて各施設で算出した。

4. 評価結果

各施設で得られた結果を表2に示す。①米貯蔵施設の場合，システムのCOPは5.9であったが，送風機の制御方法を改善することで8.8に改善される可能性が示された。庫内温度は設定温度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ と，安定した貯蔵環境を実現できた。損益分岐点は運用開始3年目に現れる。通常の低温倉庫は 15°C 程度で運用されており，雪冷房倉庫と同等の 5°C の環境にする電気空調機器を入れるとさらに負荷が大きくなりコストも増えるため，

表2 実験結果の概要

	(1) 米貯蔵施設	(2) 温泉保養施設	(3) きのこ栽培温室	(4) SAトイレ施設
取得冷熱量 (kJ)	165	37	37.1	11.5
消費電力量 (kJ)	28	8	3.31	2.0
成績係数(COP) [-]	5.7	4.8	11.2	4.9
利用雪量 (t)	491	110	653	34
自然融解量 (t)	146	74	—	—
CO_2 削減量 (kg)	10,377	1,822	15,731	380
雪冷房システム RC:IC [万円/年]	126:12	132:3	56:7	20:8
電気空調機器 RC:IC [万円/年]	18:52	26:14	40:35	3:2
損益分岐点 [年目]	2	10	1	—

コスト上での雪冷房倉庫の優位性は高まる。

②温泉保養施設の場合，COPは4.8となった。これは施設の定格電流で消費電力を算出していることと，夏は涼しく雪冷房を積極的に使用しなかったためであり，今後の改善余地は大きい。損益分岐点は運用開始11年目に現れ，運用次第では雪冷房の採算性が見込めることが示された。

③きのこ栽培温室の場合，COPは12.4となり非常に高い効率で冷房を行えた。コストは，運用開始初年度から雪利用施設のほうが安くなった。これは土木工事をせずに農地に雪山をつくったこと，廃材であるもみ殻を被覆材として用いたことなどの結果であり，雪冷熱を農業へ活かす優位性が立証された。

④SAトイレ施設の場合，簡易冷水循環装置のCOPは6.3であった。この配送による方式では毎朝，重機による雪のコンテナへの積み込み，トラックでの輸送の費用が大きいため，損益分岐点は現れない。夏季のイベント利用が主たる目的であったため，そもそも採算性は考慮されていないが，今後冷熱供給方法を③のシステムにすることで大きく採算性を改善することができる。

5. まとめ

全体を通して，LCCの手法によるコスト評価で適切に設計，運用された雪冷房は電気空調より安くなることが示され，損益分岐点は10年以内に現れることが示された。ただし雪を配送する場合，無駄な消費電力が大きい場合，また施設の冷房負荷が小さい場合には損益分岐点が現れない可能性がある。

参考文献

- 1) 経済産業省 北海道経済産業局：COOL ENERGY 雪氷熱エネルギー活用事例集5，(2012)
- 2) 全潤樹・上村靖司：「方式・用途の異なる4雪利用施設とそれぞれの優位性」，寒地技術論文・報告集 寒地技術シンポジウム 30，pp. 335-340，(2014)