



雪山断熱材としての木質チップ材の基礎性能に関する実験報告

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, 上田, 徹, 媚山, 政良, 佐々木, 賢知, 佐藤, 秀幸, 阿部, 行雄 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/1641



雪山断熱材としての木質チップ材の基礎性能に関する実験報告

Report of research; Basic performance of Wood Chip as Heat Insulator of Snow Mound

本間 弘達¹, 上田 徹¹, 媚山 政良², 佐々木 賢知³, 佐藤 秀幸⁴, 阿部 行雄⁵
 Kota.HOMMA¹, Toru.UEDA¹, Masayoshi.KOBIYAMA², Tomonori.SASAKI³, Hideyuki.SATOH⁴, Yukio.ABE⁵

¹ 伊藤組土建株式会社, ² 室蘭工業大学, ³ 三機工業株式会社,

¹ Itogumi Construction Co.,Ltd., ² Muroran Institute of Technology, ³ Sanki Engineering Co.,Ltd.,

⁴ 新日本空調株式会社, ⁵ 空港施設株式会社

⁴ Shin Nippon Air Technologies Co.,Ltd., ⁵ Airport Facilities Co.,Ltd.

1. はじめに

冬に降った雪を夏季まで保存し冷熱として利用する利雪技術の中で、雪の貯蔵方法の 1 つとして沼田式雪山 (以下; 雪山) がある。雪山は屋外に雪を堆積し、断熱材で被覆するもので、比較的安価に大量の雪を貯蔵することが可能である。その断熱材としては、シートや発泡系断熱材などの工業製品、あるいは、籾殻、稲藁などの農産廃棄物、土、雪そのものを使用するなど、様々な種類のもものが使用されているが、もっとも多く利用されているのが、チップ材などの木質粉砕物である。

木質チップ材は安価であるが、ある程度の断熱性があり、雪山形状変化に対する追従性もあり、優れた雪山断熱材の一つであるが、雪山の設置場所の条件などにより、入手しやすい木質チップ材は異なり、また、耐飛散性、透過雨水の質など、要求される条件も様々である。具体的には、雪山からチップ材を供給できる木材工場などまでの距離、あるいは、たとえば空港周辺に設置される

場合などに要求される耐飛散性、周辺に河川や農業用水、環境保護区域が存在する場合などの排水の水質基準などである。

雪山断熱材としての木質チップ材としては、木の樹皮部の粉砕物であるバーク材、製紙原料などに使用されるホワイトチップ材、河川敷や道路工事現場等で発生する雑木を粉砕処理したブラウンチップ材、あるいは、建設廃材であるおが屑や、かな屑など多数の種類がある。本論では、これらのうち、バーク材、ホワイトチップ材、ブラウンチップ材の 3 種について、基本的な性能を明らかにすることで、様々な立地条件における雪山の断熱材選択の判断指標とすべく研究を行うものである。本論では、3 種の木質チップ材について、熱伝導実験、強風条件下の飛散実験、透過水の水質確認実験を行った結果についての報告を行う。

2. 木質チップ材の特徴

本研究対象とするバーク材、ホワイトチップ材、ブラウンチップ材の 3 種の木質チップ材について特徴を述べる。

2.1 バーク材

製材工場において、丸太の樹皮部分を剥き、おもに廃棄物として発生する木質粉砕物。燃料として燃焼させることも可能ではあるが、脂分が多く煤の発生量が多いことから、あまり使用されていない。遊歩道などの敷材として利用されることもある。流通価格が、低価格であることから、これまで雪山で使用されてきた実績数が、もっとも



Fig.1.1 バーク材による雪山

多い。附存量が多く、入手も容易であるが、雪山と木材工場との距離による輸送コストが購入価格に大きく影響する。使用後は産業廃棄物となる可能性がある。また、透過水に樹液が混じることが考えられ、ワインレッド色の排水がでることもあるといわれている。

本実験で使用したバーク材は、北海道産カラ松の樹皮部分粉碎物で、燃料用に使用されているものである。かさ密度は0.158[kg/L]。材料は昭和マテリアル(株)社(北海道岩見沢市)による。



Fig.2.1 バーク材

2.2 ホワイトチップ材

製紙工場で紙の原料とするために取引されているもので、木の心材部分を細かく粉碎したものである。規格管理が厳しく、チップ片の大きさは比較的均一である。近年では、輸入材の割合が増えており、ユーカリなど成長の早い樹種が利用されている。北海道産の樹種ではカラマツなどが流通している。価格は他の2種に比べると高価である。流通量は製紙会社の年間計画によるところが大きいので、大量調達と比較的困難である。

本実験で使用したホワイトチップ材は、北海道産カラ松の心材部分粉碎物で、かさ密度は0.259[kg/L]。材料は日本製紙(株)勇払工場(北海道苫小牧市)の原料用のものを提供頂いた。



Fig.2.2 ホワイトチップ材

2.3 ブラウンチップ材

建設工事現場から発生する雑木、間伐、抜根などによる発生材を粉碎処理したもの。比較的細い樹木が多く、樹皮、心材の両方を含む。外観が茶色であるため、本論では、ブラウンチップと呼ぶ。おもに、チップボイラー用の燃料として流通している。価格は、比較的安い。常時発生するものではないので、発生場所から使用場所までの運搬距離などの条件で異なる。大きな特徴として断熱材として使用した後も、燃料として売却が可能であり、産業廃棄物とならない点がある。

本実験で使用したブラウンチップ材は、河川工事の際の発生雑木を粉碎したもので、樹種としては、柳の割合が多い。昭和マテリアル(株)社により、製紙会社のチップボイラー用燃料に販売用のチップ材の中から一部を提供頂いた。かさ密度は0.260[kg/L]。供給価格は、ほぼ輸送費のみ。使用後も燃料として利用可能であるため、有償で売却が可能である(ただし、輸送費と相殺される程度)。一般には、根部分も混入しているために、土の混入があるが、それを回避するために、枝のみを粉碎することも可能であり、本実験でも、それを用いた。



Fig.2.3 ブラウンチップ材

3. 熱伝導実験

3.1 実験概要

試験体	①ホワイトチップ(北海道産カラマツ) 通常状態, 乾燥状態, 湿潤飽和状態 ②バーク材(樹皮) 通常状態, 乾燥状態, 湿潤飽和状態
実験機関	岩倉化学工業(株) (北海道苫小牧市)
実験日	2008年1月12日
実験方法	JIS A1412による

3.2 実験方法

厚さ約 10[mm]の EPS (ビーズ法発砲ポリスチレン断熱材) で 200[mm]角, 高さ 25[mm]の試験体枠を作成し, 下部にポリエチレンシートを貼り付けた枠の中に, 試験体を充填した後, さらに上面をポリエチレンシートにて密閉したものについて, 英弘精機産業(株)製熱伝導率測定装置 HC-071H を用いて JIS A1412-2 熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第 2 部: 熱流計法 (HFM 法) により熱伝導率を測定した。なお, 熱板の温度は高温側 31[°C], 低温側 15[°C]付近に設定し, 平均温度 23[°C]のときの熱伝導率を測定した。

3.3 養生条件

- 1) 通常状態: 工場から納品されたものを, そのままポリ袋内で, 1 日, 室温養生したもの
- 2) 湿潤常態: 1 日, 水中に浸漬したもの
- 3) 気乾常態: 105[°C]の乾燥機にて絶乾したのち, 室温 (23[°C], 50[%RH]) にて気乾したもの

3.4 実験結果

熱伝導率の測定結果を Table 3.1 に示す。また, 木質チップ材の含水率と熱伝導率の関係を Fig.3.1 に示す。バーク材の方がやや断熱性に優れている。

Table 3.1 熱伝導率測定値

試料	項目	単位	気乾常態	通常常態	湿潤常態
ホワイトチップ材	含水率	%	10.3%	59.7%	124.5%
	嵩密度 ¹⁾	kg/m ³	151.1	138.1	130.6
	熱伝導率	W/(m·K)	0.066	0.124	0.165
バーク材	含水率	%	11.7%	86.1%	180.3%
	嵩密度 ¹⁾	kg/m ³	100.9	98.0	90.6
	熱伝導率	W/(m·K)	0.057	0.114	0.163

1) 絶乾重量

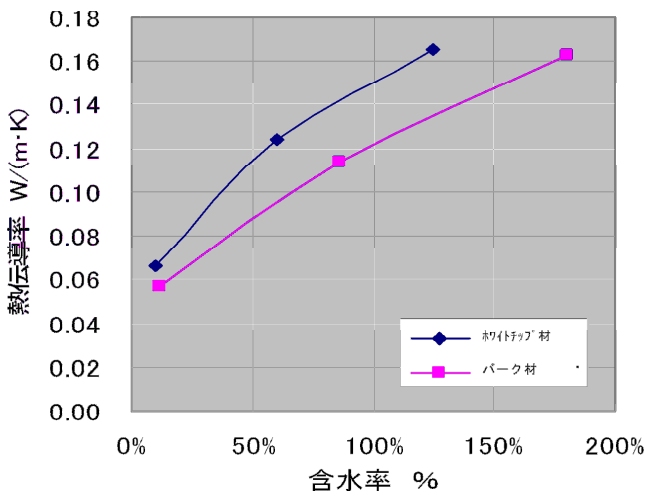


Fig.3.1 木質チップ材の含水率と熱伝導率

4. 強風条件下の飛散実験

たとえば, 空港などの施設で木質チップが使用された場合など, チップ材が風により飛散すると航空事業への影響を与えるなどの問題があり, 使用場所によっては, 耐飛散性を要求される場合もある。そのため, 耐飛散性を確認するために, 2 度にわたって風洞実験を行った。

木製チップ材が風により飛散開始する際の風速の測定, あるいは, 実際の雪山に施工された場合を想定し, 水平面, および, 1/1.5 斜面 (33.7 度) の木製チップ材 (ネット被覆) が, 強風時に飛散しないことを確認した。

北海道立北方建築総合研究所 (北海道旭川市) にて, 最大風速 20[m/s]の風洞実験を行い, 基本的な実験結果を得たが, 新千歳空港を例にとった場合, 最大瞬間風速 34.6[m/s] (観測 1963~2007 年) であることから, 最大風速 60[m/s]の追加実験を不二サッシ暴風雨試験装置 (千葉県市原市) で行った。

4.1 風速 20m/s 風洞実験

4.1.1 実験概要

2008 年 1 月 10 日に風洞実験を実施した。試験体の断面は Fig.4.1 に示すように, 空気流に乱れが発生しにくいように整流板を設けた。

1820[mm]×890[mm] 高さ 55[mm]の試験体ピースに厚さ 45[mm]の試料 (木質チップ材) を敷き詰めた。試験体の種類は Table 4.1 に示す 20 種類である。被覆材として 3 種類のネットを使用した。根切りネットは農業用資材で安価であるが, 柔らかい材料, 防虫ネットは網戸に使用される 1[mm]目のネット, 防風ネットは, 4[mm]目である。

Table 4.1 風洞試験体一覧

試験体No	試料	被覆材	設置位	条件
1	ホワイトチップ材		水平	
2			水平	含水状態
3		根切りネット	水平	
4		防虫ネット	水平	
5		防風ネット	水平	
6	バーク材		水平	
7			水平	含水状態
8		根切りネット	水平	
9		防虫ネット	水平	
10		防風ネット	水平	
11	ホワイトチップ材		斜面	
12			斜面	含水状態
13		根切りネット	斜面	
14		防虫ネット	斜面	
15		防風ネット	斜面	
16	バーク材		斜面	
17			斜面	含水状態
18		根切りネット	斜面	
19		防虫ネット	斜面	
20		防風ネット	斜面	

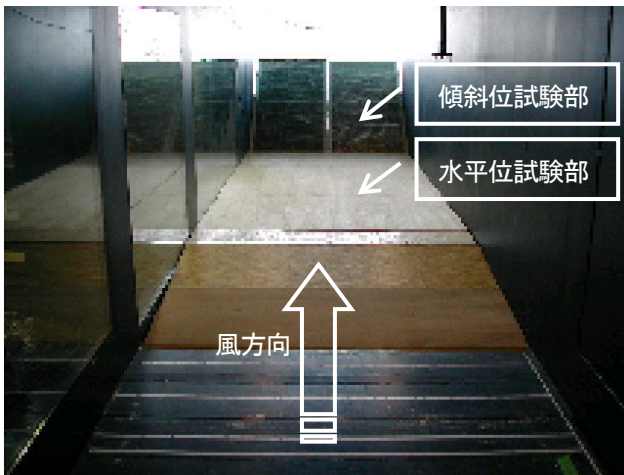


Fig.4.1 実験状況 (風洞内風上より)



Fig.4.2 試験体 (バーク材+防虫ネット)

4.1.2 実験結果

実験結果を Table 4.2 に示す。乾燥したホワイトチップ材やバーク材をそのまま雪山に被覆した場合、水平部で風速 10[m/s]、法部 (勾配 1/1.5) で風速 8[m/s]程度から、形状が小さくて薄く、不安定な載り方をした小片が、わずかに転がるように飛散し始めるが、飛散量は少量で問題となるよう量ではなく、風速 20[m/s]の条件下でも同様であり、大きく飛び散るようなことはなかった。ホワイトチップ材やバーク材にネット材 (防風ネット、防虫ネット) を被覆した場合は、風速 20[m/s]の条件下でも全く飛散しなかった。ただし、根切りネットを被覆した場合は、ネットが柔らかく弛むため、ネット内部での木片材の移動がみられた。

木質チップ材による被覆を空港のような飛散してはいけない場所で行うには、木質チップ材を上からネット材で覆うか、あるいはネット材で袋を製作し袋詰めを行うべきであると考え。また、施工中、あるいは、撤去作業中は、現地での風速を管理し、強風時には作業を中止し、飛散対策として周囲に飛散防止用仮囲いを設置する必要がある。

ある。

Table 4.2 風洞試験結果一覧

試験体No	試験結果
1	風速10m/s程度から数片が転がり飛ぶ程度、風速20m/s条件下でも同様で大きな飛散はせず
2	風速15m/s程度から数片が転がり飛ぶ程度、風速20m/s条件下でも同様で大きな飛散はせず
3	風速20m/s条件下でも飛散せず
4	風速20m/s条件下でも飛散せず
5	風速20m/s条件下でも飛散せず
6	風速10m/s程度から数片が転がり飛ぶ程度、風速20m/s条件下でも同様で大きな飛散はせず
7	風速15m/s程度から数片が転がり飛ぶ程度、風速20m/s条件下でも同様で大きな飛散はせず
8	風速20m/s条件下でも飛散せず
9	風速20m/s条件下でも飛散せず
10	風速20m/s条件下でも飛散せず
11	風速8m/s程度から数片が転がり飛ぶ程度、風速20m/s条件下でも同様で大きな飛散はせず
12	試験不能(凍結した)
13	風速20m/s程度でネットが伸び隙間ができネット内部で飛散が発生した
14	風速20m/s条件下でも飛散せず
15	風速20m/s条件下でも飛散せず
16	風速8m/s程度から数片が転がり飛ぶ程度、風速20m/s条件下でも同様で大きな飛散はせず
17	試験不能(凍結した)
18	風速20m/s程度でネットが伸び隙間ができネット内部で飛散が発生した
19	風速20m/s条件下でも飛散せず
20	風速20m/s条件下でも飛散せず

4.2 風速 60m/s 風洞実験

先述の実験では、最大風速の検討として数値が十分でないこと、冬季実験であったため、含水試験の際に試験体が凍結してしまい、実験結果が得られなかったこと、ブラウンチップという別な素材についても検討の必要があることなどの理由から、風速 60[m/s]の能力を持つ風洞試験装置で追加実験を行った。

4.2.1 実験概要

2008年10月24日に、ブラウンチップ材、バーク材の2種の木質チップ材を用いて、風洞試験を実施した。被覆に用いたネットは、防風ネットの1種類である。試験体形状は、先述の実験と同様であるが、ネットについては、試験体中央で、重ね部分を作成し、実際の雪山でのネットの繋ぎ部分を再現し、最も不利側条件での実験とした。

水平位、および、斜面位 (勾配:1/1.5) において、ブラウンチップを防風ネットで施工したものを風速 45[m/s] (新千歳空港の最大瞬間風速を例にとり、1.3倍を目安とした。) 条件下での実験を行い、斜面位については、風速 30[m/s]下で試験

体を回転させ、ネットの重ね部分が、最も風を受ける角度を求め、その角度にて、風速 45[m/s]の実験を行った。

また、施工時や解体作業時を想定し、ネットを被覆しない状態での2種の木質チップ材について、飛散開始速度、ならびに、飛散方向などを観察した。実際の屋外では、強風については、降雨を伴うことが一般的であり、実際の状況に近い状況を観察するために、湿潤状態（散水量：3 L）についても、同様の実験を行った。

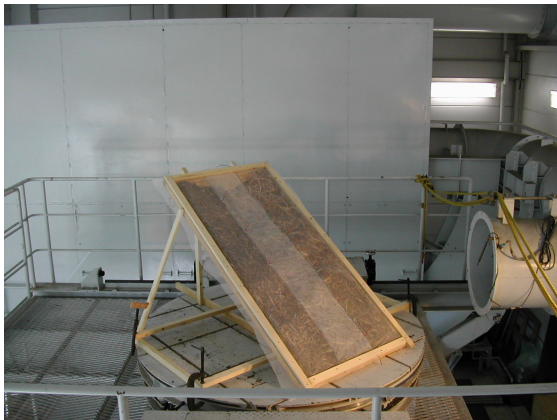


Fig.4.4 試験状況



Fig.4.5 散水状況

4.2.2 実験結果

風速 45[m/s]の実験では、水平位、斜面位（風向0度、50度）のいずれにおいても飛散しなかった。風速 35[m/s]を超えると、ネット下部でチップ材の移動がみられるが、外部に飛び出すことはなく、そのまま風速を 60[m/s]まで上げたが、やはり飛散しなかった。

ネットで被覆しない場合は、風速 12[m/s]から 1㎡に 1片程度の極少量であるが、転がるように飛散し始め、風速 15[m/s]では少量が飛散した。ただし、表面の風を受けやすい形状の木片が転がる程度であり、大きく飛散するレベルではなかった。

飛散角度は風速 10[m/s]下で、おおよそ下方 40

度であった。真横に飛ぶというよりは、雪山を転がり落ちるような状況であった。

ブラウンチップ材による被覆を周囲に飛散させずに行うには、チップ材の施工中、あるいは、撤去作業中は、現地での風速を管理し、たとえば、風速 12[m/s]で作業を中止するか、飛散防止用の仮囲いとして、防風フェンス（高さは低くても可）を設置したうえで、風速 15[m/s]で作業中止するといったような施工管理をする必要があると考えられる。

5. 透過水の水質確認実験

5.1 実験概要

木質チップなどの雪山断熱材中を雨水が透過する際に、断熱材中の成分が染み出し、雪山周辺へ悪影響を与えないことを確認することを目的とし、透過実験を 2008年1月7日～22日に実施した。水質分析機関は(株)環境管理センターである。

水質の分析項目は pH, DO, BOD, COD, TOC（全有機炭素）、塩化物イオン、EC、濁度、色度、大腸菌群数、SSである。実験装置を Fig.5.1 に示す。試験体を 150[mm]敷き詰め、降水量 1200[mm]に相当する水を全体に散水し、ゆっくりと透過させた。

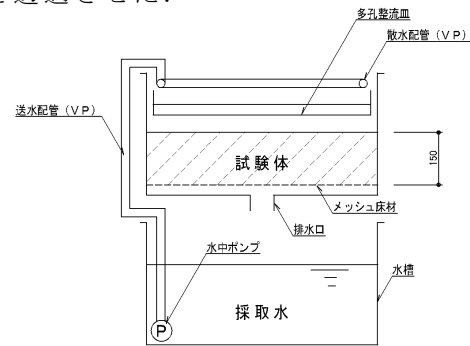


Fig.5.1 透過実験装置

5.2 実験結果

実験結果を Table 5.1 に示す。BOD, CODなどは、透過初期に数値が高くなる傾向がある。

雨水が断熱厚さ 150[mm]のブラウンチップ材を通過することで、雪山（北海道千歳市内における 120,000[t]規模と仮定）から排出される水に含まれる BOD, pH, DO, SS, 大腸菌群数などの予想値について Table 5.2 に示す。チップ材そのものが排水に影響する割合は小さい。算出にあたり、4～10月の千歳の平均降水量（アメダス観測データより引用）の7か月分合計値を用いた。また、断熱材のみの排水への影響を示すために雪中に含まれる物質は無いものとした。

Table 5.1 透過実験結果

試料	透過相当水量	分析項目											
		pH	DO	BOD	COD	TOC	塩化物イオン	EC	濁度	色度	透視度	大腸菌群数	SS
試料なし	0 mm	6.9	10.6	1.4	1.4	0.7	20	13.8	0.0	0.0	>30	0.0	0.0
	1200 mm	7.0	8.8	1.2	2.1	1.2	21	14.3	0.0	0.0	>30	0.0	0.0
チップ材	0 mm	6.9	10.6	1.4	1.4	0.7	20	13.8	0.0	0.0	>30	0.0	0.0
	400 mm		2.5	79	109	57			13	33	>30		
	800 mm		1.1	52	76	39			18	66	>30		
	1200 mm	6.1	0.7	31	57	30	22	13.0	22	99	27	594	1.2
パーク材	0 mm	6.9	10.6	1.4	1.4	0.7	20	13.8	0.0	0.0	>30	0.0	0.0
	400 mm		3.5	7	26	8			22	42	21		
	800 mm		1.2	6	17	6			27	72	16		
	1200 mm	5.7	0.9	6	14	5	22	14.8	33	88	13	9042	4.0
ブラウンチップ材	0 mm	6.9	10.6	1.4	1.4	0.7	20	13.8	0.0	0.0	>30	0.0	0.0
	400 mm		<0.5	179	241	127			200	190	4		
	800 mm		<0.5	128	157	80			210	230	4		
	1200 mm	5.1	<0.5	90	111	59	29	25.0	210	240	5	63292	8.5
水洗ブラウンチップ	1200 mm	6.5	<0.5	22	28	14	27	18.5	48	24	20	2971	1.9

Table 5.2 ブラウンチップによる 12 万トン規模雪山からの排水影響予想

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	全期間
条件	平均降水量(mm)	61.6	103.6	81.4	102.2	154	143.4	78	724.2
	降水量(m ³)	872	1,467	1,153	1,447	2,181	2,031	1,105	10,255
	雪利用による発生水量(m ³)	0	4,704	13,824	22,752	31,488	17,952	5,280	96,000
	自然融解による発生水量(m ³)	1,686	2,494	3,018	3,455	3,905	3,253	2,403	20,215
	雪山からの発生水量(m ³)	2,558	8,665	17,995	27,655	37,574	23,235	8,788	126,470
	雪山からの発生水量(m ³ /日)	85	280	600	892	1,212	775	293	591
予想値	pH(-)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	BOD(mg/L)	7.5	3.7	1.4	1.2	1.3	1.9	2.8	1.8
	COD(mg/L)	9.7	4.8	1.8	1.5	1.6	2.5	3.6	2.3
	DO(mg/L)	0.14	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03
	SS(mg/L)	0.66	0.33	0.12	0.10	0.11	0.17	0.24	0.16
	大腸菌群数(MPN/100mL)	1013	503	190	155	172	260	373	241

6. おわりに

今回の実験結果により、3種の木製チップ断熱材について基本性能が明らかにされ、雪山断熱材採用の際の指標として利用可能なデータが得られた。断熱材採用にあたっては、利用地と、木製チップ材の供給場所までの距離をはじめとする諸条件を十分に考慮して、決定すべきであると考え。また、たとえば、空港のような特殊条件が要求される場所では、安全性など価格以上に優先すべき条件があるので、材料選択には細心の注意を要する。

今後、ますます雪山が各地で導入され、本論が、雪国らしいエネルギー利用のかたちが造られていくことの一助となることを心より願う。

謝辞

本論執筆にあたり、多数の方々に多大なる御協力を戴いた。とくに、熱伝導実験に無償協力頂いた舘脇氏、上林氏を初めとする岩倉化学工業の皆様、研究協力を頂いた飯嶋氏、山下氏を初めとする三機工業の技術研究所の皆様、風洞試験にご協力頂いた不二サッシュの皆様、中村氏を初めとする竹中工務店技術研究所の皆様、チップ材調達にご尽力を頂きました岡氏を初めとする昭和マテ

リアルの皆様、日本製紙、興陽製紙、富島産業運輸の皆様、空港雪山被覆材として木質チップ材の共同提案をいたしました川本氏を初めとする利雪技術協会の皆様、伊藤氏を初めとする雪だるま財団の皆様、大泉氏を初めとする東亜建設工業の皆様、空港施設での対飛散性の目標などを頂戴しました国土交通省東京航空局、ならびに吉田氏をはじめとする同新千歳空港事務所の皆様、新千歳空港クールプロジェクトの関係各位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。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 佐々木賢知, 媚山政良, 久保建一: 雪山からの直接冷風採取に関する研究 -イチゴの夜冷短日処理への適用-, 第21回寒地技術シンポジウム論文集 pp828-831, 2005.12