

## 雪堆積場の雪冷熱利用技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地機械技術チーム

研究担当者：片野 浩司、山口 和哉、永長 哲也、  
田中 隆夫、平 伴齊

### 【要旨】

再生可能エネルギーである雪冷熱エネルギーの利用は、地方自治体、民間等によってこれまでも検討され一部で実用化されているものの、集雪コストが嵩むことが課題であった。また、利用する場合でも屋外で雪を保存し冷熱エネルギーを利用する方法については技術的に体系化されていないという課題がある。一方、道路除排雪には、札幌市など都市部の雪堆積場の確保が年々困難となり、遠隔地化しているため、排雪ダンプトラックの輸送距離が長くなり、運搬排雪コストが増大しているといった課題がある。

このような背景から、雪冷熱エネルギーの利用促進及び運搬排雪コストの削減を図るため、雪堆積場における雪冷熱利用技術について検討している。平成 25 年度は美唄市東明（美唄地域人材開発センター内）に実験用雪山を造成、実証実験を行った。

実証実験において、採熱箇所を雪山の下面又は表面とする方式を検討した。雪山の下面に採熱管を設置し、雪及び融解水から採熱管を介した冷媒（水、空気）へ熱交換を行うことで採熱する雪山下面方式は、安定して採熱できることを確認した。雪山の表面に採熱管を設置し、雪により冷やされた空気を取得することで採熱する雪山表面方式は、採熱は可能であったが、採熱量当たりの融解量が多く、より効率的に採熱するための検討が必要であることがわかった。

キーワード：雪堆積場、雪冷熱、再生可能エネルギー、運搬排雪

### 1. はじめに

再生可能エネルギーである雪冷熱エネルギーは、新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法において、新エネルギーに位置付けられており、再生可能エネルギー導入を推進する取組は、東日本大震災以降活発化している。また、平成 24 年 3 月に豪雪地帯特別措置法が改正され、雪冷熱エネルギーの活用促進にかかる規定が追加された。

雪冷熱エネルギーの利用にあたっては、地方自治体、民間等で冬期に除排雪で集めた雪を夏期の冷房や農産物の冷蔵に使用するなど、これまでも検討され、一部で実用化されているものの、冷熱源となる雪を集めるコストが嵩むという課題があった。また、利用する場合でも、屋外で雪を保存し雪冷熱エネルギーを利用する方法については技術的に体系化されていないという課題がある。

一方で、道路除排雪の観点からは、道路管理者には、札幌市などの都市部では、雪堆積場（道路除雪によって堆積した雪の運搬先）の確保が年々困難となり、遠

隔地化しているため、雪を積んだダンプトラックの輸送距離が長くなることによって、運搬排雪コストが増大しているという課題に直面している。

このような背景から、雪冷熱エネルギーの利用促進及び運搬排雪コストの削減を図るため、雪堆積場における雪冷熱利用技術について検討している。平成 25 年度は美唄市に実験用雪山（以下「雪山」という）を造成、実証実験を行った。

### 2. 雪山の概要

平成 24 年度の基礎実験<sup>1)</sup>を踏まえ、雪堆積場に適した採熱方法を検討のうえ、平成 25 年度に向けた雪山を設計した。

#### 2. 1 平成 24 年度基礎実験

平成 24 年度は、道路排雪でも雪冷熱エネルギーを採取できるかを確認するため、2 種類（全空気式、冷水循環式）の採熱方法による基礎実験を行った。また、効率的な採熱箇所を検討するため、雪山下面の地中部について地中温度の測定などを行った。

なお、218m<sup>3</sup> (12.0×12.0×3.5m) の雪山を各実験毎に造成した。

### 2. 1. 1 全空気式

全空気式は、雪山で冷却された空気を送風機を用いて施設に送風する方式である。システム構築がシンプルであり、比較的高湿度の冷気を供給できること、雪のフィルター効果（室内の粉塵、臭いなどの吸着削減効果）が発揮されることなどの特徴を有する。

基礎実験では、冷熱を引き込むために雪山内部に設置したトラフ周辺から融解が進行し、空洞が大きく成長することに伴い、雪山が局部的に崩壊し、断熱材の下から雪山が露出し融解を助長したため、亀裂箇所の断熱材の補充など頻繁なメンテナンスが必要であった。

### 2. 1. 2 冷水循環式

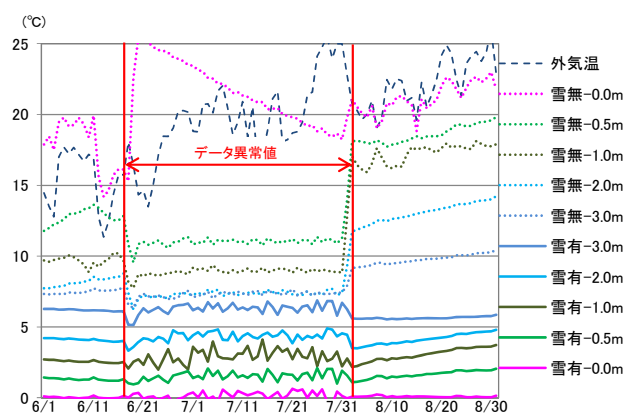
冷水循環式は、雪山で冷却された水を循環ポンプを用いて施設に送水する方式である。電気式の冷房と同じ効果を得られること、サーモスタット等を付設すると温度制御が容易にできることなどの特徴を有する。

基礎実験では、雪山下面から段階的に雪を融解させるため、雪山の大きな崩壊はなく安定した状態を維持できた。

### 2. 1. 3 地中温度の検証

雪山下面の地中部を採熱箇所として利用できるか検討するため、雪山下面及び地表に雪がない箇所の地中温度について、深度 0.0m から -3.0m まで計測を行った。

図一に示すとおり、地表に雪がない箇所では外気温の影響で地中温度が上昇するのに対して、雪山下面の地中温度は、深度が浅い箇所(-0.5~0.0m)では、低温度で推移することから、雪山下面を採熱箇所として利用できることがわかった。



図一 地中温度の推移

## 2. 2 平成 25 年度実証実験

平成 24 年度の基礎実験の結果、雪山内部にトラフなどの構造物を設置した場合、雪山内部からの融解を促進し、雪山の局部的な崩壊による断熱材の補充などの作業が多く生じたことを踏まえ、雪山内部から冷熱を採取しない次の 2 箇所からの採熱方法を検討し、雪山の設計及び造成を行った。

### 2. 2. 1 雪山下面の利用

雪山の下面に採熱管を設置し、雪及び融解水から採熱管を介した冷媒（水、空気）へ熱交換を行うことにより採熱する。雪山下面から面的に冷熱を採取するため、局部的な崩壊が起こりにくく、融解による雪山の形状変化は安定したものとなる。更に、採熱管を介して熱交換を行うため、融解水に含まれる異物などが採熱管内に混入することがなくなり、計測室内の送風機 (FCU) 内の配管の目詰まりなどによる故障を防止することができる。

### 2. 2. 2 雪山表面の利用

雪山の表面に採熱管を設置し、雪により冷やされた空気を取得することにより採熱する。雪山表面から面的に冷熱を採取することができるほか、雪山造成後に採熱管を設置することができる。

### 2. 2. 3 雪山の設計及び造成

採熱用の雪山は、表一のとおり採熱方法と採熱箇所別に 4 種類の設計を行い、美唄市内の癸巳雪堆積場から道路排雪を運搬して、美唄市東明（美唄地域人材開発センター内）に造成した。

平成 25 年度は雪山を大きくすることで断熱材の補充など補修頻度に違いがあるかを検討するため、約 2,000m<sup>3</sup> の雪山を 1 基造成して実験を行った（写真一 1）。

表一 実験の種類

	採熱方法	採熱箇所	採熱材料
実験 A	冷水	雪山下面(融解水浸透)	架橋ポリエチレン管
実験 B	循環式	雪山下面(融解水滞留)	(13A) 無孔管
実験 C	全空気式	雪山下面	波付ポリエチレン管 (200A) 無孔管
実験 D		雪山表面	排水性舗装用導水管 (35A) 有孔管
雪山規模	底辺×高さ 34.0×22.0×4.0m 勾配比 1.3:1.0 体積(形状) 2,000m <sup>3</sup> (四角錐台)		

実験 1 区画当たりの面積は、雪山下面利用の実験 A～C は、幅 5.0m×奥行 10.0m とした。雪山表面利用の実験 D は事例がほとんどなく、実際に得られる採熱量が明らかでなかったため、天端と法面を利用して採

熱面積を大きく取り、幅 9.65m×奥行 10.0mとした。また、雪山高さは、採熱による融解高さ 2.0mに自然融解量分 2.0mを加えた 4.0mとした。雪山と各実験の配置状況を図-2に示す。

雪山から得られた雪冷熱エネルギーに対し熱負荷を与えるため、計測室には仮設ハウス（1.8m×3.6m）を採用した（写真-2、写真-4）。

雪山の断熱材には、伐採小木などを粉砕したバーク材を使用し 300mm の厚さで被覆した。

実験は、6月3日より開始し、各実験の雪山からの雪冷熱エネルギーの取得量による比較検証を行うため、往・還ヘッダー（冷水循環式の場合）又は往・還チャンバー（全空気式の場合）、計測室内の温度、外気温度を計測した。また、風向、風速などの気象観測、定点カメラによる雪山の形状変化の観測、定期的な測量などを実施した。



写真-1 雪山全景

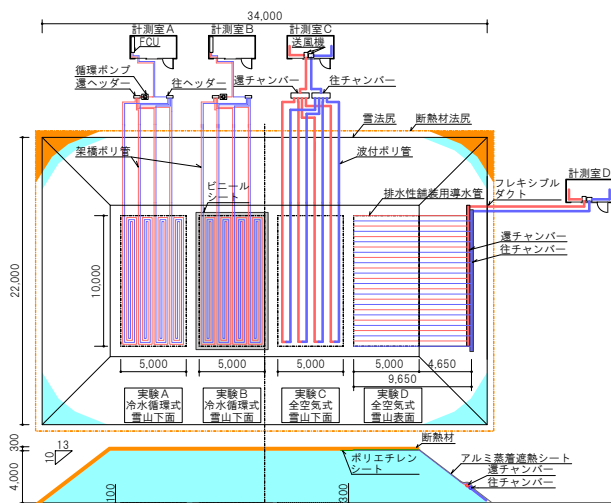


図-2 雪山と各実験の配置状況

## 2. 3 実験種類と採熱管布設

4種類の実験の詳細について以下に示す。

### 2. 3. 1 実験A（冷水循環式、雪山下面）

実験Aは、採熱箇所を 100mm 掘削した地面に架橋ポリエチレン管（口径 13mm の無孔管）を布設し、掘削土砂により埋戻した。

雪山から地中への熱伝達による温度低下と融解水の浸透による採熱管周囲の温度低下を利用して架橋ポリエチレン管で熱交換した水を、定格で運転させた循環ポンプ（口径 25mm、20L/min）にて計測室内に設置した送風機（FCU）に送水し、再度雪山に戻した。採熱管布設状況、計測室を写真-2に示す。



写真-2 採熱管布設（左）、計測室（右）

### 2. 3. 2 実験B（冷水循環式、雪山下面）

実験Bは、採熱箇所を 100mm 掘削した地面に、採熱管への熱伝達向上を図る目的で、融解水を採熱管周囲に滞留させるためのビニールシートを布設し、その上に架橋ポリエチレン管（口径 13mm の無孔管）を設置し砕石により埋戻した。

実験Aと同様に架橋ポリエチレン管で熱交換した水を、定格で運転させた循環ポンプ（口径 25mm、20L/min）にて計測室内に設置した送風機（FCU）に送水し、再度雪山に戻した。採熱管布設、埋戻し状況を写真-3に示す。



写真-3 採熱管布設（左）、埋戻し（右）

### 2. 3. 3 実験C（全空気式、雪山下面）

実験Cは、採熱箇所を 300mm 掘削した地面に、波付ポリエチレン管（口径 200mm の無孔管）を布設し、掘削土砂により埋戻した。

波付ポリエチレン管で熱交換した空気を、定格で運転させた送風機 (7m<sup>3</sup>/min) にて計測室内に送風し、再度雪山に戻した。採熱管布設状況、計測室を写真-4に示す。なお、冷水循環式との配管径の違いは、両者とも同程度の冷熱エネルギー量を採用するためであり、空気を冷媒とした方が大きな径の配管が必要となる (写真-2、写真-4)。



写真-4 採熱管布設 (左)、計測室 (右)

### 2. 3. 4 実験D (全空気式、雪山表面)

実験Dは、雪山造成後に雪山表面 (天端及び法面) に有孔管である排水性舗装用導水管を布設し、その表面に断熱及び外気との遮断のためシートを布設した。

雪の表面で直接熱交換し冷却した空気を定格で運転させた送風機 (7m<sup>3</sup>/min) にて計測室に送風し、再度雪山に戻した。採熱管布設状況を写真-5に示す。



写真-5 採熱管布設法面 (左)、天端 (右)

なお、6月3日からの実験で、雪山表面から採熱可能であることは確認出来たものの、当初は往チャンバーと還チャンバーを近接して配置したため、還チャンバーより吹き出した空気は、採熱箇所全体に行き渡ることなく、近くに設置した往チャンバーから吸引され、雪山表面で冷やされた空気を十分に吸引することができなかった。また、還チャンバー周辺の雪の融解が多かった。そこで7月2日より、実験面積を実験A～Cと同様に幅 5.0m×奥行 10.0mに変更するとともに、チャンバーの配置を法面上部と下部に変更した。そのため、法面上部より採熱箇所に行き出した空気は、法面下部のチャンバーより吸引できるようになり、採熱箇所全体に行き渡りようになり効果的に採熱できるよ

うになった。変更前後の断面図を図-3、採熱管、シート布設状況を写真-6に示す。

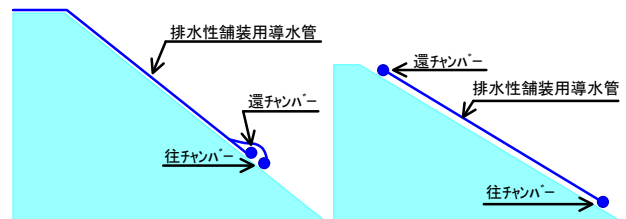


図-3 実験D変更前 (左)、変更後 (右)



写真-6 採熱管布設 (左)、シート布設 (右)

## 3. 実験結果及び考察

### 3. 1 形状変化

6月3日から8月31日時点までの雪山形状変化を写真-7に示す。全体的に融解が進んだため、雪山の局部的崩壊など大きな形状変化は起きなかった。

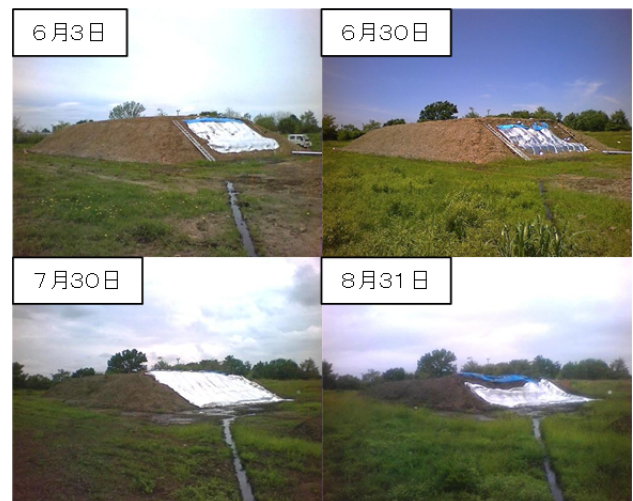


写真-7 雪山形状変化 (6月3日～8月31日)

雪山を大きくしたことによる断熱材のメンテナンス性に与える影響については、平成24年度の基礎実験では天端及び法面境界部などにできた亀裂への断熱材の補充による補修作業が頻繁に必要であったが、平成25年度は1カ月から2カ月に1回程度の補修で問題ない

ことが確認できた。これは、雪山自体に大きな形状変化がなかったこともあり、断熱材に亀裂が生じても雪山の融解、縮小による亀裂箇所の移動に合わせて断熱材も追従したためと思われる。断熱材亀裂状況を写真-8に示す。



写真-8 断熱材亀裂状況

### 3.2 融解量

#### 3.2.1 雪山下面利用

6月3日から8月31日時点までの融解量(自然融解量及び採熱による融解量)は、表-2に示すとおり、実験Aは88.0m<sup>3</sup>、実験Bは84.5m<sup>3</sup>、実験Cは80.5m<sup>3</sup>となった。なお、雪山融解分のエネルギー量は、以下の計算式で算出した。

$$Q = v \times \rho \times L$$

Q：雪山融解分のエネルギー量(MJ)

v：雪山融解量(m<sup>3</sup>)

ρ：雪密度(0.6t/m<sup>3</sup>)

L：融解潜熱(334.88MJ/t)

表-2 雪山下面利用の融解量

項目	単位	実験A	実験B	実験C
雪山融解量	m <sup>3</sup>	88.0	84.5	80.5
雪山冷熱エネルギー量	MJ	17,682	16,979	16,174

#### 3.2.2 雪山表面利用

表-3に示すとおり実験Dの6月3日から7月1日時点までは43.0m<sup>3</sup>、往・還チャンバーの配置を変更した後の7月2日から8月31日までの融解量は60.7m<sup>3</sup>となった。

表-3 雪山表面利用の融解量(実験D)

項目	単位	実験D		
		変更前 6/3~7/1	変更後 7/2~8/31	合計
雪山融解量	m <sup>3</sup>	43.0	60.7	103.7
雪山冷熱エネルギー量	MJ	8,640	12,196	20,836

### 3.3 冷熱エネルギー量

#### 3.3.1 雪山下面利用

6月3日から8月31日時点までに得られた取得冷熱エネルギー量は、表-4に示すとおり、実験Aは8,664MJ、実験Bは9,133MJ、実験Cは7,603MJとなった。雪山融解量から求めた雪山冷熱エネルギー量に対する取得冷熱エネルギー量の比である有効率は、実験Aは49%、実験Bは54%、実験Cは47%となった。図-4~6に取得冷熱エネルギー量の推移を示す。

冷水循環式の実験Aと実験B、全空気式の実験Cとを比較した場合、実験Bの冷熱エネルギー量が多くなった。これは、実験Bが防水のためのビニールシートにより融解水を滞留させるため、地中温度を低く維持できるためである。また、碎石で埋め戻しているため、採熱管周囲の空隙率が高く水に接しやすかったことから、融解水が浸透する実験Aより熱伝達が行われやすかった。ただし、実験Bは、実験Aに対し防水のためのビニールシートなど資材及び施工に追加費用を要しており、冷熱エネルギー量と有効率に対するコスト検証を行う必要がある。

また、実験Cは、空気を媒体としているため、配管等の資材が冷水循環式のものと比較して、採熱管の径が大きくなるなど大がかりなものとなり、それらの施工にコストを要している。また、採熱管内の結露が原因と思われる計測室内のカビ臭が発生したなどの課題も得ることができた。

表-4 雪山下面利用 計測結果

項目	単位	実験A	実験B	実験C
		冷水循環式	全空気式	全空気式
雪山融解量	m <sup>3</sup>	88.0	84.5	80.5
雪山冷熱エネルギー量①	MJ	17,682	16,979	16,174
取得冷熱エネルギー量②	MJ	8,664	9,133	7,603
往ハグラー等平均温度	℃	5.3	4.5	9.9
還ハグラー等平均温度	℃	6.9	5.6	14.6
有効率②/①	%	49	54	47

なお、冷熱エネルギー量(時間当たり)は以下の計算式で算出した。

$$[冷水循環式] \quad Q = q \times \Delta T \times c \times \rho$$

$Q$  : 冷水循環式の冷熱エネルギー量 (MJ/h)

$q$  : ポンプ水量 (L/h)

$\Delta T$  : 温度差 (往ヘッド-, 還ヘッド-) ( $^{\circ}\text{C}$ )

$c$  : 水の比熱 ( $1.0 \times 4.186 \text{ MJ/kg}^{\circ}\text{C}$ )

$\rho$  : 水の密度 ( $1.0 \text{ kg/L}$ )

[全空気式]  $Q = q \times \Delta T \times c \times \rho$

$Q$  : 全空気式の冷熱エネルギー量 (MJ/h)

$q$  : ファン風量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$\Delta T$  : 温度差 (往チャンバ-, 還チャンバ-) ( $^{\circ}\text{C}$ )

$c$  : 空気の比熱 ( $0.24 \times 4.186 \text{ MJ/kg}^{\circ}\text{C}$ )

$\rho$  : 空気の密度 ( $1.293 \text{ kg/m}^3$ )

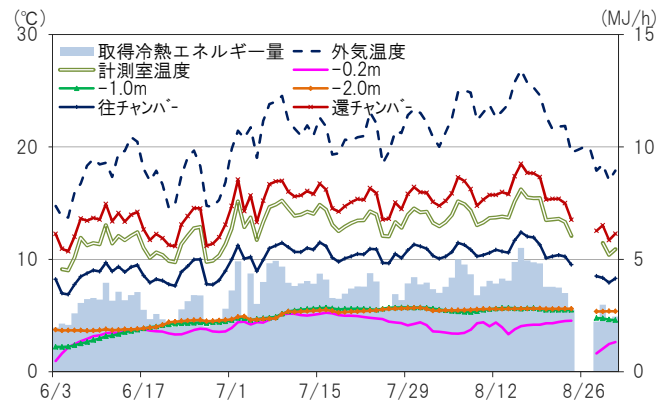


図-6 冷熱エネルギー量 (実験C)

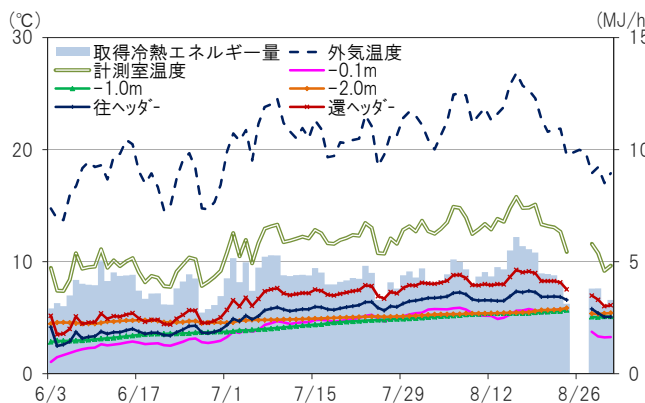


図-4 冷熱エネルギー量 (実験A)

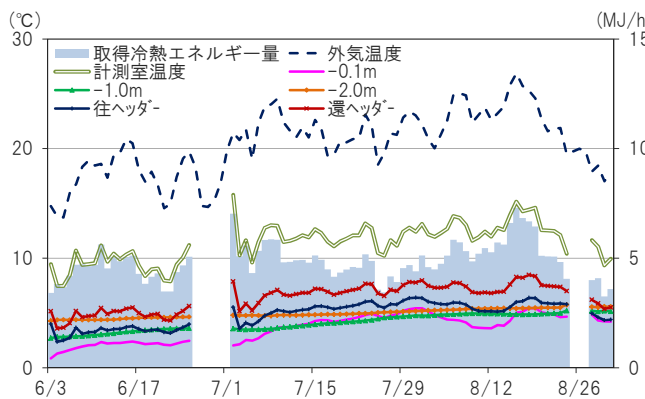


図-5 冷熱エネルギー量 (実験B)

### 3.3.2 雪山表面利用

全空気式の実験Dの取得冷熱エネルギー量は表-5に示すとおり、6月3日から7月1日までは2,909MJ、7月2日から8月31日時点までの取得冷熱エネルギー量は5,414MJとなった。雪山融解量から求めた雪山冷熱エネルギー量に対する取得冷熱エネルギー量の比である有効率は、6月3日から7月1日までは34%、7月2日から8月31日時点までは44%となった。これは、往、還チャンバーの設置が近接していた当初の方式では、還チャンバーより吹き出した空気は、採熱箇所全体に行き渡ることなく、近くに設置した往チャンバーから吸引し、雪山表面で冷やされた空気を十分に吸引することができなかった。しかし、チャンバーの配置を変更した後、法面上部に配置した還チャンバーから吹き出した空気は、法面下部に配置した往チャンバーへと循環する空気が採熱箇所全体に行き渡ることになったことから、有効率が1割程度向上したと思われる。図-7に冷熱エネルギー量の推移を示す。

表-5 雪山表面利用 (実験D) 計測結果

項目	単位	変更前	変更後
雪山融解量	$\text{m}^3$	43.0	60.7
雪山冷熱エネルギー量①	MJ	8,640	12,196
取得冷熱エネルギー量②	MJ	2,909	5,414
往チャンバ-平均温度	$^{\circ}\text{C}$	9.2	9.9
還チャンバ-平均温度	$^{\circ}\text{C}$	19.6	20.6
有効率②/①	%	34	44

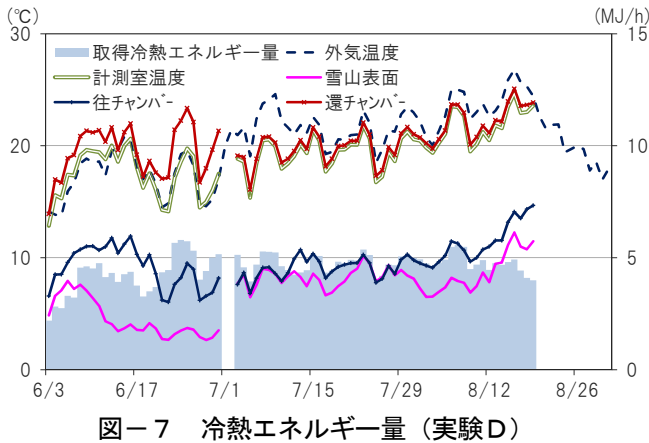


図-7 冷熱エネルギー量 (実験D)

本実験で雪山表面からでも採熱が可能なが確認できたが、融解量が多く、採熱管上部に布設しているシートの亀裂などの課題も判明した。しかし、雪山造成後に採熱管を設置できるため、運用時の故障などに対しても対応が可能であり、メリットは多い。今後は、採熱管の設置位置、採熱管上部シートなどについて、検討を行いたい。

#### 4. 平成 26 年度の実験に向けた雪山検討

平成 25 年度の実証実験で得られた結果を踏まえ、雪堆積場に適した採熱方法を検討の上、平成 26 年度に向けた雪山を設計し、美唄市東明（美唄地域人材開発センター内）に造成した。

##### 4. 1 冷水循環式の検討

###### 4. 1. 1 検討方針

冷水循環式は、実験Bの採熱効率がよい結果であった。しかし、施工コストを考えると実験Aの方が実験Bより低コストであることから、実験Aの施工方法について検討した。

平成 25 年度に実施した実験Aでは、採熱管を保護するための雪山の埋設深度が課題としてあげられた。

###### 4. 1. 2 埋設深度

冷水循環式は、融解水を用いて熱交換することから、雪山の下に採熱管を埋設することが基本となる。平成 25 年度実施した雪山下面の採熱管埋設深さ 10 cm にした場合には、配管の破損を避けるため、雪山を造成する際に 2 段階の造成が必要である。

具体的には、第 1 段階目として、雪山下面に埋設する配管の上に直接重機が乗らないよう配慮するため、ダンプトラックで運搬してきた排雪を採熱管エリア以外に一旦おろす。その後、パワーショベルなどにより 0.5m~1.0m 程度の高さの雪山を造成し、締固めを行う。第 1 段階の雪山造成後、ダンプトラックやブルドー

ザーで第 2 段階目以降の本格的な雪山を造成する。図-8 に 2 段階雪山の造成イメージを示す。

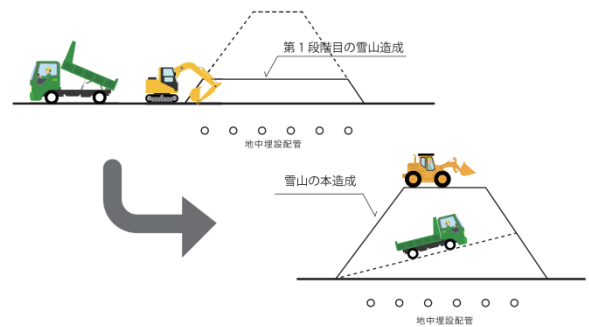


図-8 2 段階雪山造成のイメージ

このような 2 段階造成は、雪山造成の効率が著しく低下するため、採熱管の埋設深度を検討し、効率的な施工が行えるよう検討した。埋設する架橋ポリエチレン管は、品質を保証する強度が設定されていないが、架橋ポリエチレン管工業会の技術資料より施工基準を参照し、埋設深度を 60 cm 及び 30 cm に設定した。なお、平成 24 年度の基礎実験の結果から、深度-0.5m 付近の地中部は低温で推移することがわかっている。

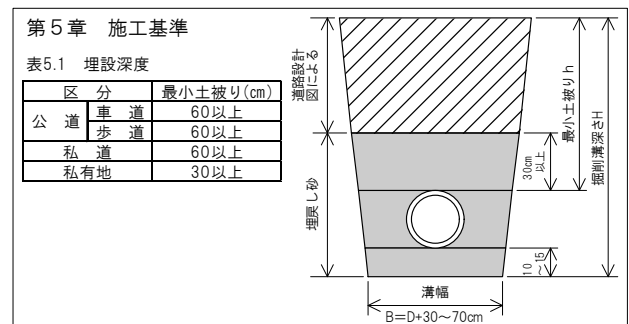


図-9 架橋ポリエチレン管の施工基準 (埋設工法)

#### 4. 2 全空気式の検討

##### 4. 2. 1 検討方針

全空気式は、冷水循環式と比較し採熱効率が悪く、施工コストも高い傾向がある。その中で実験Dの雪山表面で熱交換を行う方式は、現時点では実験Cと同様に高コストであるが、雪山造成後に設置でき、設置場所や利用規模をその都度変更することが容易であることから、有効なシステムになりうると考えられる。そのため、実験Dをベースに全空気式について検討した。

平成 25 年度に実施した実験Dでは、①採熱効率の低下、②イニシャルコストが高いことが課題としてあげられた。

#### 4. 2. 2 採熱効率の低下

実験Dでは、時間経過とともに雪山の融解が進み、また、採熱による雪山法面部分からの融解も進むことから、これらの融解の進行に伴い、地盤面に近いチャンバーや採熱管が地盤面に接し、冷熱を採取できる面積が減少していく。図-10に平成25年度における雪山融解と採熱部分の推移のイメージを示す。

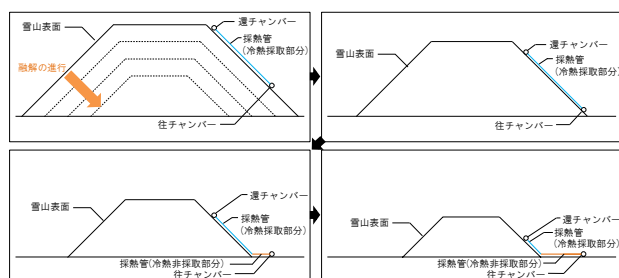


図-10 雪山融解と採熱部分の推移 (H25年度)

その改善方策として、雪山上面を利用することとした。なお、雪山上面に採熱部分を持つることにより、バーク材で覆うことが可能となるため、高い断熱効果により、熱損失が抑えられ効率的な冷熱利用が期待できる。

#### 4. 2. 3 イニシャルコスト

イニシャルコストは、採熱管とシートの購入費について見直しを行った。

平成25年度は、採熱管を法面に設置しており、「雪山表面」-「安全ネット」-「排水性舗装用導水管」-「アルミ蒸着シート」という構成であった。

この中で、排水性舗装用導水管の単価が高いことから、それに代わる採熱管として、雪山の形状変化に追従でき、可撓性のある有孔樹脂排水管を選定した。

シートについては、バーク材での断熱が可能であることから、高額なアルミ蒸着遮熱シートを汎用性の高いポリエチレンシートに変更した。

### 5 平成26年度実験用雪山の概要

#### 5. 1 実験種類

採熱方法検討の結果、以下の3種類の実験を行うこととした。

##### (1) 実験A (冷水循環式、雪山下面)

実験Aは、実験箇所を30cm掘削した地面に架橋ポリエチレン管を敷設し、掘削土砂により埋戻した上に雪山を造成する。

地中への雪山からの温度伝達と融解水の浸透によつ

て、配管周囲の温度を低下させることを利用して熱交換を行う。

##### (2) 実験B (冷水循環式、雪山下面)

実験Bは、実験箇所を60cm掘削した地面に架橋ポリエチレン管を敷設し、掘削土砂により埋戻した上に雪山を造成する。採熱方法は実験Aと同様である。

##### (3) 実験C (全空気式、雪山表面)

実験Cは、雪山造成後の雪山表面(天端)に樹脂製有孔排水管を敷設し、配管上部に外気との遮断のためのシートを敷設する。

雪山表面とシートとの間の冷却された空気を送風機にて送風する。

#### 5. 2 雪山規模

検討した実験用雪山を美唄市東明(美唄地域人材開発センター内)に、美唄市内の癸巳雪堆積場から道路排雪を運搬して雪山を造成し、表-7に示す規模の雪山を1基造成した。

実験は3種類行うこととしたことから、実験1区画当たりの面積を幅2.5m、奥行10.0mとし、雪山高さは冷熱採取のための高さを2.0m、自然融解量を2.0mを見込んだ。法勾配比を1.3:1.0としたため、融解量を考慮し、底辺は幅26.0m奥行き22.0mとした。

雪山規模を表-7、雪山全景を写真-11、配置図を図-11に示す。

表-7 実験用雪山の規模

	採熱方法	採熱箇所	採熱材料
実験A	冷水	雪山下面	架橋ポリエチレン管 (13A) 無孔管
実験B	循環式	雪山下面	
実験C	全空気式	雪山表面	樹脂製有孔排水管 (50A) 有孔管
雪山規模	底辺 × 高さ	26.0 × 22.0 × 4.0m	
	体積(雪密度)	1,400m <sup>3</sup> (0.6t/m <sup>3</sup> )	



写真-11 雪山全景



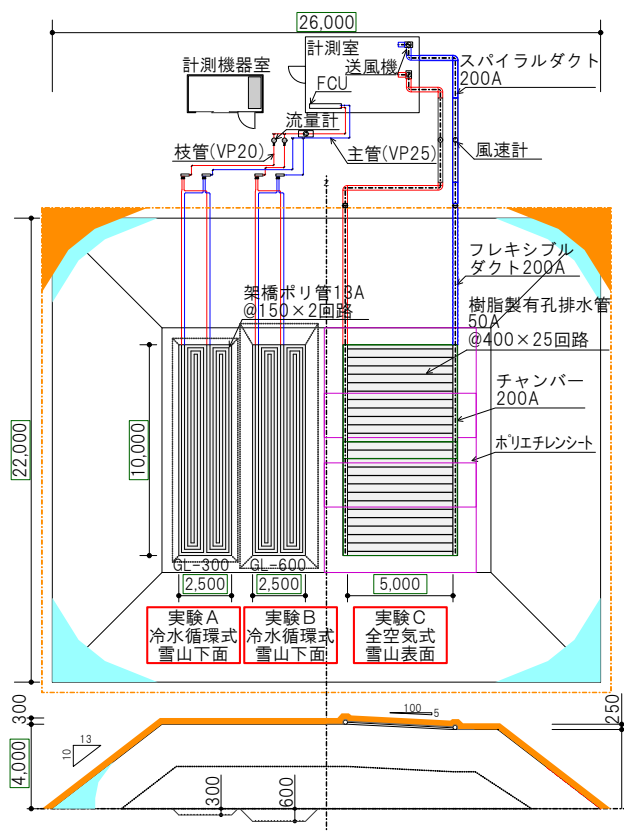


図-11 配置図

## 6. まとめ

雪堆積場の雪冷熱利用技術について、平成 25 年度は実験用雪山を造成して実証実験を行った。実証実験では、採熱箇所を雪山の下面又は表面とする方式を検討した。

その結果、雪山下面方式は、冷水循環式の実験 A (融解水浸透) と実験 B (融解水滞留)、全空気式の実験 C とも安定して採熱することができた。雪山融解量から求めた雪山冷熱エネルギー量に対する取得冷熱エネルギー量の比である有効率は、実験 A は 49%、実験 B は 54%、実験 C は 47% となり、実験 B の有効率が最も良かった。これは、実験 B が防水シートによって融解水を滞留させるため、地中温度を低く維持できたからである。更に砕石で埋戻すことで、採熱管周囲の空隙率が高く水に接しやすかったため、融解水が浸透する実験 A よりも熱伝達が行われやすかったと言える。

また、雪山表面方式における、全空気式の実験 D は採熱可能であったが、有効率は、44% (チャンバー配置変更後) と実験 A、B、C より低かった。

この実証試験の結果を受けて、採熱方法及び冷熱採熱管の検討を行い、平成 26 年度に向けて雪山を美唄市東明に造成した。採熱方法は冷水循環式と全空気式と

し、採熱方法を雪山下面地中部と雪山表面とした 3 種類の実験を平成 26 年 6 月より実施する。

今後は、雪山造成、採熱管布設等のコスト検証を行い、雪山造成及び採熱管等の施工方法、造成後の雪山のメンテナンス、冷熱取得後のゴミ等の処理など、道路排雪を利用する上での問題点について整理していく。

## 参考文献

- 1) 永長哲也, 片野浩司, 山口和哉: 雪堆積場の雪冷熱利用技術に係る基礎実験について、第 56 回(平成 24 年度)北海道開発技術研究発表会、2013. 2
- 2) 美唄自然エネルギー研究会: 平成 22 年度「美唄自然エネルギー研究会 研究活動報告書」、平成 23 年 6 月
- 3) 本間弘達, 浅川勝貴, 船木淳, 山上重吉, 媚山政良: “雪山”の造り方、第 23 回寒地技術シンポジウム論文・報告集 pp13-16、2007. 12

## A STUDY ON TECHNOLOGY TO USE COOL ENERGY FROM SNOW OF SNOW DUMPING SITES

**Budgeted** : Grants for operating expenses (general account)

**Research Period** : FY2011 - 2014

**Research Team** : Machinery Technology Research Team

**Author** : KATANO Koji

YAMAGUCHI Kazuya

EINAGA Tetsuya

IGARASHI Tadashi

TANAKA Takao

### **Abstract** :

The use of the cold energy of snow, a renewable energy, has been reviewed by municipalities and private companies. Although projects for using snow energy have been partially implemented by some of those entities, there are several problems: First, the costs of collecting sufficient amounts of snow are high; second, there are no systematized methods for storing snow outside; and third, the cost of hauling away removed snow has been increasing. It is more difficult year by year to secure enough snow dumping sites in Sapporo and other urban areas; thus, snow dumping trucks have to carry snow to more remote sites.

Aiming to promote snow energy utilization and to reduce the cost of snow hauling, we have been discussing effective methods for using the snow energy at snow dumping sites. In fiscal 2013, we built a snow mound in Tomei, Bibai (on the premises of the Bibai Local Human Resource Development Center) to test the feasibility of extracting heat from the underside and the upper surface of the snow mound. By installing a heat-collecting pipe on the underside of the mound and extracting heat from snow or snowmelt water to pipe the heat into refrigerants of water and air (the "undersurface" system), it was confirmed that heat was stably extracted. By installing the pipe on the surface of the snow mound and extracting snow-cooled air (the "surface" system), it was also confirmed that heat can be extracted, but the dissolution of the mound became greater as the heat was extracted. Further studies are necessary to find more efficient methods for extracting heat.

**Key words** : snow dumping site, cool energy from snow, renewable energy, snow hauling