

平成 25 年度低炭素地域づくり集中支援モデル事業

「雪氷熱を都市部の空調用冷熱として活用するシステムに関する実証事業」

伊藤組土建株式会社

日本データサービス株式会社

1. 事業概要

東日本大震災や原子力発電所事故を契機として、エネルギーの安定した確保や電力逼迫時の対策が重要な課題となっており、再生可能エネルギーの導入とともに廃熱や冷熱等熱の利用も今後取り組むべき重要なテーマである。積雪寒冷地では冬期大量の降雪があるが、そのほとんどは都市機能の確保や住民の安全確保から除雪・排雪されており、冷熱利用はほとんど進んでいないのが現状である。本事業では、除排雪作業による雪堆積場がある地域の雪を夏期まで保存し、都市部の大容量熱需要施設の空調用冷熱源として活用するシステムを構築し、二酸化炭素削減効果と事業性・採算性及び他の地域への波及性等を検証するとともに、二酸化炭素削減効果と事業性・採算性を確保できる最適な導入条件を導出した。

2. 実証方法

雪氷熱を利用した冷房システム（以下、冷房システム）を、昨年度の導入箇所であるホテル（帝国ホテル東京：東京都千代田区）、民間工場（トヨタ自動車北海道：北海道苫小牧市）に加え、新規に冷房負荷が高く、電力消費量が急増している施設として、データセンター（泉電力ビル：宮城県仙台市）に設置した。昨年度の導入箇所では、冷房能力のさらなる効率化を図るべく冷房システム改良の詳細設計と必要に応じ雪供給地・輸送方法等の見直しを行い、新規導入箇所では、施設の立地状況、構造・規模等を踏まえた冷房システムの詳細設計を行った。各施設の設計概要は以下のとおりである。

【ホテル（帝国ホテル東京：東京都千代田区）】

昨年度の雪氷水槽からの冷水を直接用いて冷熱を取出すシステムから、雪氷水槽内に採熱コイルを設置し冷熱を取出すシステムに改良した。また、雪氷供給地を近隣箇所に設置することで雪氷輸送に起因する二酸化炭素排出量の低減を図った。冷房対象範囲は1階ロビーとした。冷房システムの稼働期間は、平成 25 年 8 月 26 日から 9 月 30 日の週 6 日間（月曜日～土曜日）とし、冷却能力 60.0kW で設計を行った。また、熱交換器の一次側における冷水入口温度は摂氏 7.0℃、冷水出口温度は摂氏 12.0℃、冷水流量は 172L/min とした。冷房に必要な雪氷は、山梨県北杜市の雪堆積場から貨物鉄道及びクレーン付トラックで輸送した。なお、雪堆積場の雪氷は、チップ材等で断熱被覆して保存した。

【民間工場（トヨタ自動車北海道：北海道苫小牧市）】

昨年度の 3 倍容量の雪氷水槽を設置するとともに、1 回あたりの雪氷の輸送量も 3 倍にすることにより、毎日発生していた雪氷投入作業を軽減し、作業性の向上を図った。冷房対象範囲は、24 時間稼働している工場内で熱を発生する装置付近の空間とした。システム稼働時間は、平成 25 年 8 月 28 日から 10 月 2 日の週 6 日間（月曜日～土曜日）とし、冷却能力 10kW で設計を行った。また、熱交換器の一次側における冷水入口温度は摂氏 5.0℃、出口温度は摂氏 12.0℃、冷水流量は 20L/min とした。一方、冷房に必要な雪氷は、北海道札幌市の雪堆積場から貨物鉄道及びクレーン付トラックで輸送して供給した。

【データセンター（泉電力ビル：宮城県仙台市）】

施設内で使用される空調設備の代替となる雪冷房システムを設計した。冷房対象範囲は、データセンター内部の免震室とした。冷房システムの稼働期間は、平成 25 年 10 月 1 日から 10 月 31 日の週 5 日間（月曜日～金曜日）、冷却能力 30.3kW で設計を行った。また、熱交換器の一次側における冷水入口温度は摂氏 4.0℃、冷水出口温度は摂氏 9.0℃、冷水流量は 87L/min とした。一方、冷房に必要な雪氷は、岩手県奥州市の雪堆積場から貨物鉄道及びクレーン付トラッ

クで輸送して供給した。なお、雪堆積場の雪氷は、チップ材等で断熱被覆して保存した。

3. 実証結果

ホテル（帝国ホテル東京）における冷房システムでは、得られた熱出力が設計値よりもやや低い結果が得られた。その原因としては、水槽投込みコイル廻りの管外流速が十分に得られなかったこと、又はコイルセクションの水位が高かったことが考えられる。一方、冷房システムを間接化し、水槽の構造を変更したことで、異物混入によるシステム稼働の停止等を回避でき、冷房効率の向上を図ることができた。民間工場（トヨタ自動車北海道）における冷房システムにおいても得られた熱出力は設計値よりも低かったが、この要因としては、排雪に混入していた土砂等の除去が改善はされたものの十分ではなかったことが考えられる。データセンター（泉電力ビル）における冷房システムで得られた熱出力についても設計値を下回る結果となったが、その要因としては、実証時期が10月以降ということで、外気温が比較的低かったことと、冷房システム内に十分な熱負荷をかけられなかったことが考えられる。

二酸化炭素削減効果の検証では、二酸化炭素排出量を算出するにあたり、評価範囲を昨年度対象とした「1. 雪の取り出し」、「2. 運搬1（トラック/供給地→JRターミナル）」、「3. 運搬2（JR）」、「4. 運搬3（トラック/JRターミナル→需要地）」、「5. 雪冷房」というプロセスに、「雪山造成（雪山造成、チップ被覆）」というプロセスを実態に応じて加えることで、地域の特性に即した評価が行えるよう見直した。

各プロセスにおける重機及び輸送用トラックの使用で生じた二酸化炭素排出量については、実際に使用した燃料使用量から算出した。JR貨物鉄道による輸送で生じた二酸化炭素排出量については、燃費の把握が困難であることから、従来トンキロ法（輸送距離に輸送重量及び輸送手段別の原単位を乗じて算出する方法）を用いて算出した。雪冷房による二酸化炭素削減量は、電気冷房で同等の冷房を行った場合の使用電気量から雪冷房の使用電気量を減じて、各地域ごとの電気に係る排出係数を乗じて算出した。

以上の結果から、電気冷房を使用したケースと比較して、雪1カゴあたり（0.88t）、ホテル（帝国ホテル東京）では、二酸化炭素削減量が3.512kg-CO₂となり、二酸化炭素排出量が24.3%削減できた。同様に、民間工場（トヨタ自動車北海道）では、二酸化炭素削減量が10.802kg-CO₂となり、二酸化炭素排出量が69.8%削減、データセンター（泉電力ビル）では、二酸化炭素削減量が7.186kg-CO₂となり、二酸化炭素排出量が53.2%削減できた。

事業性・採算性の検証、他の地域への波及性の検討等では、本事業の実施によって得られた知見、データをもとに、検証に必要なデータ項目、情報の収集方法の検討並びに文献調査等を行い、具体的な検証を行った。まず、想定したモデルケースを24・25年度に実証した5倍の規模の雪冷房設備とし、電気冷房のみの場合のイニシャル・ランニングコストと比較した。その結果、輸送費にかけられる費用は雪1トン当たり2,560円となった。これに対し輸送費を効率的に行える重機・人員を導入できるケースは1日当たり80トン（80カゴ）であることが分かり、1日20トンの雪氷を消費する施設を4か所設置した場合で事業性を検証した。その結果、雪氷グリーン熱証書からの収入やJR貨物駅周辺での雪冷房施設設置による輸送コストの低減、雪輸送するためのカゴ組み立ての効率化などにより1トン当たり2,540円まで低減できると試算された。また、費用対効果は二酸化炭素量1トン当たり364,900円となった。

都市部への雪供給を考えた場合、雪冷熱による二酸化炭素削減量より、輸送による二酸化炭素削減量が超過することが課題となっていたが、本事業において、二酸化炭素削減量25%を実現するための需要地までの適正な輸送距離が雪供給地から半径250km圏内であることを実証できた。また、採算性の観点を加えると、それよりも短い範囲（数十kmから百km）となることが明らかとなった。引き続き残る課題としては、盛夏期（7月～8月）での冷房システムの稼働状況、輸送中に見込まれる雪の融解によるロス率を踏まえた二酸化炭素削減効果の実証及び、他地域での

実用可能性である。前者については、新たな実証事業を計画・実施・検証すること、後者については、本事業における実証地域以外での雪捨て場の管理運営状況を把握することで解決できるものとする。

4. 波及効果

波及効果については、これまで各地からの取材申し込みや問い合わせが複数寄せられており、関心のある地域でより一層の PR 等を重ねることで雪冷房に対する理解や波及は進んでいくものとする。また、事業性・採算性を確保できる雪供給地からの輸送距離約 70km 圏内において、特に波及が進むものと思われる。

5. 地域づくりへの貢献性

地域づくりへの貢献性については、運輸業や設備工事業の売上増が見込めるほか、雪供給地においては、重機やトラック、雪堆積場に集められた雪の有効活用が挙げられる。需要側における貢献性については、温室効果ガスの削減はもちろん、夏季の節電のほか、企業の環境配慮面での CSR 活動の取組にもつながる。そのほか、再生可能エネルギー施設を巡る視察やエコツアーによる人的交流が期待されるほか、雪堆積場の管理と雪輸送を包括した業務として考えることで民間業者の収益も確保しつつ雪輸送の価格低減や自治体の雪堆積場の運営・管理費用低減が今後期待できる。