

シリーズ 21世紀の新技术を展望する

雪氷輸送物流システム検討調査

—— 北海道の雪氷が東京を冷やす ——



北海道開発局 開発監理部 開発調整課
技術士（建設部門） 小松 正 明

1. はじめに

北海道の物流は、北海道から本州への積荷量が少ない片荷輸送による高コスト構造が長年の課題となっている。

雪氷輸送物流システムは、豊富に存在する雪氷を北海道発の新たな貨物と位置付け、この片荷輸送による潜在的な輸送余力を利用して首都圏へ輸送し、臨海部オフィスビルの冷房熱源に利用することで、物流の効率化による北海道物流の高コスト構造改善を目指すとともに、大都市圏で深刻化するヒートアイランド現象などの環境問題改善に寄与できる新たな物流システムの構築を目指して、国土交通省北海道開発局が実証実験を行っているものである。

2. 北海道物流を取り巻く状況及び雪氷冷熱の利用

首都圏と北海道間の船便（貨物フェリー、RORO船、コンテナ船等）は、首都圏から北海道への便はトレーラーやコンテナに荷物が満載であるが、首都圏へ向かう便は空荷が生じている。

通常物流では復荷の原則があり、輸送したら帰日も荷物を積載して採算が取れる構造となっている。しかし、北海道の場合は、空荷のトレーラーやコンテナを東京へ戻さなくてはならず、結果として北海道へ運ぶ荷物に、帰りの空荷回送コストが上乗せされる構造となっている。

このため、物流コストが高くなり北海道産業の競争力の低下を招き企業誘致が思うように進まない一因となっている。さらに企業誘致が進まないため、北海道からの発荷が確保できないという悪循環になっている。

この悪循環を改善するためには、北海道からの発荷を確保することが最も効果的と考えられる。

今回の雪氷輸送物流システムは、この発荷を確保するため、空荷による輸送余力を有効活用し、北海道の雪氷を首都圏での冷房熱源に利用する考えである。しかし、不定期な空荷の有効活用となるため、雪氷輸送はユーザー側のオーダーによらず輸送業者の都合が良いときに輸送可能なシステムを前提としている。

この雪氷を輸送することにより、空荷が減り輸送業者は新たな収入が得ることができる。この結果、物流コストの低減が期待され、北海道経済の活性化や新たな雪氷関連の産業の創出にも繋がると期待し



図－1 雪氷輸送物流システムイメージ

ている。

一方首都圏では、昼間の電力ピークを抑制する観点から、深夜電力で冷熱を製造し氷や冷水として蓄熱水槽に溜め、昼間の冷房に利用するエコアイスシステム等が普及している。今回の雪氷輸送物流システムは、このような蓄熱水槽を利用した冷房システムに北海道の雪氷を冷熱源として利用する計画である。

この雪氷は輸送業者の都合に合わせた不定期な供給となるため、電気等の従来熱源との切り替えが可能なハイブリッド式としている。

この方式は北海道から自然冷気でできた雪氷が供給されたときは、電気冷房を止め自然冷熱で冷房できるため、電気冷房時に発生する大気への放熱を削減しヒートアイランド現象の改善や二酸化炭素の発生を削減する効果が期待される。また、雪氷が供給されないときは従来の電気冷房を稼動することで、雪氷の供給が不定期でも対応できるシステムとなる。

3. 実証実験概要（平成18年8月現在）

本システムの実用化のため、冬の冷気を利用して氷を製造し、秋季まで保管する産地システム、氷を東京に搬送する輸送システム、氷を冷熱源として冷房をおこなう利用システムを平成17年度～18年度の2カ年度にわたって実証実験を行い、システム構築に必要なデータを収集し分析している。

○産地システム実証実験

- ・氷製造方法に関するデータ収集・分析
- ・氷保管方法及び融解量に関するデータ収集・分析
- ・氷採取方法に関するデータ収集・分析

○輸送システム実証実験

- ・氷の梱包資材や荷役方法を確立するための検討
- ・輸送中に荷姿が変わる氷の輸送方法を確立するための検討
- ・輸送中の融解水に関するデータ収集・分析

○利用システム実証実験

- ・蓄熱水槽への氷投入方法を確立するための検討
- ・既存冷房システムへの氷冷熱供給のデータ収

集・分析

- ・既存熱源と不定期な供給となる氷エネルギーのハイブリットシステムを確立するための検討
- ・融解水の有効利用方法の検討

3-1. 産地システム実証実験

平成17年12月26日から平成18年2月28日にかけてアイスpond方式（枠堤による屋外地上人工池に定量給水し積層氷を製造し、そのまま上部を断熱し保管する方式）で約2,500トンの氷を製造した。この製氷実験でステファンの式（氷成長の理論式）の地域特性係数（ α ）は約2.1と求められた。

ステファンの式： $t = \alpha \cdot (\Sigma T)^{0.5}$

t：結氷厚さ（cm）

α ：地域特性係数

T：積算寒度（℃・日）



写真-1 アイスpondでの製氷状況



写真-2 断熱・保管状況（雪+断熱材+遮光シート）



写真-3 専用切出し機とバックホウによる氷切断状況

今回の製氷実証実験では、製氷開始時期の遅れ及び給水の初期トラブルで氷厚は約 60 cm となり、最大成長量が確認できなかったが、この実証実験で得られたステファンの地域特性係数(α)から 10 cm 給水時の製氷厚は 170 cm と求められた。

このアイスpondにおける代表的な氷保管方法は氷上面に雪約 1.5 m 堆積し、上部に断熱材(PF)100 mm と遮光シートを敷設し、側面は杵堤のままとしている。融解シミュレーションでは、地盤からの熱影響で 8 月末までに底面から 24 cm 程度の融解が見込まれていたが、8 月 21 日現在底面からの融解は数 cm しか進んでいない状況が確認されている。今後、地下水位や地盤温度データ等から保管状況の分析を行う予定である。

氷採取方法は、アイスpond (32 m×32 m) の大水から 1 m×1 m 程度の氷を切り出すため、専用切り出し機(大型丸のこ)方式、ウォータージェット方式及びワイヤーソー方式等での切り出し採取を実施し、現在、作業効率の分析や切り出し方法の改善を検討している。

3-2. 輸送システム実証実験

輸送段階では、空荷の有効利用を目的としていることから、冷凍設備のないトレーラーを使用するため、輸送途中に氷が融解することを前提としている。

このため、輸送船舶や輸送トレーラーの違いによる融解量を実証実験で計測している。現在までの計測では苫小牧から東京に輸送して 13%~26%の融解量となっている。この融解量と輸送船舶・トレー



写真-4 20tトレーラーへの積み込み状況



写真-5 乗船(苫小牧港→東京港)

ラーの種類、氷輸送量及び外気温度等のデータを分析し融解率の相関関係を分析することとしている。現在、梱包資材の材質や形状の違いによる耐漏水性や耐久性についてのデータを収集している。

3-3. 利用システム実証実験

東京都墨田区の既存オフィスビルに 40 m³ の氷蓄熱水槽を設置し、氷冷熱を供給している。7 月の平均データでは 10 t の氷投入で、このビルのオフィス約 5 万 m² を 1 日冷やす冷房負荷の約 4 %をまかなっている。

氷蓄熱水槽に投入する氷は 1 m×1 m×0.4 m 程度の大きさで、10 t 投入時で約 12 時間冷熱を供給している。これは、大きな氷塊であっても効率よく融解し冷熱を供給できることを示している。

また、融解水の有効利用を図るため、融解水質を分析し、水洗トイレ用水や景観緑地などの修景用水等に利用するために必要な水処理方法等を検討する。



写真-6 氷蓄熱水槽への投入状況



写真-7 氷蓄熱水槽内部

4. 今後の展開について

本調査は片荷輸送に悩み経済が低迷する北海道にあっては、雪氷は新たな貨物になり、また、同時に原油の高騰がつづく中で、原油に変わる新たなエネルギー源にもなりうる可能性を調査するもので、我が国経済、特に北海道経済の民主導の自律的な発展のために、できる限り近い将来の事業化を期待している。

また、京都議定書の目標達成のために様々な取組がなされており、今後は環境コストの問題や環境意識のさらなる高まりが予想され、この環境に対する効果も期待している。

今後、システム全体の課題の抽出及び検証のため実証実験を10月中旬までの予定で実施し、その実証実験の成果をフィードバックして雪氷輸送物流システムの普及・実用化に向けた総合的な検討を行う予定である。

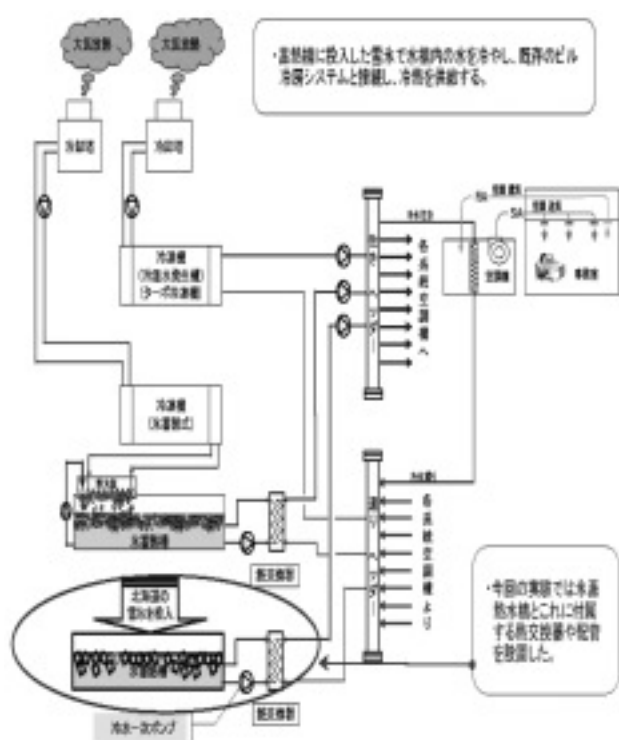


図-2 実証実験施設の冷房システムイメージ