



雪山貯蔵による雪および冷熱利用に関する研究報告 ～美唄雪山プロジェクト2007の取り組み(その2)～

メタデータ	言語: jpn 出版者: 北海道開発技術センター 公開日: 2012-09-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 本間, 弘達, 山上, 重吉, 媚山, 政良, 館下, 誠, 船木, 淳, 浅川, 勝貴 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/1635

雪山貯蔵による雪および冷熱利用に関する研究報告 ～美唄雪山プロジェクト2007の取り組み(その2)～

本間弘達¹⁾, 山上重吉²⁾, 媚山政良³⁾, 笹下誠⁴⁾, 船木淳⁵⁾, 浅川勝貴⁶⁾

- 1) 伊藤組土建株式会社
- 2) 美唄自然エネルギー研究会
- 3) 室蘭工業大学
- 4) 株式会社日新工業
- 5) 株式会社創建
- 6) 岩田地崎建設株式会社

Experiment Report : Use of the Snow and Cool Energy by Snow Mound.
～Approach of The Project 2007 of Snow Mound in Bibai (Part 2)～
K. HOMMA¹⁾, J. YAMAGAMI²⁾, M. KOBIYAMA³⁾, M. TATESHITA⁴⁾,
A. FUNAKI⁵⁾, K. ASAKAWA⁶⁾

- 1) Itogumi Construction Co.,Ltd.
- 2) The Bibai Natural Energy Research Association
- 3) Muroran Institute of Technology
- 4) Nisshinn Kogyo Co.,Ltd.
- 5) Soken Co.,Ltd.
- 6) IwataChizaki Construction Co.,Ltd.

第23回 寒地技術シンポジウム

2007年12月12, 13, 14日



1 はじめに

美唄自然エネルギー研究会では、中小雪山の貯蔵技術の基礎的研究、新たな雪山活用方法の模索、雪山技術の普及などを目的に2005年度より雪山実験を繰り返しおこなってきた。^{2) 3)} 2007年度の実験雪山についての概要や各種イベントなどへの給雪等の雪利用、および、雪山のソフト的活用については別論(その1)で述べたが、本論では、とくに、雪山実験施設において、本年度に実施した研究成果について述べる。

本年度は、大きく分けて4つの研究をおこなった。

1つ目は、夏期にイベント等で綺麗な雪を取り出せるような、簡便な雪の保存方法の研究。2つ目は雪山内に雪室を設置し、花卉や、野菜、雪玉などの雪温貯蔵研究。3つ目は雪山下部からの水媒体による冷熱取得とその熱利用の研究。4つ目は雪冷熱を利用した停滞性水域の水質浄化作用の研究である。本論では、これらの研究の概要や結果について報告する。



Fig. 1.1 美唄雪山プロジェクト2007の雪山

2 供給用雪の保存研究

冬には厄介者の雪も、夏期には需要が多く、イベントや観光の主役となる。雪の白さと涼しさのイメージは人々の心をひきつける魅力があり、とくに東南アジアからの観光客には評判が良い。そのような需要に応えるためには、白く綺麗な雪を夏期まで保存する必要がある。かつ、雪山から簡易的に雪を取り出せる構造としなければならない。2005年度は、農業用スチールコンテナに雪を詰めて積み重ね、保存を試みた。翌年には、さらに簡便な方法を検討し、大型土嚢袋に雪を詰めて積み重ねた。しかし、この方法では袋と袋の間の雪が圧密により袋周囲に固着し、搬出作業を困難にした。

2.1 研究概要

これらの経験より、2007年度は以下のような保存方法に変更した。①高さ500mmに雪を台状に堆積し、②綺麗な雪を充填した大型土嚢袋を敷き並べ、③袋周囲に

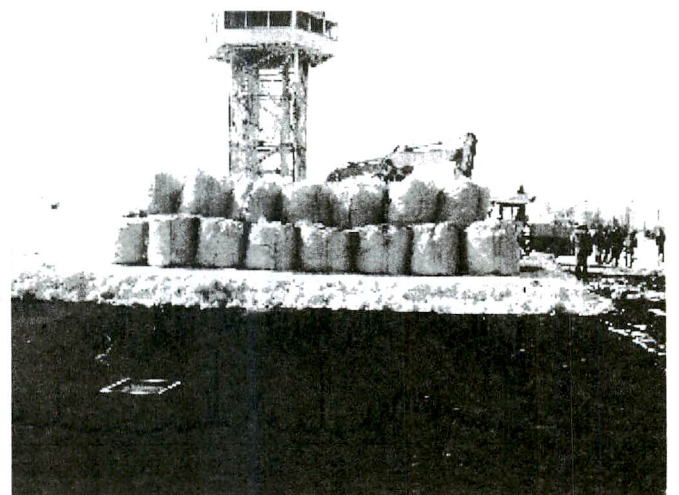


Fig. 2.1 土嚢袋の堆積

第23回寒地技術シンポジウム(2007)

は雪をかけずにシートで覆い、④その上に、同様に土嚢袋を敷き並べ (Fig. 2. 1), ⑤シートで覆い、⑥雪を 1 m 堆積し、⑦断熱材 (バーク材 300mm) で覆った。

夏期間、数回の給雪時に円滑に雪の取り出し作業が行えるか、また、保存された雪質についての状況観察などを行った。雪の取り出し作業には、バックホー (油圧ショベル) を利用した。

2. 2 研究結果

土嚢袋の取り出し作業は、袋同士が固結することなくスムーズに行うことができた。保存された雪についても、大きく汚れることなく保存が可能であった。しかし、保存期間が長くなるにつれ、袋内雪の下部が氷化して固くなり雪とは呼べない部分が現れた。これは、圧密により一度解けた雪解け水が、袋内下部で再凍結したために現れた現象と考える。

供給先での袋からの雪の取り出しについては、クレーンやバックホーなどの揚重機を用いた。雪を設置する箇所、一度袋を置き、袋上部の紐を解き上部を大きく開放させた後、袋下部のスリング (吊り紐) をワイヤーで吊り上げて、雪塊を転がし出す要領で袋から雪を取り出す。比較的容易な作業であり、作業効率も良かった。

3 雪山雪室の研究

雪山内部に鉄道貨物コンテナを埋め、雪山内部に簡易的に雪室を作成した。ここでは、本年実施した①野菜の貯蔵、②桜の開花抑制、③雪玉の貯蔵について報告する。

3. 1 野菜の雪温貯蔵実験

5月31日、雪室内に馬鈴薯、サツマイモ、長薯、ニンジン、カボチャ、アスパラガス、ウドを貯蔵した。野菜は、箱に入れたものと雪中に埋めたものを同数保存し、比較を行った (Fig. 3. 1. 1)。

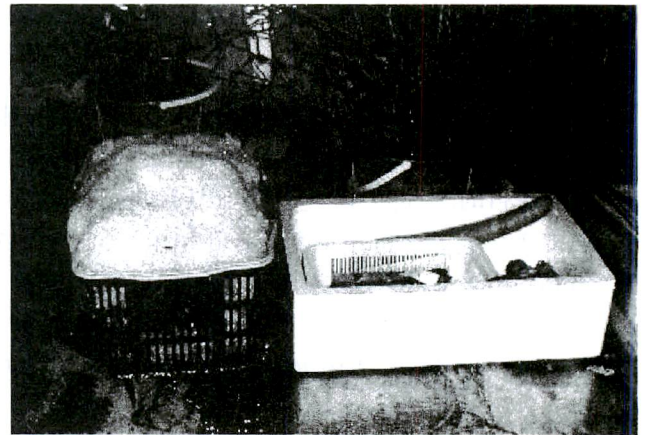


Fig. 3. 1. 1 雪室の中の野菜

美唄雪山プロジェクト2007 雪室実験

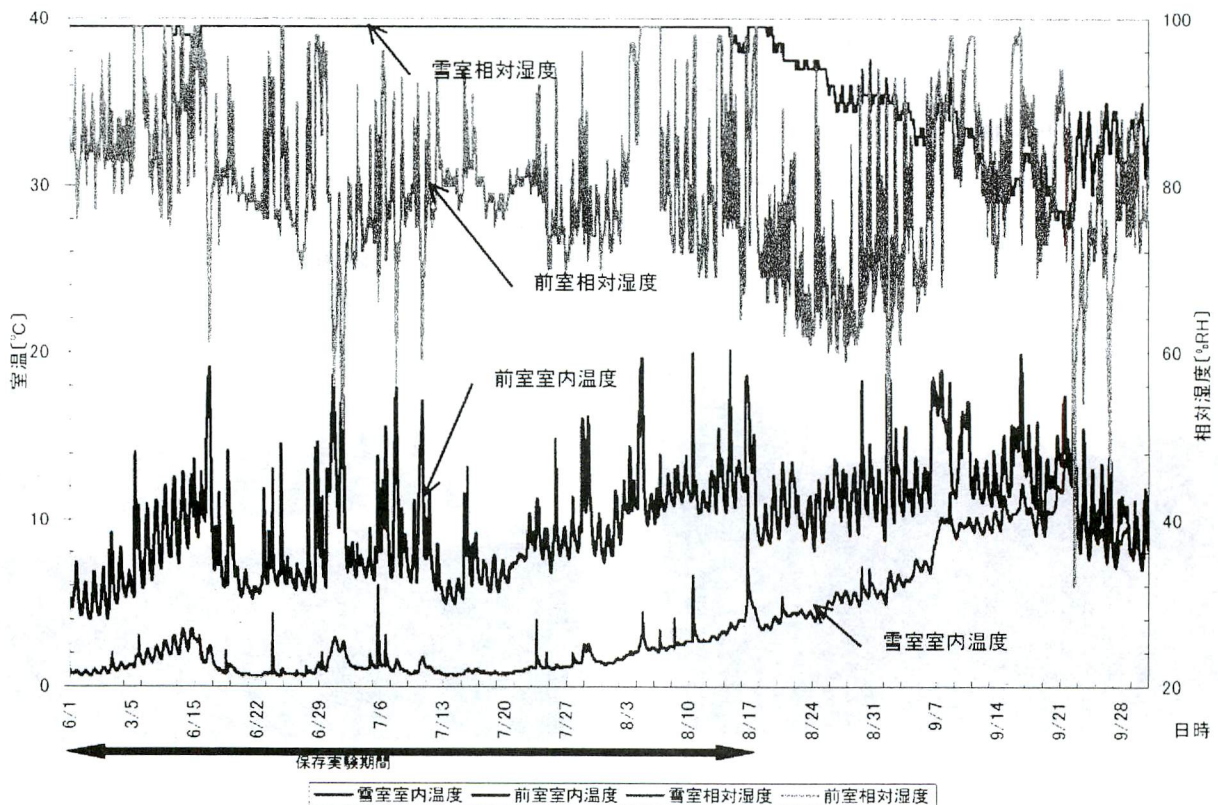


Fig. 3. 1. 2 雪山雪室の中の温湿度環境

第23回寒地技術シンポジウム(2007)

保存期間中の雪室、あるいは前室内の温度・相対湿度の推移を Fig. 3.1.2 に示す。雪室内の室温が急激に上昇している部分、あるいは相対湿度が急激に低下している部分については、作業や視察などの理由により、一時的に扉を開放したために、そのような推移を示した。8月10日にイベント出展のために内部の貯蔵物を搬出したため、保存実験はその時点で終了し、その後は雪室周囲の雪のメンテナンスを実施しなかった。

保存実験期間中は、雪室内の温度は概ね4[°C]以下を維持し、相対湿度についても90[%RH]台後半の高い値を維持し、雪山外部からの出入りが可能な前室を擁する雪山埋設型雪室においても、一般の雪室と同様な内部環境を実現できることが判った。

貯蔵した野菜については、雪中に埋めたものよりも、そのまま箱に入れたものの方が長持ちした。とくに、長薯の貯蔵性が良く、反対にカボチャの貯蔵性が最も悪かった。今秋からは、リンゴの雪温貯蔵の実験を開始したが、結果については次機会に報告する。

3.2 桜の開花抑制実験

桜の枝を雪温で貯蔵し、低温環境下にて開花抑制を行うことで夏期に桜を咲かせることを目的とし、2005年より基礎研究をおこなってきた。2008年7月に開催予定の“北海道洞爺湖サミット”において日本の花の象徴である“桜”で各国を歓迎することを目指し、本年、サミット開催時期と同時期に桜を咲かせる実験を行ったので報告する。

3月29日、北海道美唄市東明の美唄人材開発センター敷地内の桜木(エゾ山桜)より、芽の出始めた枝を1[m]大の長さで約75本採取し、雪山雪室に貯蔵した。桜の枝は、ポリバケツに雪を詰めたものに約15本程度ずつ立てた状態で5組を保存した。6月29日に桜枝をポリバケツごと取り出し、前室において7月1日まで1次昇温を行った。その後、屋外で観察を続けたところ7



Fig. 3.2 7月6日の桜(満開)

月4日ころから徐々に開花し、7月6日には満開となった。(Fig. 3.2)

3.3 雪玉の貯蔵実験

おもにイベントでの利用を目的に雪山雪室内に雪玉を多数保存した。雪玉の製造時期は雪山造成時(3月末から4月初め)、原料となる雪は雪山周辺の新雪部分の雪を用い、製造には雪合戦用の雪玉製造機、あるいは椀状の容器を使用した。製造した雪玉はビニール袋に入れ、発泡スチロールの箱に入れた状態で雪室に積み重ねて保存した。

保存後の雪玉は一部が融解し、みぞれ状の雪塊となり目視では白く綺麗な状態である。

この雪玉について食することが可能であるかを調べるため、食品として適切であるかを調査した。保存後の雪玉について、食品衛生法上の「氷菓」として一般細菌数、および、大腸菌群について分析を行ったところ、Table 3.3のような結果を得、食することが可能であることが判り、夏期の雪を利用したイベントでの雪の汎用性が大きく拡大した。

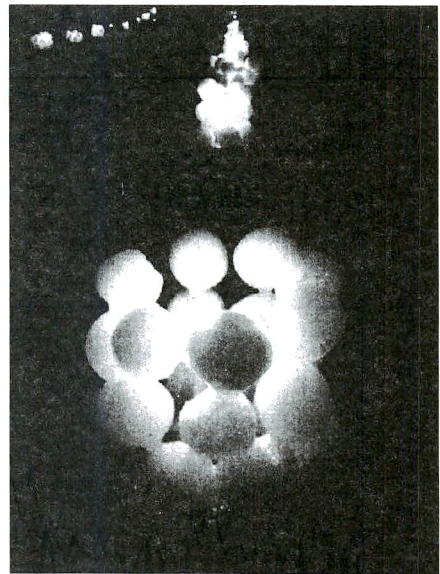


Fig. 3.3 イベント(雪玉ランタン)に使用時の雪玉

Table 3.3 雪玉の菌数検査結果

測定項目	検体
一般細菌数	0 個/ml
大腸菌群	不検出

4. 雪山下冷水利用研究

雪山下部での冷水を媒体とした低コスト、高効率な方法の開発とその冷熱出力の把握を目的とし、2005年よ

り実験を行った。今年度は、とくに、長期間にわたり負荷をかけた場合に雪山下の熱交換効率が低下することなく、安定的に冷熱が出力可能であるか実験により検証した。

4. 1 実験装置

雪山底部にアスファルト舗装による冷水槽(11.0[m]×11.0[m]、高低差0.2[m]のすり鉢状)を築造した。冷水槽中央部にコンクリート柵を設置し(Fig. 2.1 手前側)、その柵と地中埋設管で繋がった雪山横の取水柵内部に設置した水中ポンプにより雪解け水を得る。実験建物(3.6[m]×1.8[m])内に設置したファンコイルユニット(2.33[kW])4機で直接冷房を行い、冷水を雪山下冷水槽端部に戻した。冷熱回収後、戻された水は、雪山下部で雪と熱交換を行い、再び柵へ集められる。雪の融解分、および、雨水による水量増加分の余剰水は、冷水槽周囲の碎石部分に自然浸透させた。

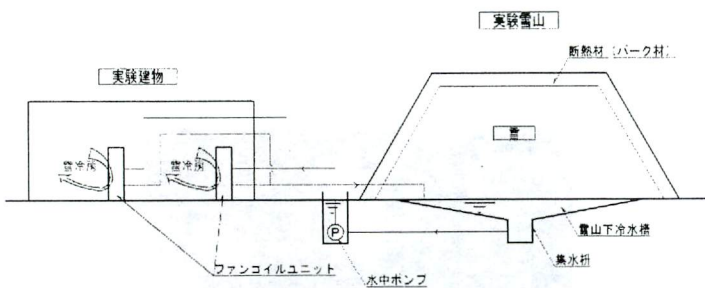


Fig. 4.1 実験装置システム図

4. 2 実験概要

7月23日より8月16日までの25日間、装置を稼働させた。外気温、日射量、各部の温度については自動計測、水量については水量計により定期的に測定した。ただし、計測器については、熱電対;T type (VT-6)、日射計;横河電子機器製 H-205、記録計(データロガー);日置電機(株)製 メモリハイロガー8422、水量計;30A水道用メーターを用いた。

4. 3 実験結果

晴天日の8月12日の日射量と水温の推移を例として示す(Fig. 4.3)。雪山下からの供給冷水の最高温度は10.7[°C]であり、冷房利用に適した水温である。曇天日においては、これよりも低い温度であった。冷熱の利用結果による供給水と戻り水との水温差は平均で3.4[°C]であったが、天候の影響はあまり受けず、実験期間を通じた平均温度差は3.3[°C]であった。循環水の流量は44.5[L/min](2.67[m³/h])であり、雪山下からの冷熱出力は10.2[kW]であった。

実験期間中に得た冷熱量は21954[MJ]であり、水の潜熱により消費した雪の重量に換算すると65.6[t]であり、雪密度を0.6[t/m³]とすると体積は109.3[m³]である。ここで雪山下の冷水槽の容積が8.1[m³]であるから、雪山下部水槽に充填された雪の13.5杯分の使用量となり、0.54[杯/day]の雪を水に換え熱利用したことになる。

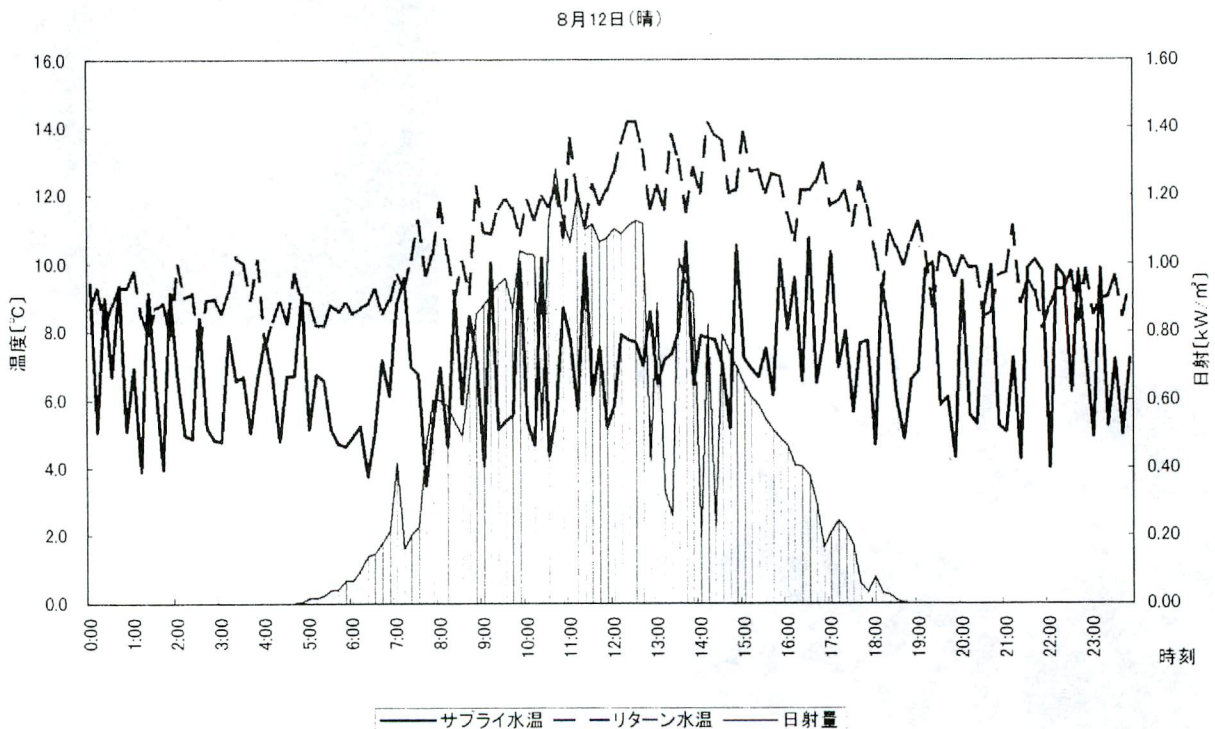


Fig. 4.3 8月12日の日射量と温度

4. 4 雪山下冷水槽からの冷熱出力に関する考察

これまで長期的な雪下冷水槽からの冷熱出力について述べてきた。本規模の装置では、10.2 [kW] の出力であれば長期継続的に取り出すことが可能であり、2006年度の実験からは、連続2日間までの短期間であれば、同規模装置で75 [kW] 程度の冷房出力を得ることが可能であることが確認されている。

北海道沼田町の実験において、Fig. 4. 4. 1 に示すように、雪山下部にブリッジが形成され熱交換の妨げとなった事例が報告されている。本実験では4. 3 に示すように水槽容量以上の雪を継続的に消費しており、水槽内に雪が沈降し続けたことになる。この理由として、本装置の構造が Fig. 4. 4. 2 に示すように、水槽周囲の雪と地面が直接接する部分の幅が、自然融解により失われる雪幅よりも少し大きな2 [m] であり、隣接する実

験エリアについても、北側は鉄道貨物コンテナ(雪室)が設置され、西側は別実験により雪入りの土嚢袋を堆積し、雪が連続してはならず、形成しようとするブリッジの脚部となる部分の雪幅が小さく、雪山全体の沈降を支えきれないためであると考えられる。

実験終了後の雪山解体時(10月26日)には、舗装面と雪との隙間は20 [mm] であり、雪が水槽内の水に浸った状態であった。また水面より50 [mm] ほど上方まで雪に水が染み上がった状態であった。水槽周囲の幅と雪の沈降速度、あるいは浸水部分の熱交換量と沈降との関係は今後の研究で明らかとされることを期待する。

5 停滞性水域の水質改善研究

5. 1 研究目的

沼地のような水質が悪化した停滞性水域等での、雪の冷熱を利用することによる水質改善を目指す。2006年度より研究を開始し、屋外に実験水槽を作製し、模擬的に停滞性水域を再現し、雪冷熱を利用して冷却を実施し、基礎研究を行ってきた。池を部分冷却することで、温度差による対流を発生させ、酸素分の多い池表層の水を池底部の嫌気層へ強制的に送り、池底部の発酵を抑制し、水質を浄化させることを目的とする。

5. 2 実験装置

実験雪山の北側に実験用池(1.8 [m] × 1.8 [m]、深さ2.0 [m])を2基を造り、水道水を溜めた。5月31日より7月24日まで放置し、池表層に藻の発生、および池底の発酵を促進させてから、一方の水槽のみ冷却した。なお、冷却にあたっては雪解け水が水槽内に直接混入しないように、雪山から得た冷水を架橋ボリ製の熱交換ユニットを介し、間接的に冷熱を伝搬した。実験装置の略図を Fig. 5. 2 に示す。

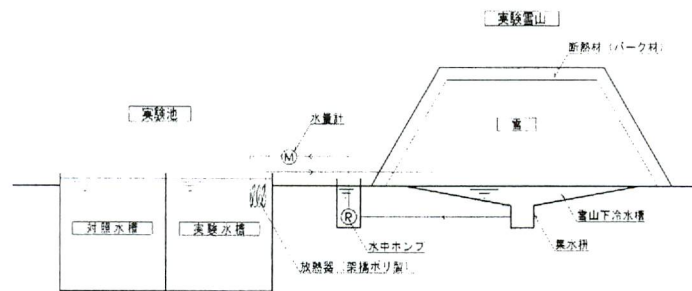


Fig. 5. 2 実験装置システム図

5. 3 実験概要

実験池の設置時より、外気温、日射量、水温を自動計測し、数回にわたり溶存酸素(DO)、導電率(EC)、pH、

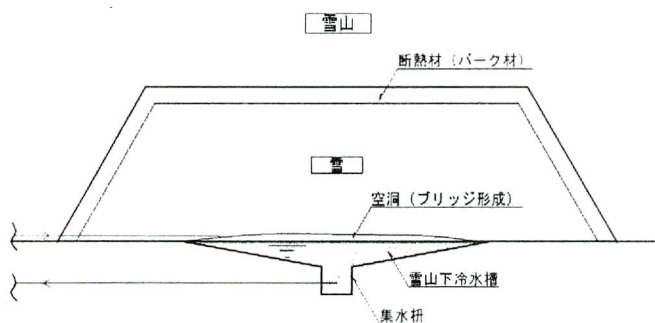


Fig. 4. 4. 1 雪山下部のブリッジ形成

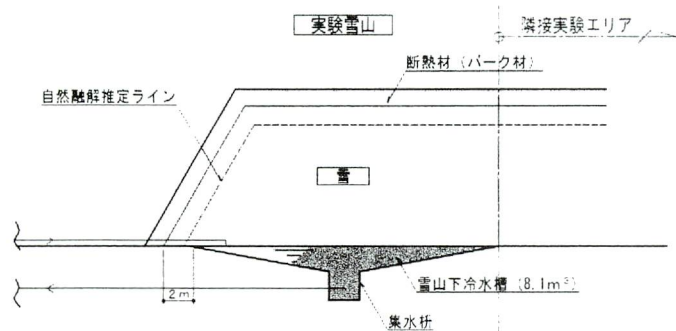


Fig. 4. 2. 2 本実験の雪山

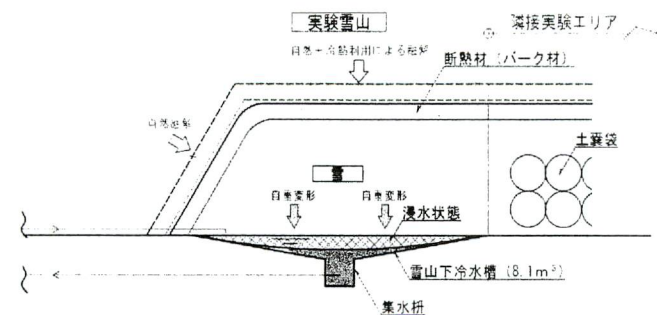


Fig. 4. 2. 3 実験終了時の雪山

第23回寒地技術シンポジウム(2007)

濁度、透視度、化学的酸素要求量 (COD)、大腸菌群数、浮遊物質量 (SS) について水質分析した。2006 年度実験では、水の醗酵を促進させるために池底部に有機肥料 (札幌コンポスト) と腐葉土の 50 [%] 混合物を 0.15 [m] 敷いた。2007 年度は、水質への土の成分による影響を排除するため、水のみで実験を行った。

5. 4 実験結果

2006 年度の冷却終了時の水質の測定結果を Table 5. 4 に示す。水温については、過度の冷却により、自然体系に影響を与えすぎないように、水温差 1℃ 以下の冷却を目標として実験を進めたが、達成できた。電気伝導率を比較すると、実験区では対照区の半分程度まで減少していた。一般的に不純物の多い水質では電気伝導率が高くなるとされており、実験区では水質の改善が認められた。また、対照区と実験区の大腸菌群数を比較すると、実験区では 1/15 程度まで減少していた。菌の多くは死滅したと考えられ、水質の改善が認められた。溶存酸素量は、実験区では対照区の 3 倍程度まで増加していた。その結果、湖沼の環境基準：B 類型 (5 [mg/L] 以上) を満足するレベルまで水質の改善が認められた。PH, 透視度, COD については、大きな差は認められなかった。湖沼浮遊物質量を比較すると、実験区の方が対照区よりも多かった。

つぎに、2007 年度の実験結果のうち電気伝導率、および、大腸菌群数の変化を例にとり、Fig. 5. 4. 1, および Fig. 5. 4. 2 に示す。7 月 24 日から一方を冷却し、冷却を実施した水槽は電気伝導率が低下し水質の改善効果が見られたことが判る。また、大腸菌群数は放置した水槽 (対照区) では菌数が増加しているが、実験区では 1/35 に減少し、水質浄化効果が確認された。

6 おわりに

3 年間の研究活動を通じ、当初目的以上の成果があったものと確信する。雪山築造の基礎的な研究、冷熱の取得方法、それを応用した雪山氷室の利用や水質の浄化効果、イベントなどへの応用展開など、非常に多くの研究成果を得た。今後も本プロジェクトを継続させ、雪山技術の研究を継続していくとともに、北国ならではの技術として、雪山技術を全国に普及していきたい。

本研究および実験にあたり、多数の方々には多大なる御協力を戴いた。とくに雪山造成、実験池製作に御協力を戴いた(株)大野小木のみなさん、遠くから通ってくださった室蘭工業大学熱エネルギー工学研究室の学生の皆さん、イルミネーションを提供してくださったイリス、池下電設さんを初めとする多くの方々から御指導御協力を得た。ここに深く謝意を表す次第である。

Table 5. 4 2006 年度冷却終了時の水質測定結果

採取日	測定項目	実験区水槽	対照区水槽
10月11日	水温	11.3 °C	12.1 °C
	水素イオン濃度 (pH)	7.2	7.1
	電気伝導率 (EC)	48.7 ms/m	84.9 ms/m
	透視度	5.0 cm	4.5 cm
	化学的酸素要求量 (COD)	92 mg/L	91 mg/L
	大腸菌群数	3300 MPN/100mL	49000 MPN/100mL
	溶存酸素量 (DO)	7.2 mg/L	2.5 mg/L
	浮遊物質量 (SS)	75 mg/L	49 mg/L
	濁度	350 ppm	447 ppm

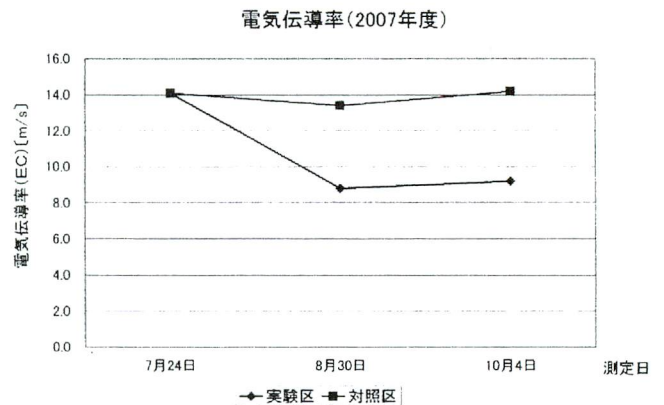


Fig. 5. 4. 1 2007 年度実験における電気伝導率

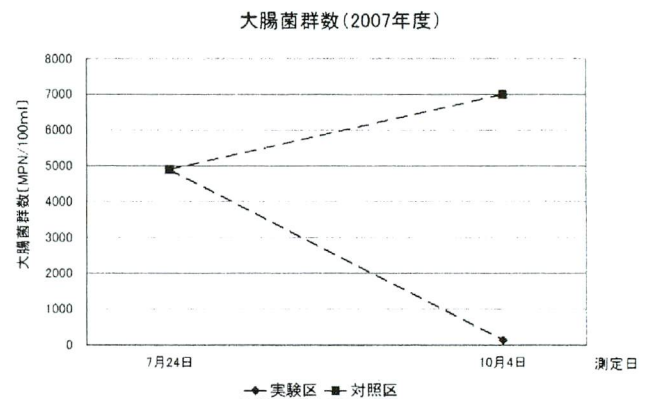


Fig. 5. 4. 2 2007 年度実験における大腸菌群数

参考文献

- 1) 伊東宏城, 媚山政良, 川本周郎, 松井正道, 佐藤龍幸, 岩腰壮康: 沼田式雪山貯蔵実験報告, 第 16 回寒地技術シンポジウム論文集 pp701-705, 2000. 11
- 2) 本間弘達, 山上重吉, 媚山政良, 浅川勝貴: 美唄雪山プロジェクトの取り組み~その 1~, 第 22 回寒地技術シンポジウム論文集 pp531-536, 2006. 11
- 3) 浅川勝貴, 山上重吉, 媚山政良, 本間弘達: 美唄雪山プロジェクトの取り組み~その 2~, 第 22 回寒地技術シンポジウム論文集 pp537-542, 2006. 11