第2回
雪センターTCワーキング
レポート2007

日時：平成 19 年 10 月4日（木）13:00～18:00
場所：東京都中央区　人形町区民館

社団法人 雪センター

はじめに

雪センターでは、様々な雪氷分野の技術的課題の解決に向けて、広く専門家の協力を得るための支援体制として、雪センターＴＣ制度を平成１７年１０月より発足させ、「平成１８年豪雪」等に関連する各種要請にも対応してまいりました。

現在、全国の雪氷の専門家の方々６５名に雪センターＴＣとして登録をいただいており、これらＴＣの方々に年に一度一堂に会していただき、雪氷対策の技術的課題について議論していただくことで雪国の発展に寄与することを目的として、弟２回のＴＣワーキングを平成１９年１０月４日に開催いたしました。

今回のＴＣワーキングでは、平成１８年度ＴＣ研究助成対象者からの研究成果報告を行った後、「Ⅰ雪崩対策」、「Ⅱ消・融雪対策等」、「Ⅲ冬期道路管理」の３つのテーマについて、それぞれの専門のＴＣの方々からの発表と参加者全員による討論を行いました。

本冊子は、弟２回雪センターＴＣワーキングの内容をとりまとめたものであり、雪国における冬期道路管理並びに地域づくりに携わる方々にとって一助となれば幸いです。

平成１９年１２月

社団法人　雪センター
理事長　　酒井　孝

＜　目　次　＞

Ⅰ　開催要領 - 1 -

１．開催要領 - 1 -

２．会場 - 2 -

３．出席者 - 3 -

４．会場風景 - 4 -

Ⅱ　議事 - 5 -

１．開会 - 5 -

２．平成１８年度ＴＣ研究助成成果報告 - 6 -

「子供達の雪氷防災意識向上を継続的に支える試み」 - 6 -

「豪雪地帯の屋根雪処理を目指した垂木煙突の開発」 - 10 -

「画像処理による路面状況測定手法の基礎研究」 - 13 -

【意見交換】 - 17 -

「雪庇崩壊時に発生するクラック音の測定に関する研究」 - 19 -

「回転圧入鋼管基礎杭を用いたゼロエネルギー型道路融雪槽の導入・普及について」 - 23 -

「降雨・降雪を受ける排水性舗装上の凍結防止剤の残留特性」 - 28 -

【意見交換】 - 32 -

３．TCワーキング - 37 -

◆セッションⅠ「雪崩対策」 - 37 -

「スペイン・ピレネー山地の雪崩対策」 - 37 -

「山を守る総合雪崩対策の検討」 - 39 -

「ＲＷＭ（ランダムウォークモデル）による雪崩流下範囲の再現」 - 46 -

【意見交換】 - 50 -

◆セッションⅡ「消・融雪対策等」 - 56 -

「消雪施設の維持管理と更新」 - 56 -

「マイクロ波方式による冬季バリアフリーのための歩道融雪実験」 - 60 -

「融雪機能を有する屋根材一体型太陽光発電システムの現状と課題」 - 64 -

【意見交換】 - 68 -

◆セッションⅢ「冬期道路管理」 - 77 -

「冬期道路管理の実態と課題　―高速道路を事例として―」 - 77 -

「車両運動の力学モデルに基づく冬期路面摩擦係数のオンライン逆推定」 - 81 -

「少雪地域での異常降雪対策」 - 85 -

【意見交換】 - 92 -

◆その他、全体を通して（意見交換）..... - 96 -

４．閉会..... - 98 -

Ⅰ　開催要領

1．開催要領

第２回雪センターＴＣワーキング開催要領

平成１９年１０月４日（木）
人形町区民館 03-3668-5537

１．挨拶　丸山　暉彦　雪センター技術研究委員会委員長　13:00～13:05（ 5 分）

２．平成１８年度ＴＣ研究助成成果報告　13:05～14:15（70 分）

・「子供達の雪氷防災意識向上を継続的に支える試み」
　石本　敬志　（財）日本気象協会北海道支社参与
・「豪雪地帯の屋根雪処理を目指した垂木煙突の開発」
　梅宮　弘道　山形大学名誉教授
・「画像処理による路面状況測定手法の基礎研究」
　小林　俊一　新潟大学名誉教授
　（休憩１０分）
・「雪庇崩壊時に発生するクラック音の測定に関する研究」
　佐藤　篤司　防災科学技術研究所雪氷防災研究センター長
・「回転圧入鋼管基礎杭を用いたゼロエネルギー型道路融雪槽の導入・普及について」
　長野　克則　北海道大学大学院教授
・「降雨・降雪を受ける排水性舗装上の凍結防止剤の残留特性」
　福原　輝幸　福井大学大学院教授

３．ＴＣワーキング　14:25～17:55（210 分）

セッション	進行	パネラー	話題提供	討論	計
Ⅰ雪崩対策	中村	若林　隆三　アルプス雪崩研究所　所長 町田　誠　町田建設(株)　代表取締役 松田　宏　国際航業(株)　雪氷担当リーダー 3 名（全レポート 16 件）	7 分×3 =21 分	39 分	60 分
（休憩）					10 分
Ⅱ消・融雪対策等	小長井	池野　正志　(株)興和　水工部長 高山　純一　金沢大学大学院　教授 長野　克則　北海道大学大学院　教授 3 名（全レポート 11 件）	7 分×3 =21 分	39 分	60 分
（休憩）					10 分
Ⅲ冬期道路管理	中川	村國　誠　東北環境ﾃｸﾉﾏｰﾄ(株)　雪氷防災支援ｾﾝﾀｰ長 中辻　隆　北海道大学大学院　教授 小笠原　章　(独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ長 3 名（全レポート 11 件）	7 分×3 =21 分	39 分	60 分
Ⅳその他、全体を通して					10 分
計		パネラー9 名（全レポート 48 件）	63 分	117 分	210 分

４．閉会　酒井　孝　（社）雪センター理事長　17:55～18:00（ 5 分）

2．会場

人 形 町 区 民 館

〒103-0013　　東京都中央区日本橋人形町二丁目 12 番 1 号

ＴＥＬ：０３－３６６８－５５３７

人形町区民館へのアクセス（最寄り駅より）

- 東京メトロ日比谷線　人形町駅下車　**Ａ１番出口**　徒歩３分
- 東京メトロ半蔵門線　水天宮前駅下車　**７番出口**　徒歩２分
- 都営地下鉄浅草線　人形町駅下車　**Ａ３番出口**　徒歩５分

3. 出席者

No.	技術研究委員	氏名	所属先	役職	出欠状況（○:出席）
1	○	石本敬志	(財)日本気象協会　北海道支社	参与	○
2	○	内山宏文	(社)北陸建設弘済会	専務理事	
3	○	瀬尾卓也	(独)土木研究所　つくば中央研究所	道路技術研究グループ長	○
4	○	桑原剛	(社)新潟県融雪技術協会	会長	○
5	○	小笠原章	(独)土木研究所　寒地土木研究所	寒地道路研究グループ長	○
6	○	苫米地司	北海道工業大学	建築学科　教授	
7	○	原文宏	(社)北海道開発技術センター	理事	
8	○	丸井英明	新潟大学	災害復興科学センター　教授	
9	○	丸山暉彦	長岡技術科学大学	環境・建設系　教授	○
10	○	村國誠	東北環境テクノマート(株)	雪氷防災支援センター長	○
11	○	元田良孝	岩手県立大学	総合政策学部教授	○
12	○	下村忠一	(株)アルゴス	副社長	○
13		秋田谷英次	北の生活館	館長	
14		浅野基樹	(独)土木研究所　寒地土木研究所	寒地道路研究グループ　上席研究員	○
15		安彦宏人	日本環境科学(株)	代表取締役　社長	○
16		池野正志	(株)興和	水工部長	○
17		和泉薫	新潟大学	積雪地域災害研究センター　教授	
18		磯部金治	元防災科学技術研究所　長岡雪氷防災研究所	機械系室長	
19		伊藤驍	国立秋田高専	名誉教授	○
20		梅宮弘道	山形大学	名誉教授	○
21		大熊孝	新潟大学	工学部建築学科　教授	
22		大槻政哉	(株)雪研スノーイーターズ	雪氷技術課長	
23		加治屋安彦	(独)土木研究所　寒地土木研究所	雪氷チーム　上席研究員	
24		上石勲	(独)防災科学技術研究所	雪氷防災研究センター　博士(学術)	○
25		上村靖司	長岡技術科学大学	機械系　准教授	
26		栗山弘	大原技術(株)	調査研究室長	
27		小林俊一	新潟大学	名誉教授	○
28		媚山政良	室蘭工業大学	機械システム工学科　准教授	○
29		斎恒夫	(社)日本建設機械化協会	東北支部	
30		酒井與喜夫	(株)イートラスト		○
31		坂上三雄	開発技建(株)	水工部長	
32		佐藤篤司	(独)防災科学技術研究所	雪氷防災研究センター　センター長	○
33		佐藤清一	弘前大学医療技術短期大学部	名誉教授	
34		佐藤威	(独)防災科学技術研究所	雪氷防災研究センター　新庄支所長	
35		島原利昭	(株)興和	代表取締役社長	
36		高田吉治	(株)応用気象エンジニアリング	代表取締役社長	○
37		高山純一	金沢大学	大学院自然科学研究科　教授	○
38		竹内政夫	NPO法人 雪氷ネットワーク		○
39		対馬勝年	富山大学	理学部地球科学科　教授	○
40		西村浩一	新潟大学	自然科学系　教授	
41		沼野夏生	東北工業大学	建築学科　教授	○
42		花岡正明	(独)土木研究所	土砂管理研究グループ雪崩地すべり研究センター所長	○
43		福原輝幸	福井大学	工学部建築建設工学科　教授	○
44		藤原忠司	岩手大学	工学部建設環境工学科　教授	
45		町田誠	町田建設(株)	代表取締役	○
46		松沢勝	(独)土木研究所　寒地土木研究所	雪氷チーム　主席研究員	○
47		山本恭逸	青森公立大学	教授	
48		横山孝男	山形大学	大学院理工学研究科　教授	○
49		若林隆三	アルプス雪崩研究所	所長	○
50		和田惇	(社)北陸建設弘済会	理事長	
51		山田正雄	国土防災技術(株)	技術本部副本部長	
52		松田宏	国際航業(株)	東京事業所　河川砂防グループ	○
53		小川紀一朗	アジア航測(株)	新砂防グループマネージャー	○
54		早川典生	NPO法人　水環境技術研究会	理事長	○
55		新開龍三郎	(株)アルゴス	GIS開発室長	
56		川田邦夫	富山大学	極東地域研究センター　教授	○
57		長野克則	北海道大学	大学院工学研究科　教授	○
58		井良沢　道也	岩手大学	農学部　准教授	
59		小杉健二	(独)防災科学技術研究所	雪氷防災研究センター　新庄支所	○
60		佐藤馨一	北海道大学	大学院　教授	
61		高野伸栄	北海道大学	大学院　准教授	
62		浜岡秀勝	秋田大学	土木環境工学科　准教授	
63		中辻隆	北海道大学	大学院　教授	○
64		貴堂靖昭	富山工業高等専門学校	名誉教授	○
65		高田英治	富山工業高等専門学校	准教授	
雪センターTC出席者数					37
雪センター技術研究委員(TC以外)出席者数					3
社団法人雪センター		酒井孝	社団法人　雪センター	理事長	○
		新藤範義	社団法人　雪センター	専務理事	○
		縄田史朗	社団法人　雪センター	総務部長	
		中川誠	社団法人　雪センター	企画部長	○
		小長井宣生	社団法人　雪センター	調査部長	○
		中村良光	社団法人　雪センター	研究部長	○
		石平貞夫	社団法人　雪センター	企画部次長	○
		小林光夫	社団法人　雪センター	調査部次長兼研究部次長	○
		秋山喜久男	社団法人　雪センター	東北支部長	
		田中義明	社団法人　雪センター	北陸支部長	○
		近藤精治	社団法人　雪センター	研究調査役	○
TCワーキング出席者総数					49

4．会場風景

Ⅱ　議事

1．開会

小長井　ただいまより第２回雪センターＴＣワーキングを開催させていただきます。私は本日の進行を務めます雪センターの調査部長の小長井です。よろしくお願いいたします。

それでは初めに、雪センター技術研究委員会委員長であります長岡技術科学大学の丸山先生からご挨拶をお願いいたします。

開会の挨拶

社団法人雪センター　技術研究委員会　委員長
長岡技術科学大学　教授　　丸山　暉彦　様

丸山　丸山でございます。小林先生、梅宮先生を前にして僭越ではございますけれども、雪センターの技術研究委員会というところの委員長を務めさせていただいたご縁で、一言ご挨拶させていただきます。

本日は第 2 回の雪センターＴＣワーキングです。皆様ご承知のとおり、現在 65 名のＴＣの方が登録されておられ、本日は約 40 名の方にご出席いただいているそうです。

今日の午前中に技術研究委員会がございまして、その中でもＴＣワーキングは非常にうまく機能しており、これからもどんどん活発にやっていただきたいという委員の皆様のご意見でした。

本日はプログラムにありますように、６件の研究助成成果の報告と、その後三つのパネルディスカッションでいろいろな議論をしていただくことになります。雪氷技術に関する産官学の皆様にお集まりいただいて、最先端の技術発表をしていただく場でございます。小さな会場で、しかもこのような専門家の方の集まりというのは非常に珍しいかと思います。ぜひ活発なご質疑をお願いして、雪氷技術の発展に寄与していただくようにお願いいたします。

2．平成１８年度ＴＣ研究助成成果報告

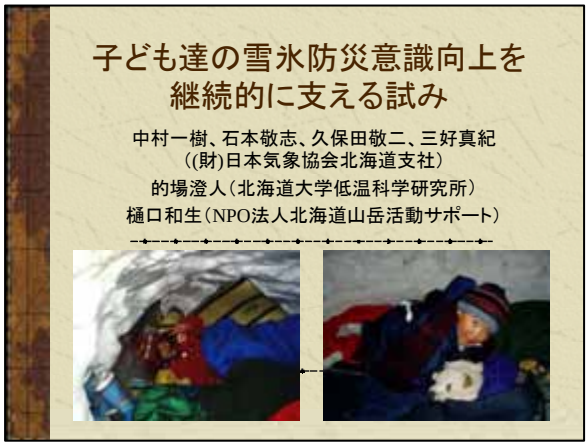
小長井　どうもありがとうございました。続きまして、開催要領プログラムの２番目にあります、「平成 18 年度ＴＣ研究助成成果報告」に移りたいと思います。６名の方々に１人７分程度で発表をお願いしまして、その後、３名まとめて質疑という形で進めたいと思います。

それでは初めに日本気象協会北海道支社の石本様、よろしくお願いいたします。

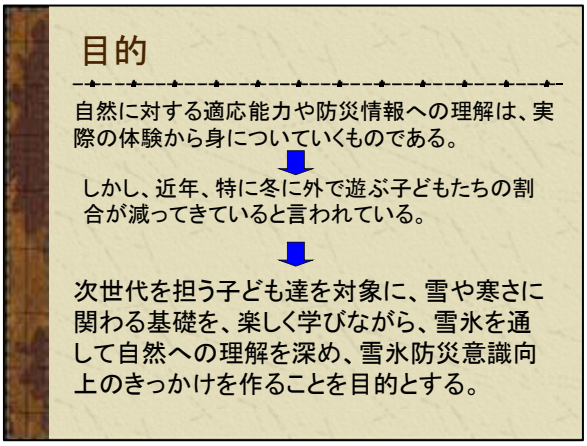
「子供達の雪氷防災意識向上を継続的に支える試み」

（財）日本気象協会　北海道支社　参与　　石本　敬志　様

石本　日本気象協会の石本でございます。

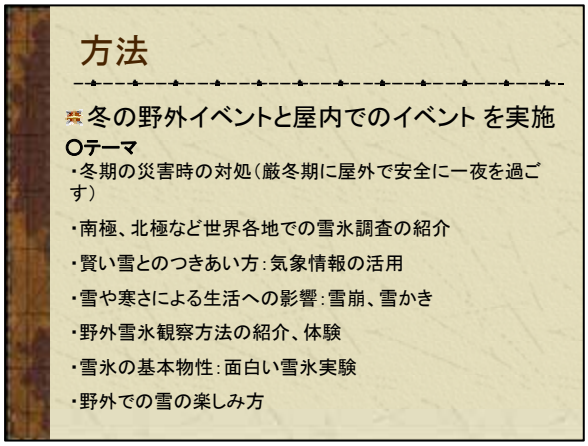


資料 2-1-1

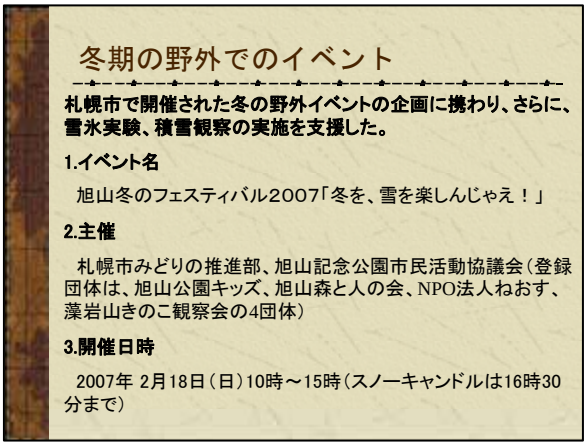


資料 2-1-2

私どもはここにございますように、「子供達の雪氷防災意識向上を継続的に支える試み」というタイトルで助成をいただきました。雪氷関係のいろいろな教育普及活動は全国さまざまな地域あるいは組織でやられているけれども、何とかそこに防災意識を入れたいということが一つ。それからさまざまな団体でやっている人のネットワークを作りたいというのが二つ目。三つ目に、助成金をもらったときはするけれども、終わったらしぼんでしまうのではやはり問題なので、その後も続けてやれるようにしたい。その三つのところに注意しました。



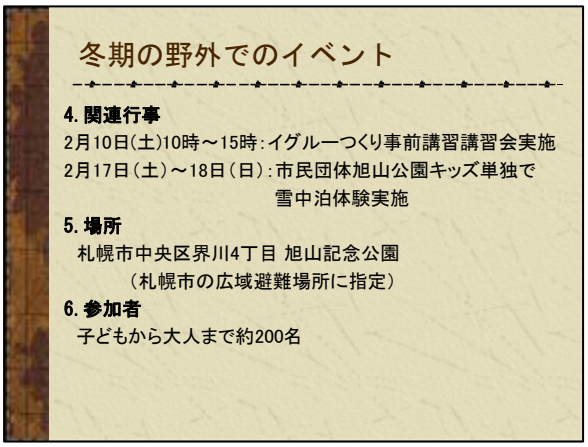
資料 2-1-3



資料 2-1-4

その三つ目ですけれども、気象協会として継続的にこういう趣旨に沿った連携を、助成金をもらった後もやれるよう努力しています。具体的には、知識や印刷物だけではなかなか身につかないので、実体験から身につけてもらいたい。最近、ゲーム機の普及その他で、私たちが子供のときに外で遊びながら自然に身につけたことがなかなか身についていかないので、そういう機会をふやしたいということです。

雪や氷に関する基礎的な知識を体で学ぶと同時に、例えば気象情報なども今はどんどん量はふえていますけれども、量はふえてもそれを活用して安全を守ったり、自分たちの生活や暮らしの中にそれを生かすのはちょっと別なことなので、特に野外活動に生かせるようにしたいと思います。



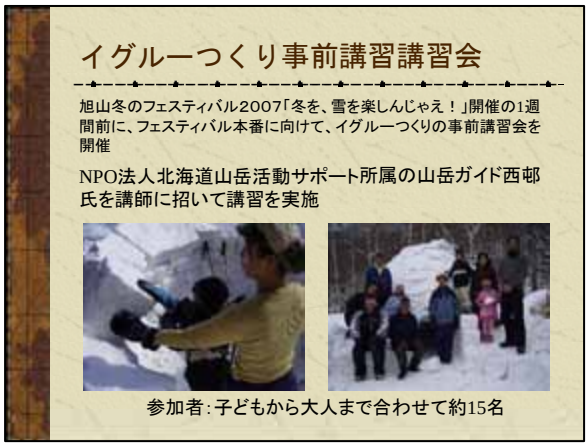
資料 2-1-5

資料 2-1-6

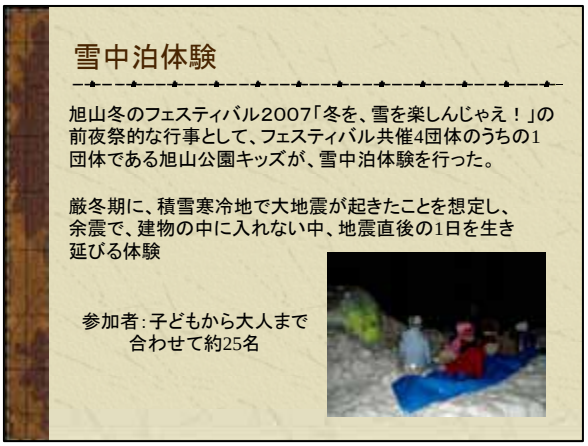
資料 2-1-7

資料 2-1-8

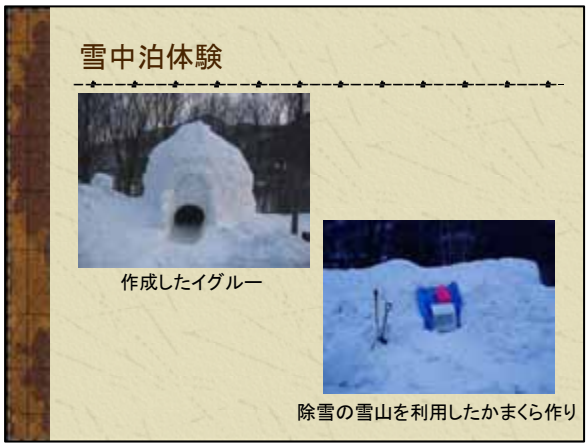
具体的には、ほかのさまざまな団体と協力して幾つかの行事をやりました。例えば冬期の野外での行事として雪や氷を観察する。それから、さまざまな道具について知る。それだけではなくて、こうしたイグルーをつくっていざというときには雪の中でも短い時間なら身の安全を確保できるということを体験してもらいました。



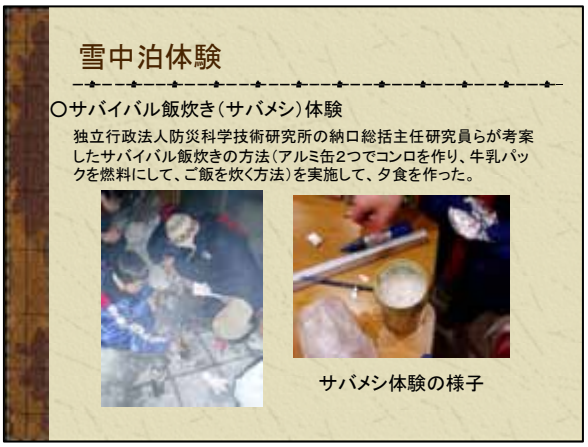
資料 2-1-9



資料 2-1-10

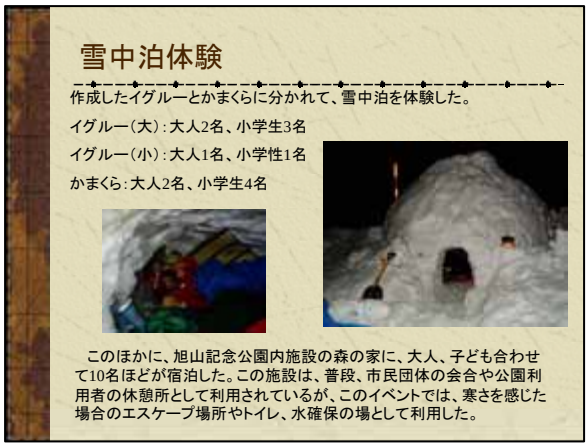


資料 2-1-11

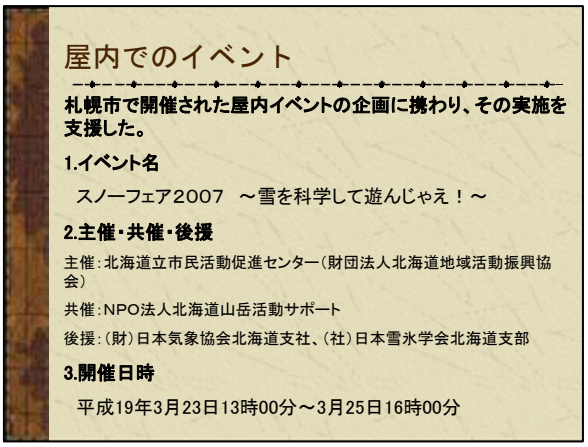


資料 2-1-12

例えば厳寒期で外の気温が－10℃ぐらいでも、雪の中では零度前後で体温を保つことができる。実際に例えば地震なんかを想定して、これがどのぐらい耐震強度があるのか、そこまでは検討していませんけれども、イグルーをつくって上をビニールシートで囲えば一晩くらいだったら何とか寒さをしのげるのではないかということで、気温の変化などもとっています。

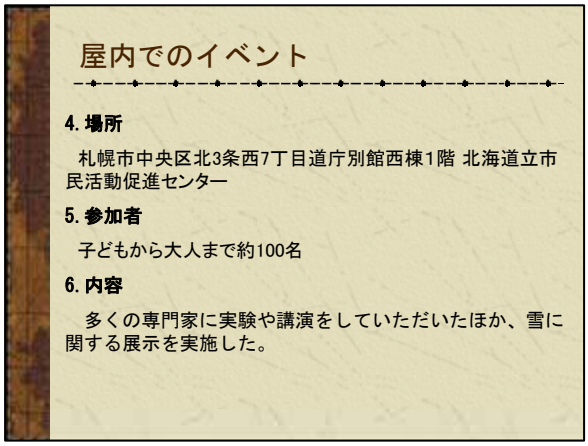


資料 2-1-13

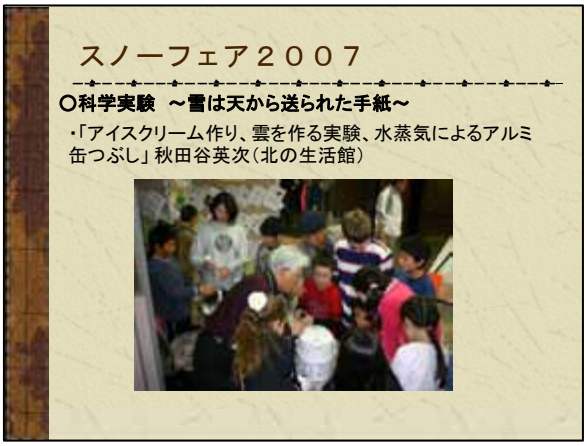


資料 2-1-14

それから屋内でも、子供たちと様々な経験をしました。一番人数の多かったのは 11 月の中旬にやった行事で、延べ 1000 人ぐらいの人たちに来てもらい、氷の復氷現象や、降雪雪片の運動などを見てもらいました。

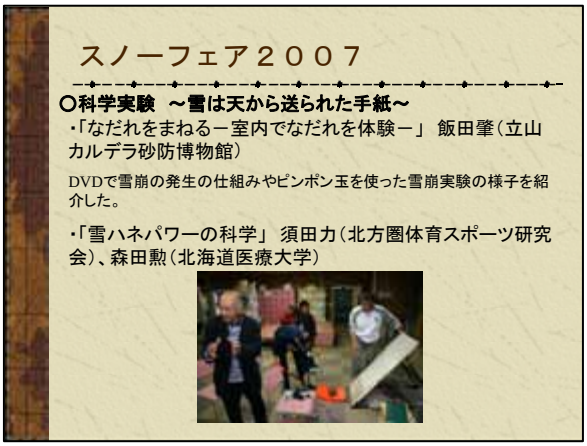


資料 2-1-15



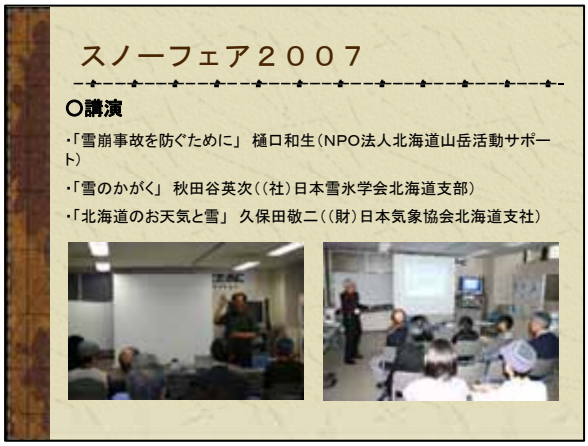
資料 2-1-16

資料 2-1-17

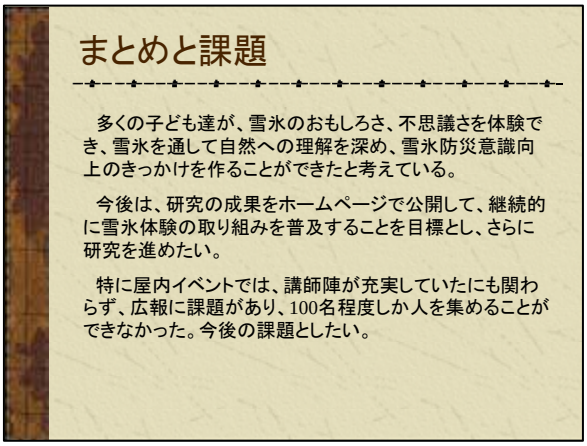


資料 2-1-18

除雪に関しても、除雪、「雪ハネパワーの科学」なども長年研究している方にわかりやすくお話をしてもらったり、実演してもらったりしています。

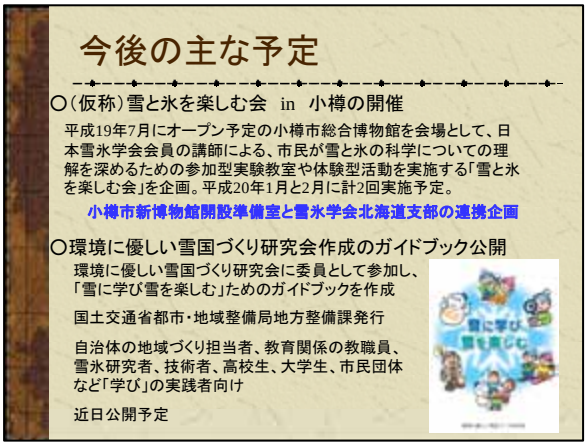


資料 2-1-19

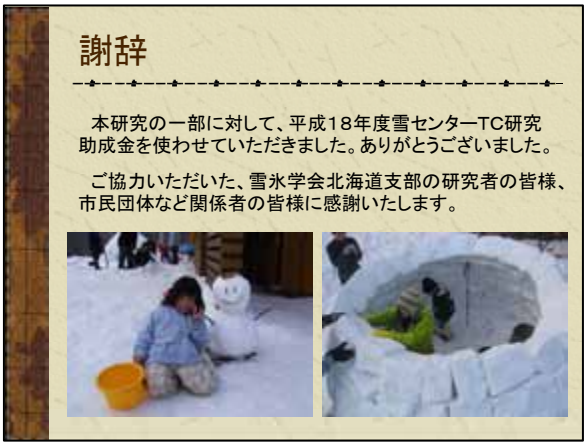


資料 2-1-20

それから雪崩の現場対応をしておられる専門家の方々、山岳ガイドの方々と協力し、一緒に講演会をやっていただいたり勉強会をしたりしております。それで、子供たちには感想文を書いてもらい継続的に参加してくれる子供たち、あるいは理解してくれている小学校と協力して授業の中でさまざまな雪や氷、それから気象情報の活用に関する取り組みをしてもらっているところです。



資料 2-1-21



資料 2-1-22

主に札幌とか都市部の子供たちを中心にさまざまな活動をしたわけですけれども、大学院の学生とか学部の学生、地域の方たち、札幌だけではなくてこうした取り組みにかかわっておられる人たちに来てもらったり、あるいはこちらから行ったりすることで、今後は都市部だけではなくて札幌以外の町、豊かな自然や雪や氷のある環境に囲まれている子供たちの中に入っていって、より地域の子供たちや団体と協力を進めたいと思っております。

それでタイトルにもありますように、継続に向けた動きを最後に紹介します。私たちができる具体的な取り組みの一つとして、気象情報は気象協会の職場からルーチンで出せますけれども、山岳ガイドの人たちと協力して、それに各山の山岳ガイドの人たちの生の情報も入れて、情報をさまざまな利用者に提供できるような仕組みをつくることができ、それが実際に運用になっています。

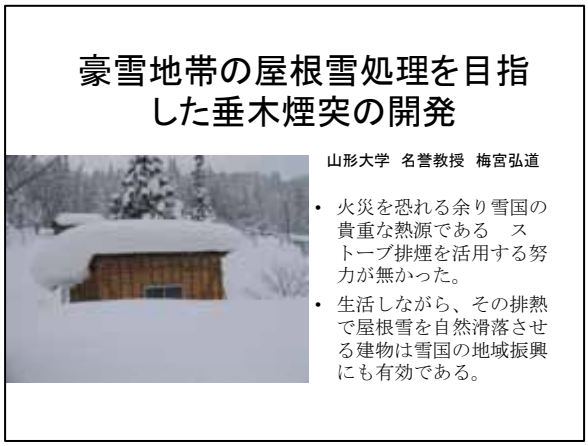
今後も、こうした取り組みを関連学会とかいろいろな機関と協力して進めていくつもりです。

小長井　どうもありがとうございました。それでは続きまして、山形大学の梅宮様から発表をお願いいたします。

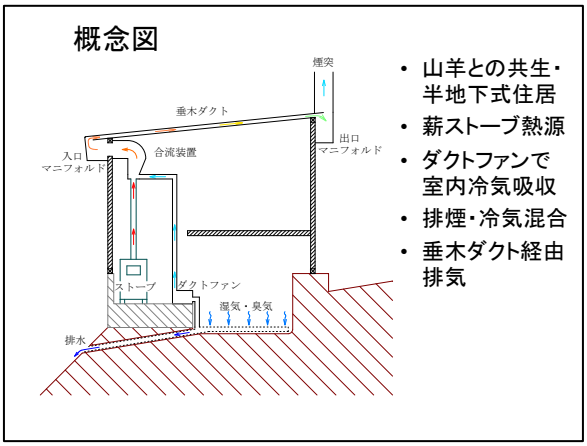
「豪雪地帯の屋根雪処理を目指した垂木煙突の開発」

山形大学　名誉教授　　梅宮　弘道　様

梅宮　山形大学の梅宮です。私の課題は、「豪雪地帯の屋根雪処理を目指した垂木煙突の開発」ということでご支援をいただきました。おかげさまで大変楽しい１年でした。楽しくて忙しかったです。総合結論からいきますと、雪国ではいろりの生活から始まって昔から木を随分使うのですが、そのために火災を恐れるあまり、雪国の貴重な熱源であるストーブ排煙を活用する努力がなかったのではないかと思います。見たことがないです。要するに大変貴重な熱源ですので、生活しながらその排熱を屋根のほうに通して、屋根雪がある程度積もるとさらさらと落ちていく。そういうような建物ができれば、豪雪地帯の地域振興にも有効であろうという確信を得ました。



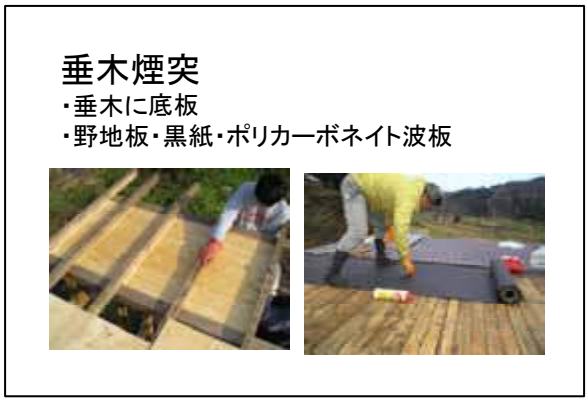
資料 2-2-1



資料 2-2-2

この写真は実験家屋ですが、屋根に約 2m 積もっております。ですので、何もないともう少しでつぶれます。そうはいっても、何をねらっているのかぴんとこないと思いますが、私自身は実は冬を越すのに動物と一緒に暮らしたいのです。それで、一番手っ取り早いのは山羊ですが、山羊と一緒に暮らして、町なんかに出ていかないで 12、1、2、3 月と 4 ヶ月ぐらいここにこもって冬を越したい。それが私の願いです。

そういうことをやろうとすると、昔の曲がり家だと、ちょっと生活しにくかったですね。快適とはとても言えない。曲がり家の時代から 100 年以上たっておりますので、現在の自動機器を導入して、もう少し手軽に自分でつくれる時代になっているのではないかと思って、そんな構想で始まっております。まず半地下にして、下のほうに山羊を住まわせます。2 階のほうに私が住んでいます。一番冷たくて湿気の強い空気が当然下のほうに滞留しますので、その湿気と臭気をダクトでくみ上げる。そしてストーブは 24 時間動きますから、それの排煙と合流させて排熱の温度を炭化温度以下、つまり 100℃以下に下げて、その煙を屋根裏に誘導し、あと若干の勾配をつけて上昇気流を出して煙突から出すという構造です。



資料 2-2-3

そういう屋根裏が煙突になっているような家は見たことがないものですから、自分たちでつくりましたが、垂木（たるき）というのはわかりますね。四角の。これを垂木といいます。荷重を分散させるための部材でありますけれども、その下に建築合板を張りつけようと思えば簡単にできます。でき上がっている家に対しても下から張りつけるということはやってみましたが、可能です。あと、この垂木の上に野地板といって日本では大分きゃしゃな板を使って屋根の基本構造にします。そし

てその上に黒紙、その上にトタンあるいはポリカーボネート波板で屋根をつくっていきます。

資料 2-2-4

資料 2-2-5

こんなふうにして準備して始まりました。これは普通、作業現場で使っているごみ焼却炉ですけれども、その焼却炉の内側にレンガを張りつけて、蓄熱型のとろとろと非常にゆっくり燃えるストーブに改造しております。さらに床下から吸い込む空気をアルミ製のダクトにファンを導入して煙突上部で合流させて吐き出します。

資料 2-2-6

資料 2-2-7

これが焚き始めの状況です。ここでは同時に燻製作りを試したのですが、ここに生ハムの塩漬けの肉をぶら下げて燻製をつくっています。やってみたら大変おいしいものができました。雪が少なかったのですが、2 月の 11 日に雪が降り出して 50cm ぐらい積雪が有りました。ストーブを焚きながら 2 日泊まり込んで垂木煙突の作動状況を見ました。

垂木ダクト煙突の作動実験

2/11/12:00　経過 0:0h　　経過　4:00 h
時速0.1(m/h)　勾配　0.1

資料 2-2-8

研究結果

1.垂木煙突の運転により屋根雪の滑落性能が飛躍的に向上する。時速0.1(m/h)　勾配0.1
2.防火対策
サイクロン合流煙突
- 排煙温度を７０℃以下に抑える
- 火の粉は入り口マニフォルド前で消滅

3. 木酢液生産
4. その他の機能　食品燻製システム

資料 2-2-9

屋根雪は左から右の写真のように移動しました。ストーブをたいてから４時間後です。勾配は１mで10cmぐらい下がる､10分の１勾配です｡この勾配では普通では落ちないのですが､時速0.1m/hで次々と落ちていきました。

結論ですが、当然ですけれども滑落屋根をつくるとストーブが動いている限り、氷河のように雪が落ちてくれます。あと、実際にやってみると煙は結構湿っぽいですね。それでその湿っぽさが木に吸収されるものですから、火はつかない。むしろ茶色の木酢液がぽたぽたと落ちてくるくらい。その木酢液がすき間を充填して年々丈夫にしてくれるような感じがしました。

おかげさまで大変おもしろい生活ができました。ご報告して御礼とさせてください。以上です。

小長井　どうもありがとうございました。続きまして、新潟大学の小林様から発表をお願いします。

「画像処理による路面状況測定手法の基礎研究」

新潟大学　名誉教授　　小林　俊一　様

小林　私（の研究）は「画像処理による路面状況測定手法の基礎研究」（というタイトルで）、本当に基礎的な研究ですのでよろしくお願いいたします。下に書いてありますように、主に共同研究者の富山高専の高田先生の研究室で実際には全部行ってもらったものです。

画像処理による路面状況測定手法の基礎研究

小林俊一

（共同研究者）
高田英治･貴堂靖昭（富山高専）･佐藤篤司（防災科学技術研究所）･
石丸民之永（新潟電機㈱）

資料 2-3-1

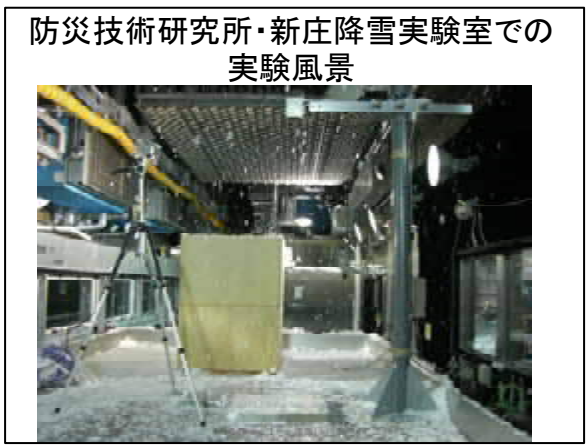
目的

- 道路積雪状況の自動計測
- 方法としてパターンレーザーを照射して得られた画像に対し、画像処理を行う
- いくつかの測定項目を単一のシステムで実現する
  ①平均的な積雪深測定
  ②路面の凹凸状態の測定
  ③積雪の特性測定（柔らかさなど空隙状態）
  ④凍結や濡れ状態

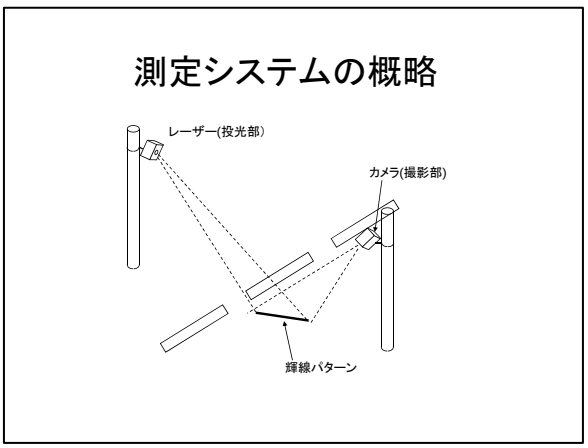
資料 2-3-2

この研究の目的は、道路積雪状況の自動計測ということで、方法としては赤色レーザーを照射して、それをパターンレーザー、即ち、スポットではなくて線状に照射して得られる画像処理を行うものです。この簡単な単一の測定システムから、目的に四つ挙げてありますけれども、こういったものが測定できるということを目指しております。

１番目は平均的な雪の深さ。それから路面の凸凹状態。それから雪の柔らかさと硬さといった性質。４番目に凍結や濡れ状態。今回は偏光板を使って、偏波を利用しましたが、ここでは報告できる内容になっていませんので４番目の結果は省略いたします。

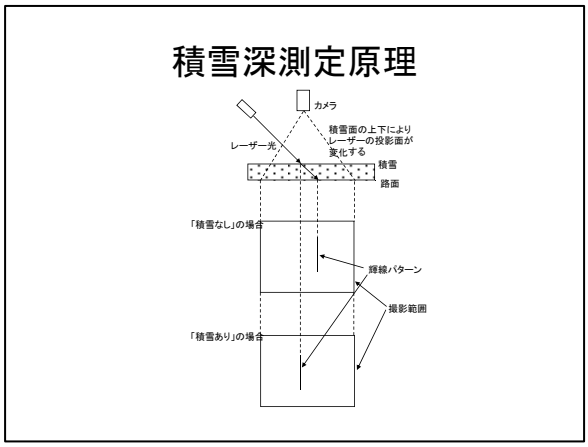


資料 2-3-3

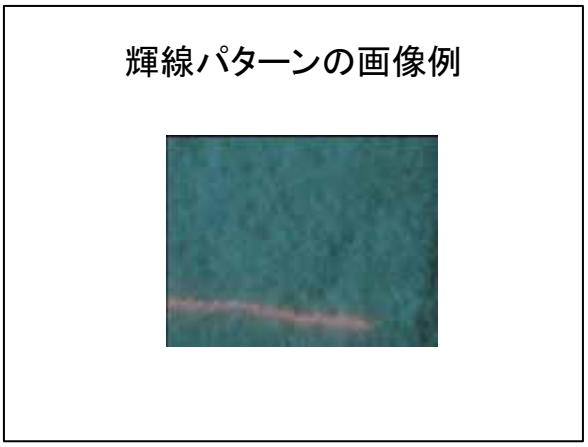


資料 2-3-4

これらの研究は主に防災技術研究所の新庄にある降雪実験装置で行われました。レーザーを下方に照射します。資料 2-3-3 の下の方に赤い線状のものが見えますけれども、これを画像化していくわけです。上にカメラがありまして、カメラの写真から画像解析をやりました。そのシステムですけれども、これは赤色のレーザーです。シリンドリカルレンズを介して簡単に線状になるわけです。カメラはここにあります。

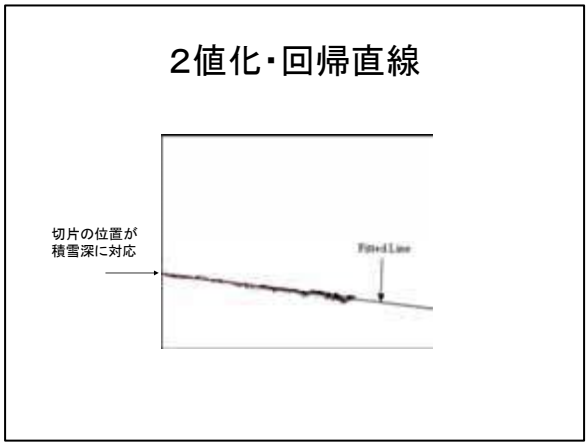


資料 2-3-5

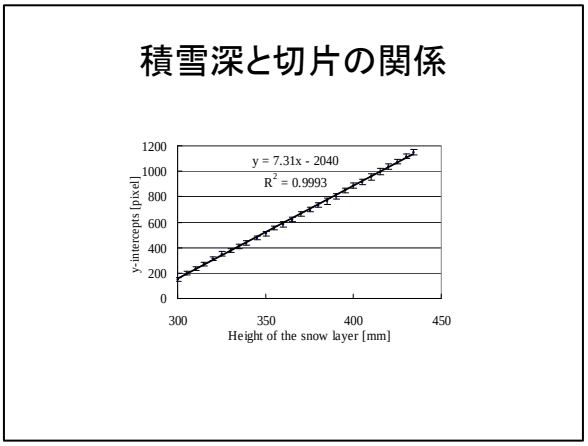


資料 2-3-6

実際の測定原理は簡単です。ここが路面です。少し雪が積もったところがこの上です。下は側面図ですけれども、最初、雪が積もっていないときは、線パターンはここに出ます。雪が積もるとこの線パターンはここに出てこういうふうに線の位置が移動するわけです。



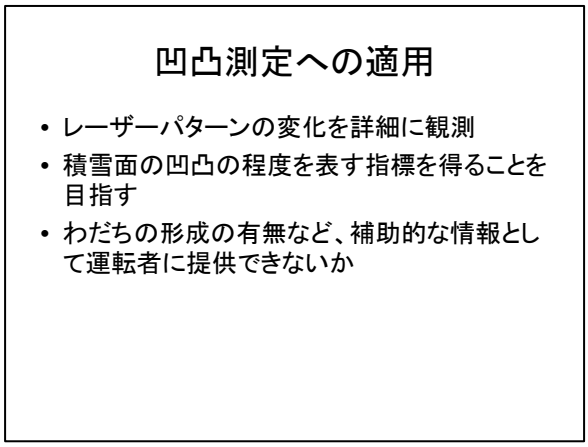
資料 2-3-7



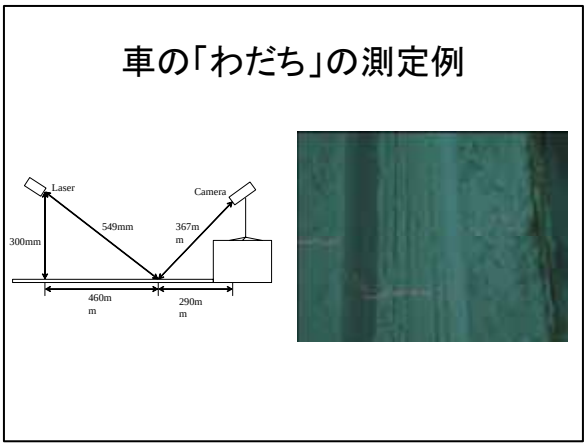
資料 2-3-8

資料 2-3-6 は実際の線パターンです。これを画像処理化するには、２値化・回帰直線といっていますけれども、２値化というのは白いところを 0、黒いところを 1 というふうに二つの２値化にして、さっきの赤いレーザーの線をこういう黒い線に置きかえます。これをずっと読み取っていって Fitted Line を引きます。縦軸をＹ軸、横軸をＸ軸にとったわけですけれども、このＹ軸を横切る切片のところが雪の深さに対応するわけです。

雪が積もっていく際の実験もしましたけれども、それは表面がその都度によって結構ばらつきが大きいので、とりあえずきちんと正確に出そうということで、雪を一定の厚さに積もらせた後に、その雪面を上下させてその変化を測る。資料 2-3-8 に結果を示しました。30cm から 45cm の高さの変化を示してあります。縦軸が切片の値で、この切片の位置が雪の深さに相当するということです。表面の状態が変わらないので非常に直線的な関係が得られます。雪の深さは大体こういう原理で測定できることがわかりました。

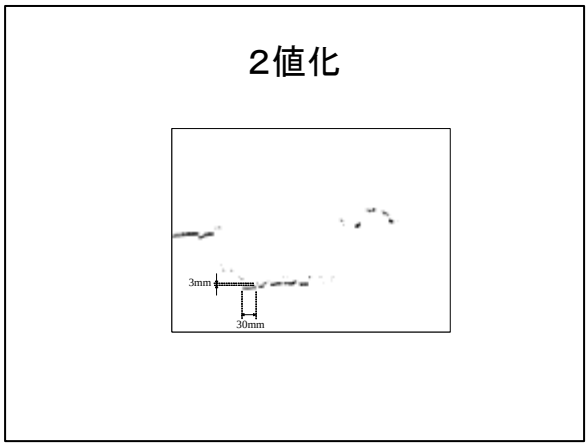


資料 2-3-9

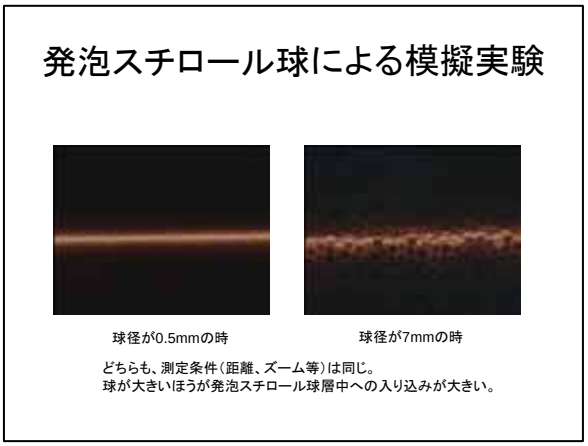


資料 2-3-10

次に、凸凹の状態を測定することです。丁度他のグループが自動車のわだちの実験もやっておりましたので、そのわだちの雪面を借りてレーザーを照射しました（資料 2-3-10）。



資料 2-3-11

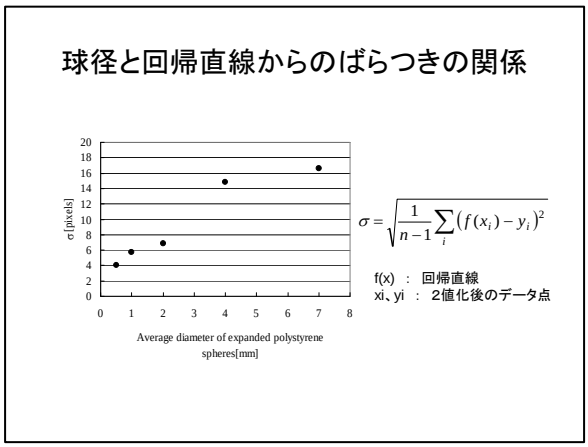


資料 2-3-12

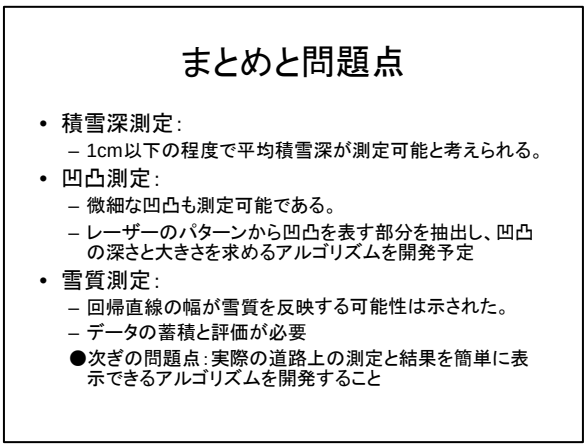
これを２値化したものが資料 2-3-11 です。この図の中の二つの直線から、さっき言ったＹ軸を横切る切片を求めて雪の高さの変化がわかるということです。

もう一つ雪の硬さ、柔らかさの問題ですけれども、これは実際の雪ではいろいろな雪質を使うことが困難でしたので、発泡スチロールの球による模擬実験を行いました。例えば資料 2-3-12 に 7mm と 0.5mm 直径の球群に照射した写真が示されています。球の大きさによってレーザーの線が幅を持ちます。粗いもの、空隙率の大きいものになると、幅が広がってきます。

以上述べてきた作業は、約１分間ぐらいで自動的に読み込んで画像処理をして追いかけることができます。



資料 2-3-13



資料 2-3-14

球形と粗さは資料 2-3-13 に示したごとくよい直線関係です。ここで粗さというのは、標準偏差を計算して求めました。

まとめで問題点に触れます。積雪深は 1cm 以下の精度で平均積雪深が測定可能となりました。それから凸凹の状態も、わだちはよくわかりますけれども、もっと微細な凸凹も測定可能である。ただ、まだそういったものを簡単にあらわすアルゴリズムの解析をしておりませんので、今後これをやっていく。それから雪質もさっき言ったようにビーズの球でやってデータを蓄積する。

最も重要な問題は、実際の道路上でやることが今後実用化するために一番大切であるということです。そのときに今やった赤色のレーザーではなくて、もっと近赤外のレーザーを使わないと昼間の測定が難しいだろうということで、レーザーを変えてこれからやろうと考えております。以上で

終わります。

【意見交換】

小長井　どうもありがとうございました。それでは、ただいまの３名の方の発表に関しまして、どなたの発表に対してでも結構ですので、ご質問・ご意見等がありましたらお願いします。

酒井　それではまず梅宮先生にです。今後、この実験はまた引き続き継続していく方針か、その点はいかがですか。

梅宮　続けます。実は去年は 11 月の末にアキレス腱をやってしまったもので、山羊と一緒に生活できなかったんです。あそこは私の別荘みたいにしているものですから、ずっと続けます。そのうち泊まりにおいでください。

酒井　ぜひひとつよろしくお願いします。
もう一つ。先ほどの小林先生のお話で、特に道路管理では凍結が大きな問題になるわけですね。光をいろいろ変えることによって凍結の判断が可能になるのかどうか、そこはいかがでしょうか。

小林　一応偏光板をカメラの前と雪面の下に置いて、上から光を当てて測る実験をした。凍ると結晶が見えますので、そういった点で結構いけるなということですけれども、これはさっきお話ししたように、これから時間をかけてもう少しいろいろと検討していかなければならない状態です。

酒井　ぜひお願いします。

小長井　ほかに何かご質問・ご意見等がありましたらお願いします。どうぞ。

福原　福井大学の福原と申します。石本さんにお伺いしたいのですが、今いろいろ紹介されたのは、実際例えば雪が外にあっていろいろ体験するという話でしたけれども、我々のようなところであれば場所によっては常時雪があるところばかりではないですね。例えば我々の大学では、ある先生が人工雪をつくって雪の結晶みたいなものとかいろいろやっているんですけれども、例えばすぐそばに雪がなくても雪に親しめるようなアイデア等があれば教えていただけますか。

石本　まず外でも室内でもやったんですけれども、例えば冷蔵庫とか冷凍庫でつくった氷を使って復氷関係の現象を見てもらうとか。それから今回は使わなくても、旭川西高校の平松先生なんかのように雪の結晶を簡単につくれる方法もありまして、各分野で実績のある人たちにも来ていただいていろいろな行事をやりました。
それからもう一歩進んで、雪国の博物館の中で似たようなことをやれるような教育支援もやって、具体的には今度新しく小樽に博物館ができるんですけれども、そういうところとも協力していろいろやっているところです。小学校の中でも興味ある先生たちと協力してやっています。

福原　それで、今ここで非常に数は少ないと思いますが、おもしろいビデオをつくってそういうビデオを見て、視覚的にいま我々のほうは雪がなくてもこんなおもしろいことがあるなとかというのも何か考えていただければと思います。

石本　雪に関しては、雪氷学会の北海道支部の中にもそういうことに興味を持っている人がいまして、そういうウェブサイトもありますし、そういうところとの連携も強めているところです。具体的には例えば気象庁のウェブサイトを見ても、全球モデルを見れば、北半球と南半球で低気圧の回り方が逆だということもわかるし、それからコリオリの力とかそういうこともわかるわけです。今、ただのウェブサイト見るだけでもいろんなことがわかるんですね。けれども情報があるということと、それを理解して広めるということとギャップがあるから、その辺で雪氷にかかわっている研究者や技術者が果たす役割は大きいのだろうという気がします。

新藤　雪センターの新藤と申します。梅宮先生にお尋ねしたいのですが、排煙の温度を 70 度以下にするということが書いてありますけれども、非常に簡単な装置なのに 70 度にするという合わせ方が非常に難しいとなると、なかなかうまくいかないのではないかという気がしたのですが、その辺はいかがでしょうか。

梅宮　これはストーブの出力との兼ね合いになります。燃やし方ですね。空気の供給の仕方で、気を許してじゃんじゃん入れますと蒸し焼き状態になっていますから火力が上がっていきます。それが危険なんですね。ですから、空気の取り入れ量が本当にとろとろになるようにして、あとはロックするぐらいの間隔で置きますと、桑の木の根っこのようなものを仕込んでおけば少しずつ燃えていきます。そういう状態だったら、こんな簡単なもので十分 100 度以下にできます。

たまたま私の場合は 70 度でしたけれども、90 度以下をねらったのです。それが正しいのかなと思ったのですが、実際やってみるとこんなことです。子供たちにいじられないようにする、そこがキーポイントだと思います。

小長井　そのほかに何かご意見等がございましたらお願いします。よろしいでしょうか。それでは、前半の３名の方の発表をこれで終わらせていただきたいと思います。３名の方、どうもありがとうございました。

ᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓ（準備・休憩）ᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓ

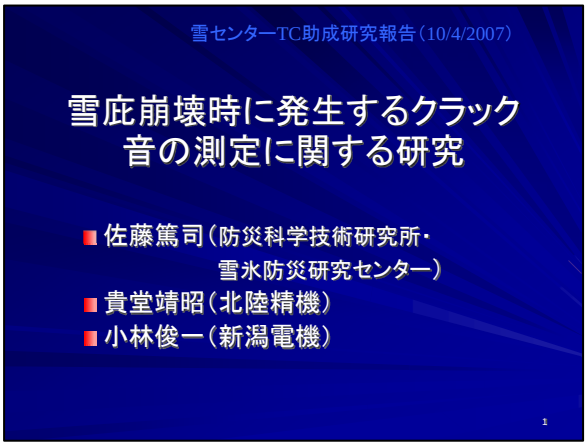
小長井　それでは後半の３名の方の発表を始めさせていただきます。初めに防災科学研究所の佐藤様及び貴堂様の発表についてよろしくお願いします。

「雪庇崩壊時に発生するクラック音の測定に関する研究」

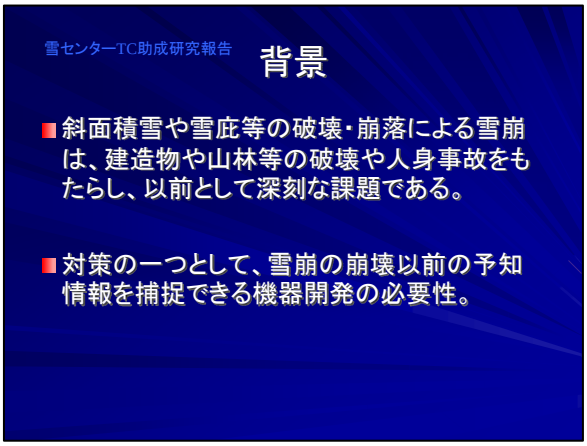
防災科学技術研究所　雪氷防災研究センター長　　佐藤　篤司　様

佐藤　ご紹介いただきました佐藤です。この研究はここに書きました３名と、実はもう一人、なぜか（名前が）落ちていますが、富山大学の川田先生にも協力していただきました。

実際、このエレクトロニクスを使った測器の開発というのは、北陸精機になっていますけれども、富山工業高等専門学校の教授を昨年度までやっておられた貴堂先生に実施していただきましたので、これから先生のほうから説明させていただきます。お願いします。



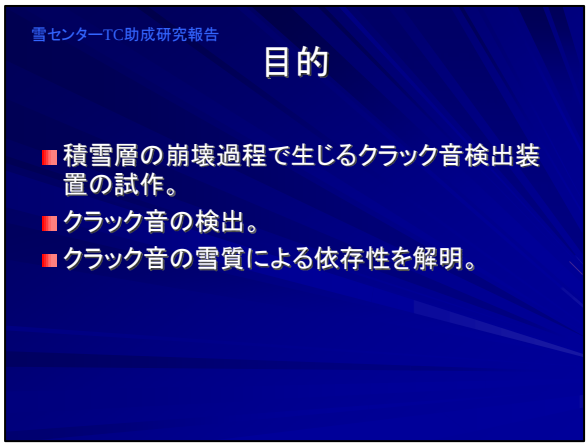
資料 2-4-1



資料 2-4-2

貴堂　恐縮ですが私が発表させていただきます。タイトルは「雪庇崩壊時に発生するクラック音の測定に関する研究」ということでセンターから援助いただき、かなり成果を上げたと思っています。

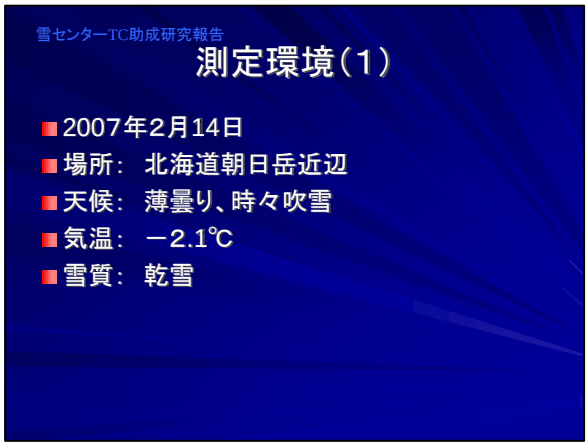
まず背景は、斜面積雪や雪庇等の破壊・崩落による雪崩は、建造物や山林等の破壊や人身事故をもたらし、非常に深刻な問題になっていることはかねがね知られていることであります。私は電気屋ですので、何とかこれを電気的に測れないかとかねがね思っていましたところ、川田氏から立山のほうに雪庇があると。私も雪庇というものを初めて見まして、そこでたまたま運よく超音波受信装置を持っておりまして、それを仕掛けてみましたところうまくひっかかりました。そういうことで、初めて雪庇が崩壊するときにクラック音がして、しかも超音波であるということはもう出ていたわけです。そういったことから、ではこれをもっと詳しくやっていかなくてはいけないと思いまして、センターのほうからいただきました資金によって、富山は雪が降りませんでしたので、北海道のほうに出かけてデータをとってきたわけであります。



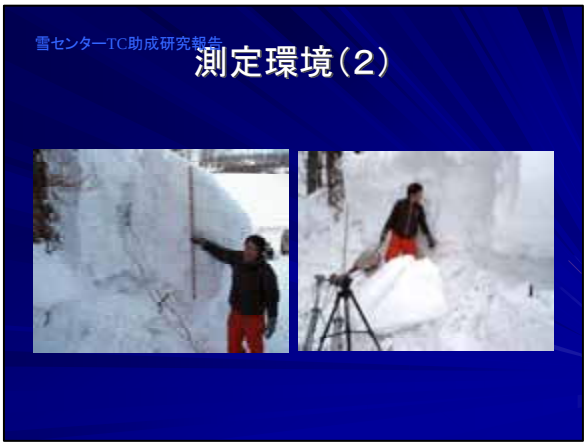
資料 2-4-3

資料 2-4-4

ではどういったことがこのシステムの特徴かということですが、これに出ていますのはクラックです。仕掛けてあるこれが超音波センサーです。受信しまして、ある電波で各機関へ雪崩の発生を教える。そうすることによって情報というのは伝達することが可能であるわけです。こういったシステムができればいいなということであります。



資料 2-4-5

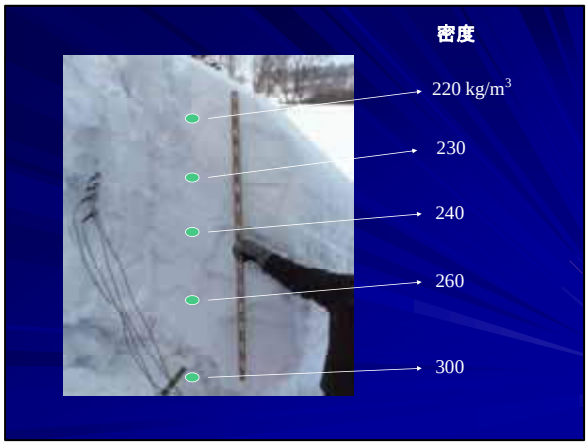


資料 2-4-6

このセンサーは一体全体どのような性能を持っているか。どのようにわかりやすいかということが問題でありまして、こういった環境でやりました。2005 年 2 月 14 日、北海道です。初め朝日岳に登ろうと思ったんですけれども、吹雪で登れなくて近辺でやりました。天候は吹雪で気温はマイナス 2.1 度、雪質はほぼ乾雪に近いものだった。

これは北海道大学の学生に援助いただきましてやったものです。これはどういうことかといいますと、この雪の厚さは大体 3m とか 4m あります。センサーはこのように 4 本刺してあります。これはまた後から説明しますが、雪中の超音波を見ると。ここにあるのは雪中外、外で測ったものです。

雪氷はこれで人工的に落ちるように仕掛けまして、瞬時に落とすといった実験です。そうするとどういうものが見られるか。これは落ちたときの塊です。このときはどういうものができるのかを調べています。それで、超音波は両方とも受信する。雪中も受信しました。それから空中でも得ることができました。



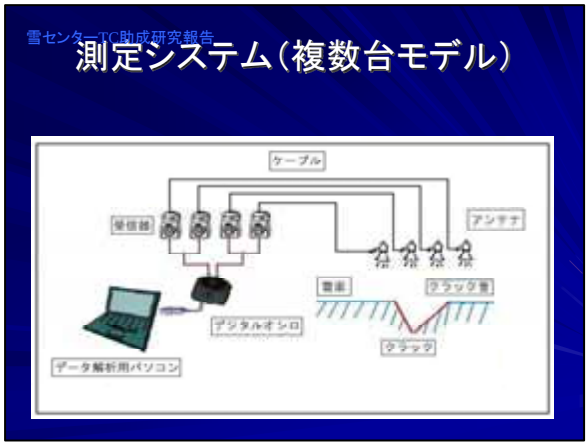
資料 2-4-7

資料 2-4-8

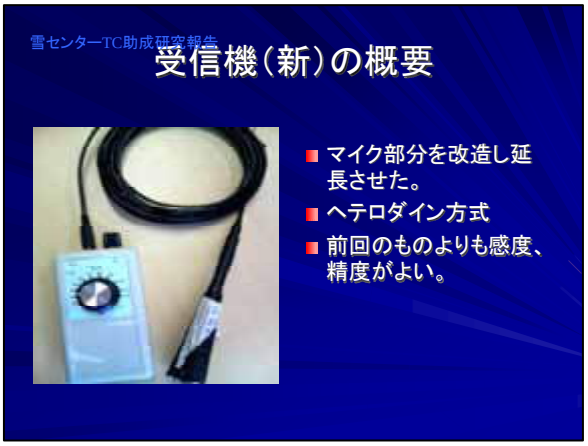
これは雪質を調べているところです。こういったところで、それぞれの層によって密度を測ったというのがこの数字です。

これはものすごく関係しているだろうということは大体わかっているんですが、精密に具体的にはどうなっているかということは今後の課題です。まだわかっていません。ただ、雪質、層、層硬度によってある程度予想される。これは課題としてあります。

これは立山の昔の状態です。それでこの層を見た場合どうかということで、北海道の層、それから立山での層に違いがあります。その違いというものは超音波の周波数のところに出ています。



資料 2-4-9



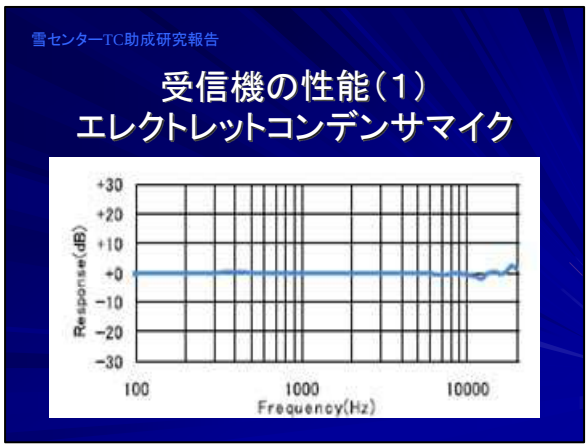
資料 2-4-10

これは測定システムです。大体 10 個のセンサーを用意しました。一応ここでは四つ書いてありますけれども、10 個並べても 20 個並べてもいいわけです。なぜたくさん 20 個も並べたかというと、周波数を連続的に自動で変えることはできませんので、どうしても固定しなければいけないということから、20 キロ、30 キロ、40 キロ、50 キロ、60 キロというふうに決めて使用しています。

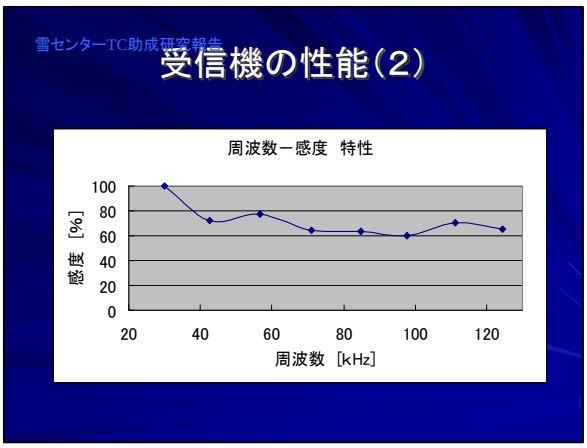
それで２セットも同時にとることはできませんので、コンピューターでは四つ同時にとりましょうということで、このような形をとっております。

これが私たちがつくりましたセンサーと受信機です。ここに持ってきておりますけれども、これは非常に簡単でありましてポケットの中に入ります。こういった簡単なものでポケットに入ります。もっともっと小さくできます。ただ、これは改造してありますので少し大きいですけれども。イヤホンで音を聞くことが可能です。測定の関係上、コンピューターで入力していますけれども、耳で

聞いて判断することができます。

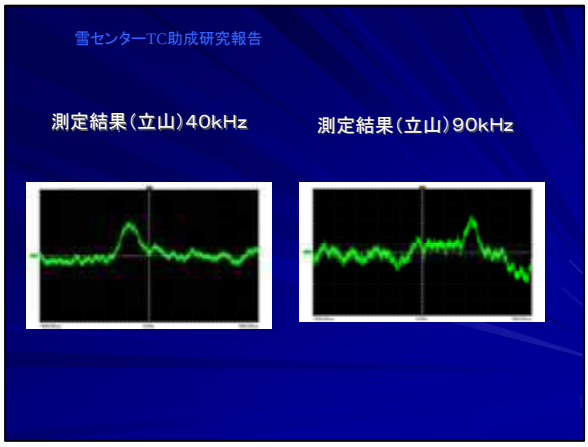


資料 2-4-11

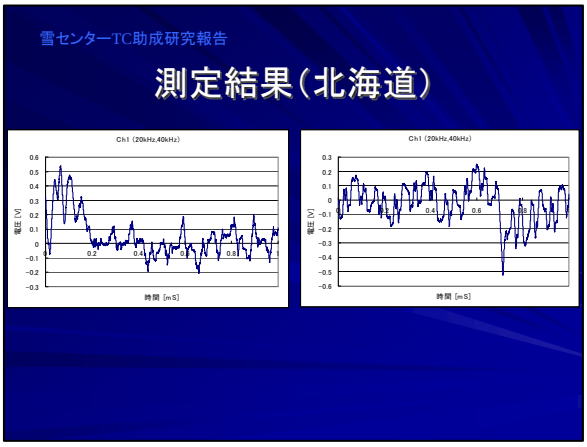


資料 2-4-12

これはそのセンサーの周波数特性を示しています。だから 120 キロの超音波のセンサーを受信していますが、これは皆さんがお使いになっている携帯電話のマイクの特性です



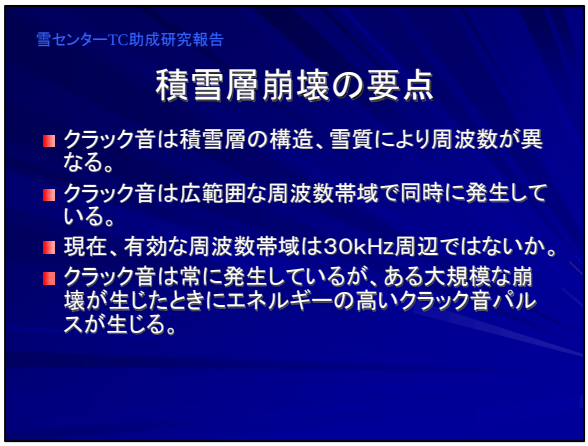
資料 2-4-13



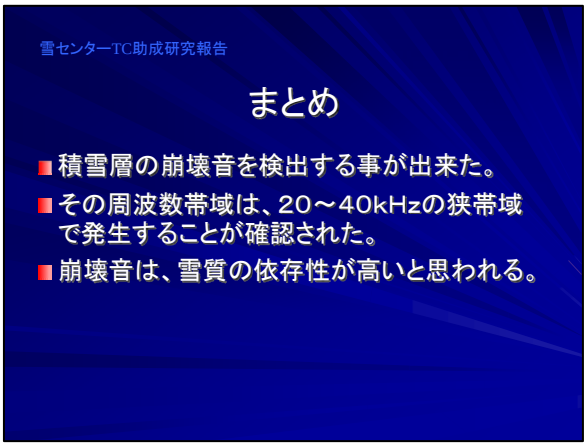
資料 2-4-14

これが立山でとったときのそれぞれのデータです。

これが北海道のときのデータでありまして、X軸は時間、そしてY軸は電圧です。それでここで注目したいのはこの部分です。落ちた瞬間のデータがこれです。瞬間のときは大体 20 キロヘルツか 30 キロヘルツのところで出ています。乾雪の場合でちょっと限られております。これは雪構造がはっきりしてくるともっと明確になるだろうと思います。



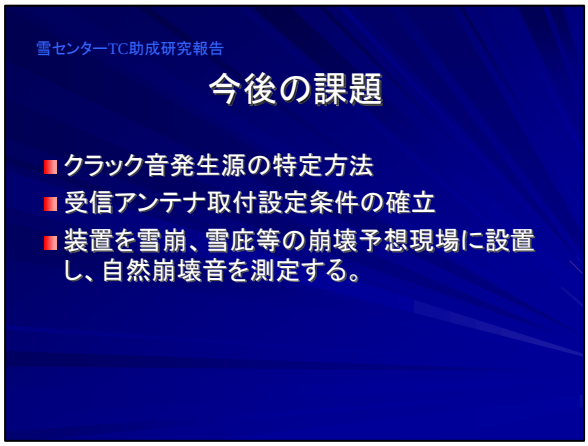
資料 2-4-15



資料 2-4-16

崩壊時の要点というものは、大体このようなものが挙げられます。

まとめてみますと、積雪層の崩壊音を検知することが可能になったと。周波数は、乾雪ではと限定していますけれども大体、20～40kHz ぐらいですが、雪質によってこれは変わってくるということを言っています。それで崩壊音は雪質の依存性が高いと言えます。



資料 2-4-17

それで今後の課題は、今のところ実用化に持っていくためにはもう少し直すべき点もありますが、実際の上では中の研究なさっている方も乗っていただきたい、それから素人でも乗っていただきたい。そしてその欠点を見つけ出すというのが今後の課題ではないかと思います。以上です。ありがとうございました。

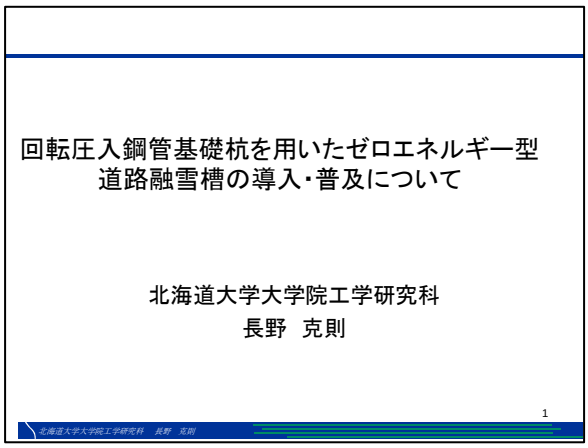
小長井　どうもありがとうございました。続きまして北海道大学大学院の長野様から発表をお願いいたします。

「回転圧入鋼管基礎杭を用いたゼロエネルギー型道路融雪槽の導入・普及について」

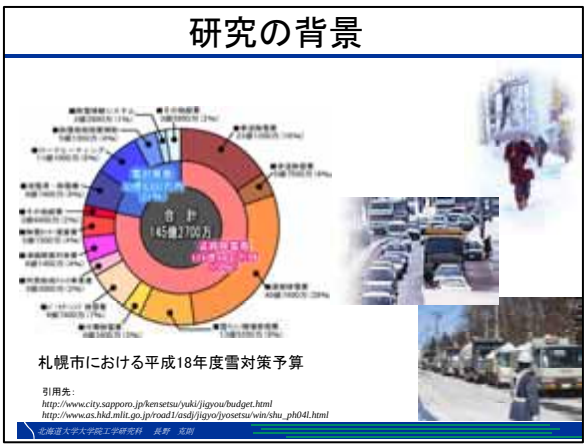
北海道大学　大学院　教授　　長野　克則　様

長野　北海道大学の長野でございます。ご支援をいただきましてどうもありがとうございました。それでは、「回転圧入鋼管基礎杭を用いたゼロエネルギー型道路融雪槽の導入・普及について」とい

うことで発表させていただきます。

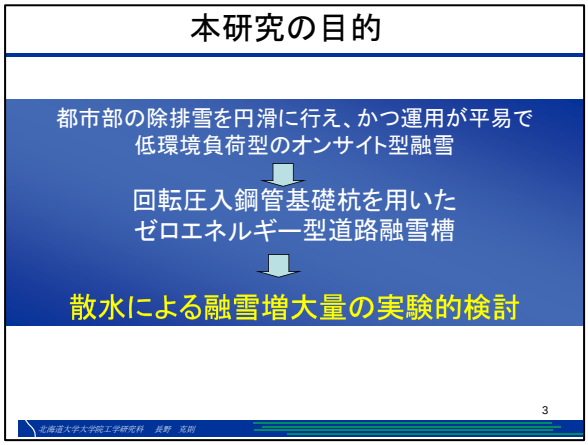


資料 2-5-1

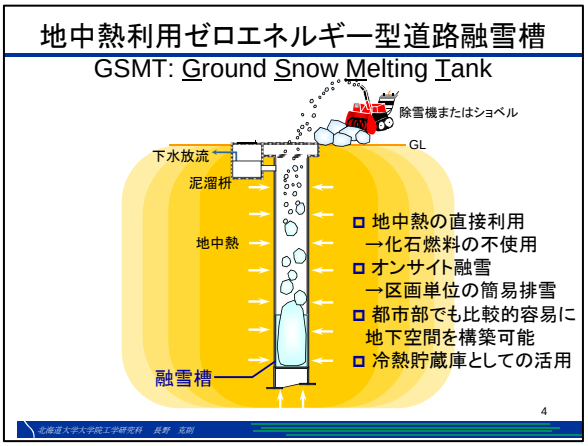


資料 2-5-2

ご存じのように、これは札幌市の雪対策の予算のホームページからとったものですが、大体年間 150 億円ぐらい、子供も含めて 1 人当たり約 1 万円が雪対策に使われています。うちは 4 人いるものでうすから 4 万円ぐらい使われます。そのうちに運搬排雪費が 40 億、堆積費が 13 億、車道除雪費 23 億と 100 億ぐらいが道路の融雪に、または道路ヒーティングには 11 億ぐらいが使われているというのが現状です。この写真は昼間ですけれども札幌でもこのように夜間ダンプがずっと並んで、道路の除雪をしており、渋滞が生じるという問題も起こっております。



資料 2-5-3

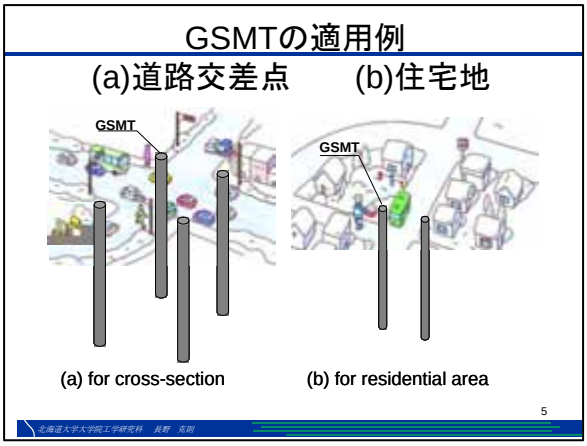


資料 2-5-4

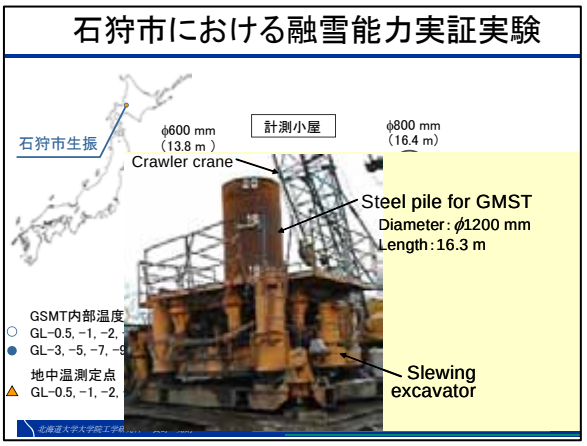
本研究の目的としては、特に都市内においてオンサイトの融雪槽を作りたい。それもなるべく自然エネルギーを使った形。都市部というと、融雪に使えるオンサイトの自然エネルギーは地中熱しかありません。地中熱を使ってどのぐらい融雪ができるかという大型の実証実験を 3 年間にわたって実験をしてきました。

地下に容易に空間をつくるということで、回転圧入鋼管基礎杭という、基礎杭の先に羽がついたものでぐるぐる鋼管を埋めていくと最大径 2m ぐらいまで入っていくわけですけれども、これで地中に融雪槽を構築して実験をいたしました。そのときに問題は、雪の密度がそのまま投入しても圧密しない。圧密するために散水をしながら雪投入をすることにより、投入量をふやす実験を行うというのが今回の助成の対象です。我々はこれを GSMT（Ground Snow Melting Tank）と名づけま

した。都市部にこういった直径約 1m 前後の鋼管をぐりぐりねじ込むと、大体深さ 20m ぐらいまでは容易に入ります。例えば海浜部の砂地のように地盤が軟らかければ 70m ぐらいの埋設せきます。これを、オンサイトに道路とか住宅、また公園の中に埋めるということです。



資料 2-5-5

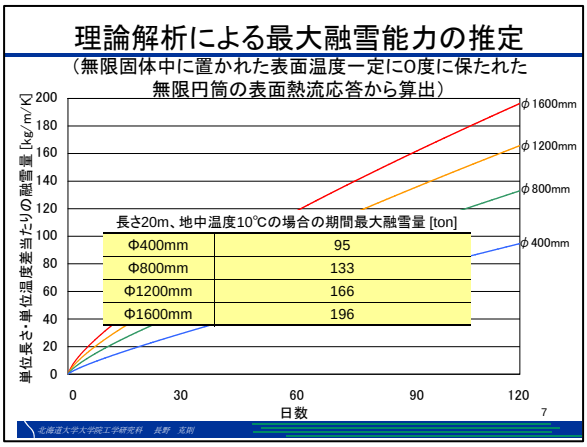


資料 2-5-6

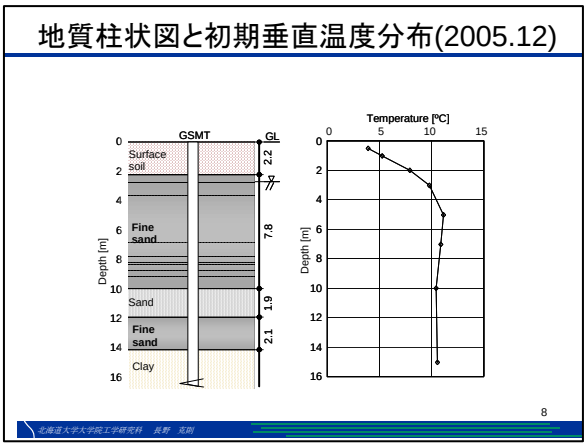
イメージとしては例えばこういう交差点の各角に１個ずつ４本埋めブルドーザーで入れてもらうというものです。または、こういった街区に１本ずつ埋めて、ショベルで投雪を行うものです。

初年度、04 年度は、600（mm）φと 800φの鋼管杭を用いての実験を、寒地土木研究所の援助を少しもらいまして、一緒に行いました。２年度目は、1200φというかなり大型なものを実際に埋め込んでやりました。３年目は投雪時の投入雪量を増大するためにシャワー装置を付けてやったということです。

これは全旋回回転圧入機ですが、これでぐるぐる回しながら油圧ピストンにより一回にピストンの高さだけ回転力でねじ込んでいくというものであります。これは 1200φの鋼管でやりました。



資料 2-5-7

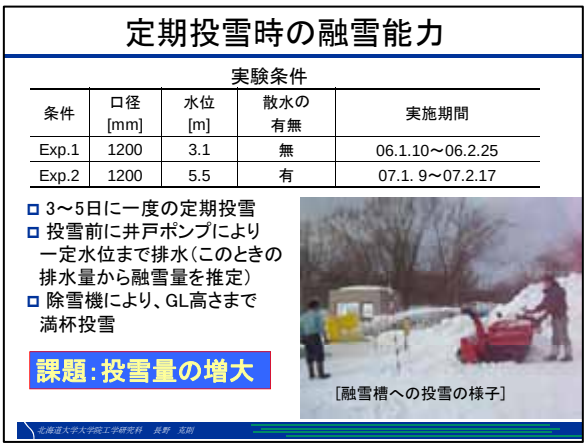


資料 2-5-8

我々の初年度、２年目の実験から Max の融雪能力というのを理論式で予想できるのがわかりました。固体内の表見温度が一定の無限円筒において、表面熱流の時間変化を与える理論解は得られています。例えば鋼管が 1m あったら鋼管の表面を 0℃に保つ場合、この条件での表面熱流を積分すれば、地中から入ってくる熱を算出できるわけです。おおよそ、その熱が融雪量の Max に近いということがわかりました。1m 当たり何キロ融かすことができるかというチャートをつくりまし

た。例えば、期間は４カ月間ぐらい、口径は 1200φ、温度差は札幌では 10℃と０℃で温度差 10℃、福井あたりですと温度差が 16℃くらい、という条件を与えればそれぞれの融雪量を知ることができます。これは海浜部の砂地みたいに地下水流れが無い場合の話です。一方、砂れき層のように地下水流の流れがあるときはまた別の理論解を使えばいいということです。

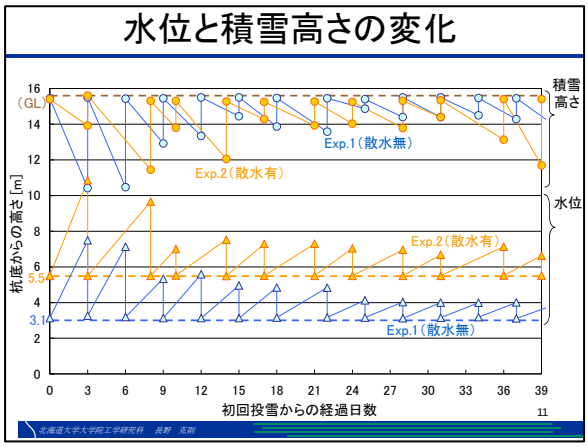
資料 2-5-9



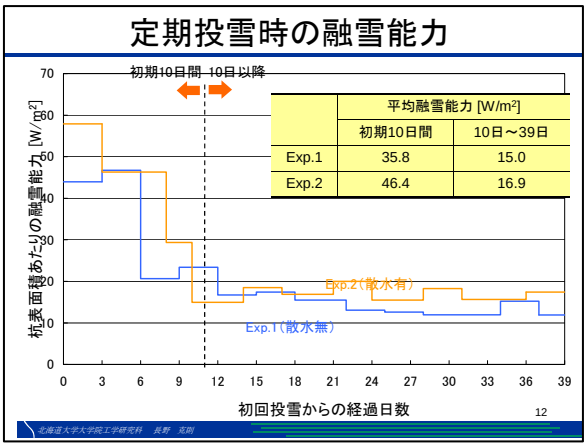
資料 2-5-10

実際、我々は石狩という札幌の郊外で実験を行ったのですが、非常に粒子の細かい砂地でほとんど地下水流がなく、地中の温度は 11℃ぐらいのところです。当初、第１回目は水を 3m ないし 6m ぐらいためて深さ 16m のものに入れていたわけですが、こういうふうに１回ずつバックでおもりを測りながら初期投雪を行いました。大体 400 とか 500 ぐらいの密度ぐらいしか入らないんですね。当初、300 ぐらいからどんどん上がっていくわけですけれども、そういった課題があったということで、2006 年度はこういった上部にシャワー装置をつくって、下にたまった水をくみ上げてはシャワーをしながら投雪するということをやった。

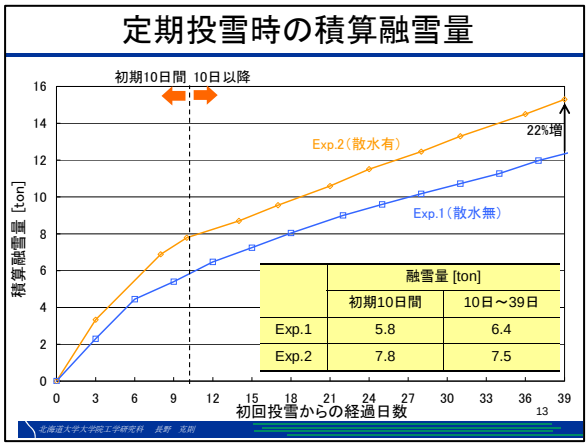
それで初期投雪が終わった後、３日に一度、除雪機で、沈んだ分だけ雪を足して満杯に入れていくというものです。地味ですがお金と手間と労力がかかる実験を２年度にわたって行いました。期間は、それぞれ１月から２月の外気温がほぼ 0℃以下で含水率があまりない同じような状態でやったということです。



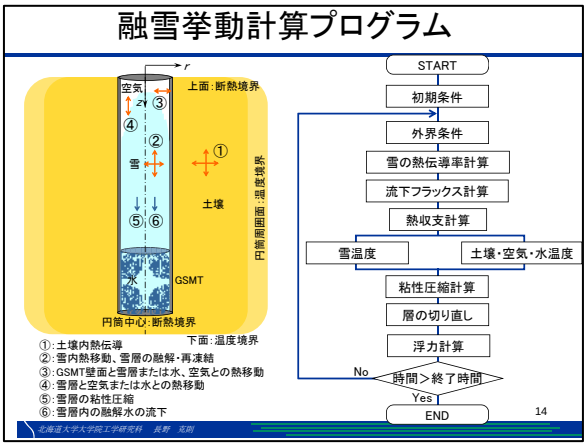
資料 2-5-11



資料 2-5-12



資料 2-5-13



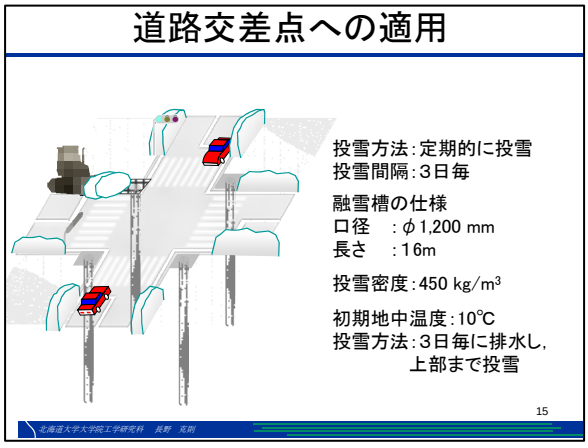
資料 2-5-14

研究助成報告

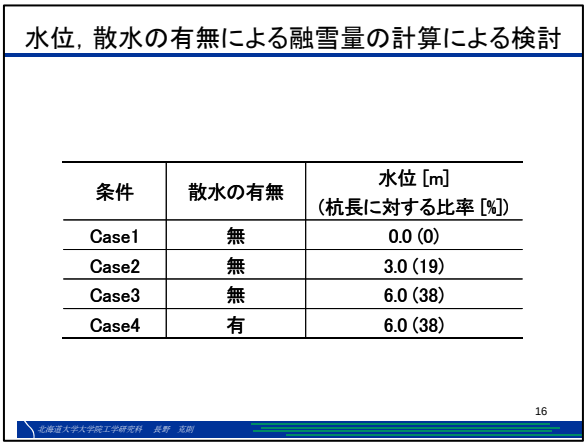
3日ずつ水位の変化と汲み上げ水量を計り、再度満杯に雪を入れてという作業を繰り返して実測結果を得ました。水のくみ上げ量、水位が 3m からふえた分、もう一回 3m に上がるということで、融雪量を換算しました。そのときの融雪量は初期には非常に大きいのですが、大体 10 日ぐらいから安定してきて、融雪量を表面積当たりで割ると大体 15W/m² 程度ということです。図の青線は散水を行わない場合、オレンジ線は散水を行った場合のものということで、散水を行うと初期には（小さいですが）この辺は非常に大きく、後はここで 20～30%ぐらい大きいということがわかりました。

これは入る量とか雪の熱伝導率が含水量によって上がるということで、これは初年度の実験で大体 40 日で 12 トン溶かすことができました。それから 2 年目の散水のある実験では 15 トン、22%ふえましたということで、22%を大きいと見るか小さいと見るかというのは議論があるのですが、散水をしたことによって有効率が上がったということであります。

時間になりましたけれども、我々はこういった現象を再現できる緻密なシミュレーションプログラム、すなわち雪の粘性圧縮、熱水分移動、それから浮力―水に雪が浮く、というようなシミュレーションモデルを構築しまして、これのシミュレーションを行ったということです。

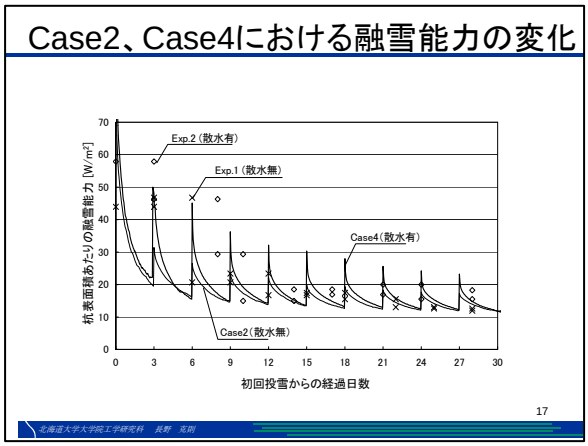


資料 2-5-15

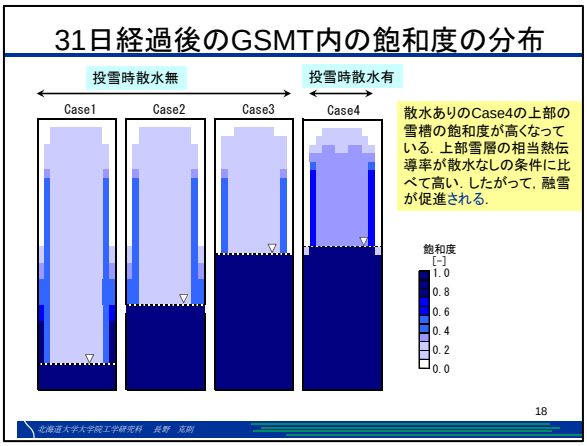


資料 2-5-16

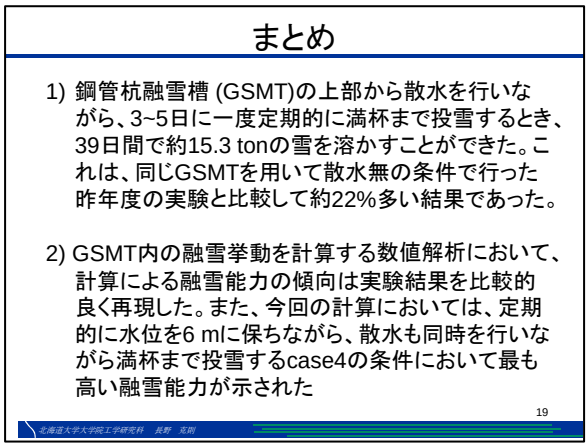
3日に一遍シミュレーターの投雪をするというような実験と同じようなことで、ケース 1 から 3 は散水なし、ケース 4 は散水があり。6m は水位をためておくか、3m かゼロでするというような条件でやりました。



資料 2-5-17



資料 2-5-18



資料 2-5-19

実験の散水あり、なしをほぼ再現することができたことが確認されています。実際、こういった雪の層の水分の飽和度、それからここにすき間が少しあいている。ですからなるべくすき間があかないようにびっちり飽和度を高くして入れておくことが重要であると。それは基本中の基本ですけれども、散水による効果というのは飽和度が増して熱伝導率から増している。それから水位は満杯にすると今度は雪が入らないけれども、6m ぐらいがいいのではないかというような結論を得ました。

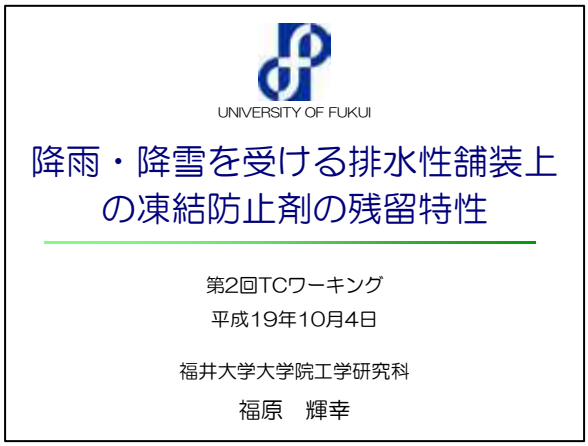
以上で発表を終わります。

小長井　どうもありがとうございました。続きまして、福井大学大学院の福原様から発表をお願いいたします。

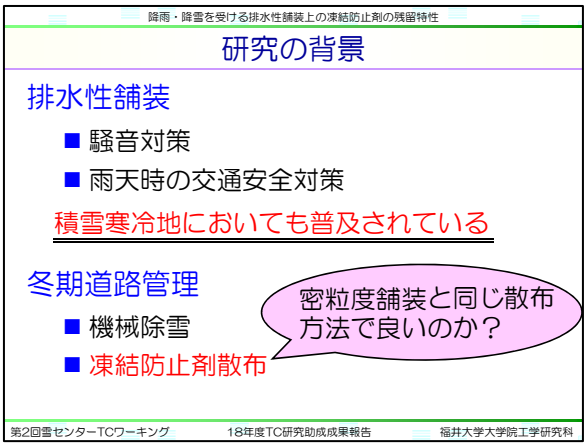
「降雨・降雪を受ける排水性舗装上の凍結防止剤の残留特性」

福井大学　大学院　教授　　福原　輝幸　様

福原　福井大学の福原です。今回は雪センターからいろいろ助成をいただきまして、排水性舗装の残塩特性というものを一回調べてみようかということで行いました。

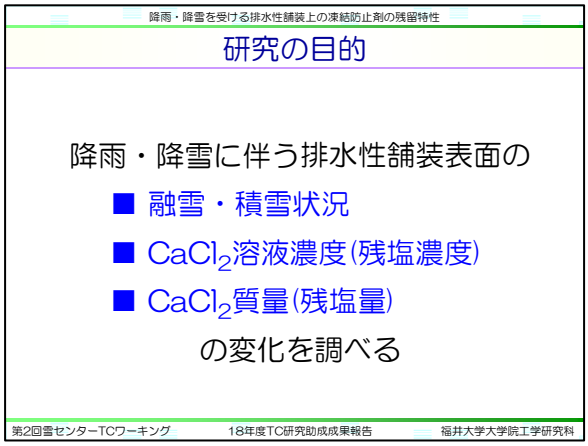


資料 2-6-1

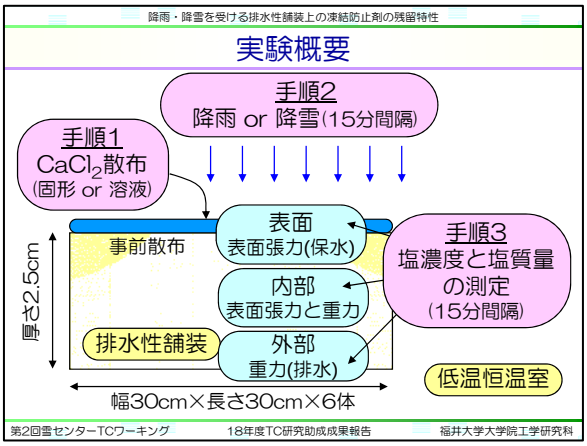


資料 2-6-2

特に近畿のほうでは、排水性舗装がかなり発達してまいりました。しかしながらもちろん通常時におきましては、ここにも書いてありますように、騒音に対して非常にメリットがあるとか、あるいは雨天のときの水はね、摩擦係数をある程度上げることができるということでの効果はあるというのがあります。ただ、実は冬期道路に関して見たらどういうメリット・デメリットがあるかというのは必ずしもまだはっきりとしていない。特に凍結防止剤を散布するわけですが、排水性舗装は密粒舗装に比べてどうなのか、その排水性の場合にはどういうふうな形でまけばいいのかということをいろいろ調べてみる、基礎的なデータをとりましょうということで行いました。



資料 2-6-3

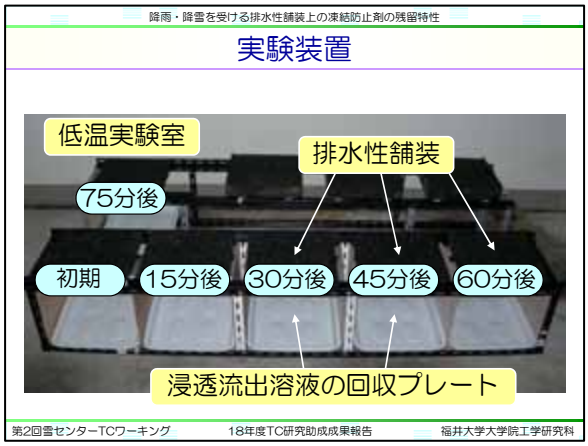


資料 2-6-4

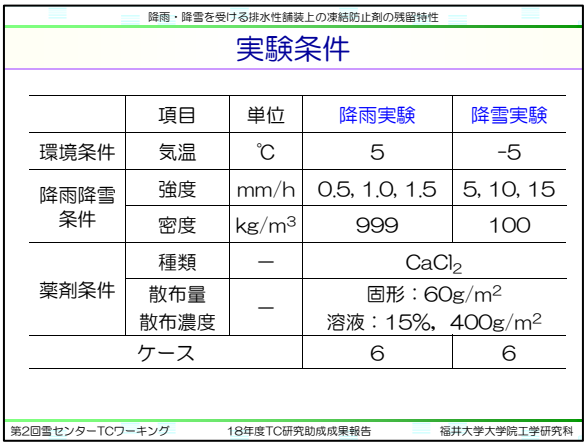
研究の目的ですけれども、融雪あるいは積雪が排水性舗装の上でどういう状況にあるのか。そして今回は塩化カルシウムを使いまして、塩濃度がどのぐらい表面に残っているのか、その時間変化は降雨・降雪によってどう変わるのか、それから質量もどう変化していくのかということを調べました。塩濃度はある外的な温度あるいは路面の温度に対して何度ぐらいまでは凍結するか、しないかという目安にもなりますし、それだけでは不十分でして、どれだけ残っているかということでその薬剤の寿命も当然調べる一助になるだろうということであります。

実験概要は、まず最初に事前散布というイメージにおきまして塩化カルシウムを溶液散布をしたり、あるいは固形散布をします。その後に、雨を降らせるような場合とそれから雪を降らすような場合の実験を行います。それによりまして時間的に塩濃度と塩出量がどういうふうに変わっていくかということを調べました。降雨・降雪は 15 分間隔で与え、その後に濃度・質量を測る。降った

雨や雪は、一つは雨の降り方、雪の降り方、そして耐水性舗装の保水性、透水性といったものによって決まってくるであろうと思います。



資料 2-6-5

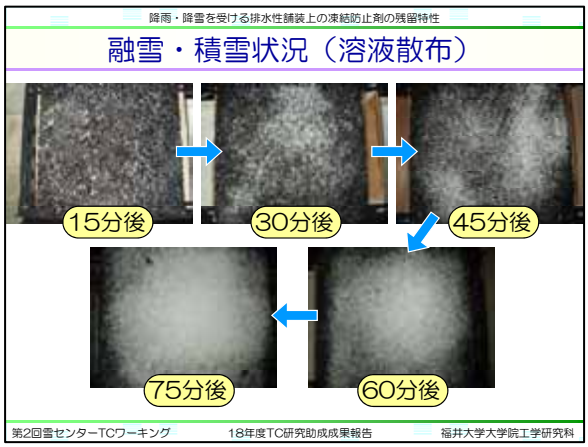


	項目	単位	降雨実験	降雪実験
環境条件	気温	℃	5	-5
降雨降雪条件	強度	mm/h	0.5, 1.0, 1.5	5, 10, 15
	密度	kg/m^3	999	100
薬剤条件	種類	−	$CaCl_2$	
	散布量 散布濃度	−	固形：60g/m^2 溶液：15%，400g/m^2	
ケース			6	6

資料 2-6-6

実験ですけれども、ここにありますように同じような排水性舗装のプレートをつくっておきまして、初期から 75 分の間 15 分間ずつ、この下に落ちてくる排水量、それから表面に残っている塩量、その濃度を調べてみました。

実験条件はここにあるとおりでして、薬剤でいきますと平米当たり大体 60 グラムという形で、固形、溶液とも統一して実験を行いました。

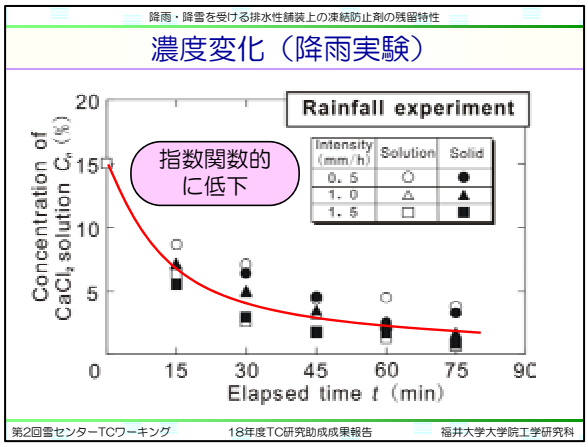


資料 2-6-7

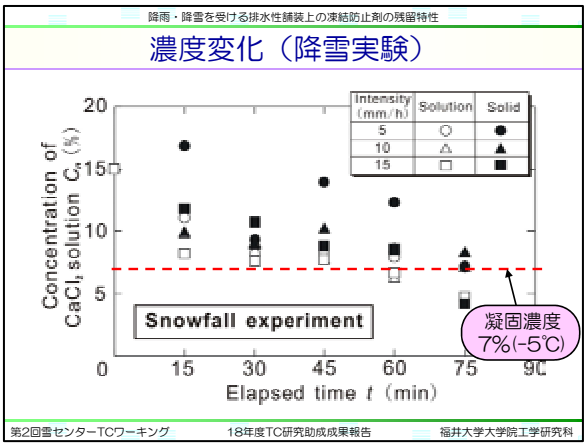
資料 2-6-8

これが融雪・積雪の状況です。溶液散布の場合でいきますと、割かし均一的な形で、ここでは積雪が発達しているという状況になります。

これが固形散布という形になりますと、当然予想されるとおりで、固形の部分のところではスポット的によく溶けるけれども、それ以外のところでは溶けにくいという状況です。



資料 2-6-9

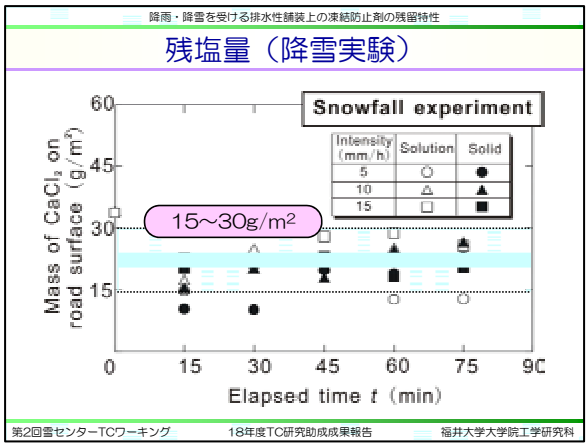


資料 2-6-10

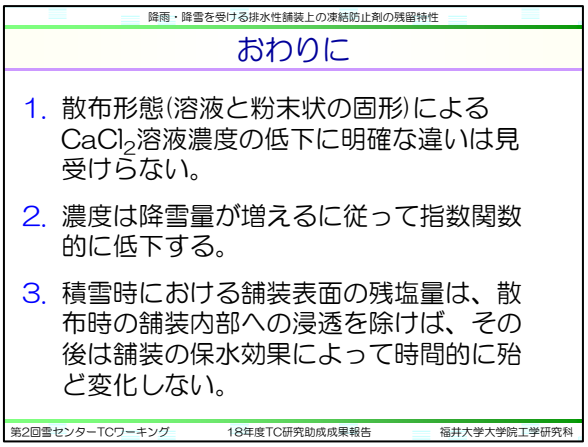
結果ですけれども、まず降雨させた場合であります。その場合の塩濃度の変化を、ここにありますように縦軸に降雨強度（をとって見ました)。これは降雨強度としては非常に弱いものです。白塗りが溶液、それから黒が固形という状況です。指数関数的に濃度というのは、こういうふうに時間とともに下がっていくということで、濃度低下は溶液あるいは固形に関わらず、この降雨強度の範囲であれば、違いはないということがわかります。

そして今ここには示していませんけれども、残塩質量も実はこれと同じような形で、時間ごとに指数関数的に下がっていくということであります。すなわち降った雨がまず最初にありましたように自然散布した塩量を下方に落として排水させていくということが、この塩濃度の低下を招くことがわかりました。

これが降雪の状況です。降雪の場合、若干ばらつきがあるけれども、降雨に比べると塩濃度の低下のスピードは遅いですが、こういうふうに減っていきます。ここではたまたま－5℃という実験条件でなされるような形だと、両方で濃度 7%ぐらいが出ておりますけれども、これは先ほど見ていただきましたように、雪がなかなか溶けない状態ということになっておりますから、恐らくこれ以降、時間をかけてやりましたら、濃度的には下がってくると思います。



資料 2-6-11



資料 2-6-12

残塩量の特性としましては、１回目の雪の降り方によってほぼ決まってくるという状況で、この場合でいきますと初期にありました塩の量の半分程度が１回目で落とされてしまいます。その後はほぼ変わらないという形が出てまいりました。もちろんこの量は恐らく降雪あるいは舗装の状況に

よって変わってくるということがわかりました。

今後、この舗装の特性、そして降雨・降雪の違いによってどういうふうに濃度あるいは残塩量が変わってくるかということがある程度明らかになれば、最適な散布の仕方が提案できるのではないかということで、引き続きこの研究を続けていきたいと思っております。

以上で発表を終わります。

【意見交換】

小長井　どうもありがとうございました。それではただいまの３名の方の発表に対しまして、何かご質問・ご意見等がありましたらお願いします。

石本　気象協会の石本でございます。一番最初の積雪層の破壊と超音波の関係で、超音波の発生が積雪層からだけだったらわかると思うんですが、それ以外の超音波の発生源との識別、峻別はどんなものでしょう。

貴堂　積雪構造と対応して実験したかったんですけれども、そのところを厳密にはやっておりません。それで一応今回は雪の中から出てくるものは何かというものをとらえるだけにしたと。

石本　マイクロホンに入ってくる音というのは積雪層からだけですか。積雪層以外からは超音波は出ていないんですか。

貴堂　積雪層のみですね。あとは雑音として出ております。

石本　その識別はできますか。

貴堂　できます。超音波のレベルで見ておりますからこれは確実にできます。間違いなく出ております。

丸山　長岡技科大の丸山です。福原先生にお聞きしたいのですが、排水性舗装で塩分が残留しているという話はわかりました。普通の舗装で同じような実験をされたということですが、その表面から流出していくと思います。ポーラスの舗装がポーラスでない舗装と比べて凍結防止剤の散布量は多くなければいけないのか、あるいは少なくてもいいのか。その辺の考えはいかがですか。

福原　多分短絡的には答えは非常に難しいと思いますけれども、最後のほうで発表いたしましたように、例えば排水性の場合でいきますと、今、舗装の状況、空隙の状況、透水性の状況によってある程度表面に残ってくる水の量というのは規定されているのではないか。最初降った状況では、そこのところで結構ドンと落ちてしまうということがありますから、基本的には道路管理の側との話も出てくるんですけれども、当たり前といえば当たり前ですが、多量に散水をしてもあまり意味がないということがある。ですから、多量にやっても残る量あるいは少量でやっても残る量というのにはあまり大差がないのではないかという気がしております。

したがいまして、そこの排水性舗装の保水能力に合わせたような形での量をまいてやります。ただし量は少ないけれども、もし薬剤散布の頻度を上げることができるのであれば、少量で多頻度という形が排水性舗装ではベターではないかという気がいたしております。

丸山　ありがとうございました。

村國　実験は上のポーラスのものから抜けて、排水してきたものを回収して測定しているわけですね。

福原　排水量はそういう形でやります。

村國　排水量は。濃度は。

福原　濃度は、上に残っている量だけしか測っていませんが、一応ティッシュペーパーに相当するようなものを使いまして、表面に残水している溶液の量とその濃度を測ります。

村國　わかりました。それと実験は、降雨と降雪をやったというご説明がありましたが、降雨の場合は事前にまいておいて水が来るわけですから希釈していくというのは非常によくわかるので、指数関数的に減少するのもよく一致していると思います。降雪の場合は、雪と事前にまいてある塩化物が反応し出して氷点降下を起こすと思います。それで、周辺の温度との温度差によって周りから熱を奪ってくる。こういう作用をしながら溶けていくと思います。

そうすると、降雨の場合と降雪の場合では、当然濃度の変化が全然違うということで、それが雨の場合のようにうまく減少していかないのではないかと思われるのですが、いかがでしょうか。

福原　恐らくはそういったようなことも原因としてあると思います。あとはいろいろ緻密に測っていかないといけないのですが、ポーラスへの残留の仕方、いわゆる溶解していくときに例えば特に固形物の場合ですと、その固形物のところをうまく流れてくれれば落ちますし、そこ以外であれば残留するとか、そういったような排水性舗装の構造の特性そのものもいろいろ調べながら今後研究を進めたいと思います。

村國　ありがとうございました。

酒井　雪センターの酒井ですが、長野先生にお伺いします。これを聞いていると、イニシャルコストなりランニングコストなり、コスト面が非常に気になるんですけれども、コスト面の議論はどんな議論があるんですか。

長野　我々もコストの分析をしておりまして、例えば 20 本ぐらい一気に埋設する場合と、ここの住宅地に１本だけ埋設する場合では雲泥の差があります。大体交差点の四つ角に２本ずつ入れて８本、それを２カ所やるというような１６本ぐらい埋めると、こういった道路を排雪して堆積所まで持っていくというような費用と比べて、10 年ぐらいで元が取れるという試算でございます。

ただし､鋼管杭は鉄の塊であり､我々が試算をしたころと今の鉄の値段が若干変わっているので、そういったようなところはご了承いただけたらと思います。

問題としては、交差点の場合、夜間、全部交通を止めて打たなければいけません。道路管理者の面からすると、これをやって 10 年かかるんだったら、やはり運搬したほうがいいかなというところもあると思います。寒地土木研究所のほうでも気を使ってくれて各出先の現業部門の方々をお呼びして話す機会をつくっていただきましたけれども、いいのはわかるけどなかなかという話は聞いております。20 本ぐらい打っても 10 年ぐらいです。

安彦　長野先生に質問したい。非常に良好なシステムかと思いますが、心配が一つあります。水質汚濁防止法条例は地下に物を捨てる場合に､ある意味いろいろなものがありますけれども､今回、除雪した雪の融解水というのは、水質汚濁の点で心配ないのでしょうか。

長野　ご指摘のとおりでございまして、我々も地下に浸透させるか、または排水をオーバーフローした分、くみ上げた分を下水に放流するかということで。地下に浸透させても 15m とか、6m は現状の法的規制でひっかかりそうなものはあまりないのですが、スライドの４枚目に書いてありますように、先ほどの福原先生のお話ではないですが、塩化カルシウムみたいなものも入っていますし、いろいろなものも入っているようですので、下水にくみ上げて放流すると。それで底板のほうはセメントで一回固めてしまって、水が浸透しないような形をとっております。

小長井　よろしいでしょうか。ほかに何かございましたらどうぞ。

上石　雪氷防災研究所の上石です。よろしくお願いします。貴堂先生にお伺いしたいのですが、マイクロホンのセンサーの位置を雪庇からどのぐらい離してもいけそうなのか。その長さがあまり近いと雪の上に行って刺し込まなくてはいけないと思いますけれども、どのぐらいまで可能かおわかりであれば。

貴堂　じかに測りますと、大体 1～2m 程度で、危険ですのでセンサー部と受信機はケーブルで距離をとっています。ですから、大体 10m 以上はとります。実験では大体 15m のケーブルを使ってセットしております。人間とそのセンサー部はやはり離しておかないと非常に危険だと思います。したがってそういうやり方をいたしました。よろしいでしょうか。

対馬　富山大学の対馬です。貴堂先生と長野先生にご質問があります。（貴堂先生には､）このセンサーはどのぐらい信号をキャッチできるのかということ。

長野先生のほうは、僕は富山にいて側溝に雪を足で踏みつけて入れるんですけれども、そうするといつの間にか雪が消えてしまうんですね。その場合、中に空洞ができて空洞がだんだん大きくなっていくので放射によって溶けているように思います。散水によって雪を溶かしていますけれども、それは迅速に溶かすときにはそうでしょうが、ただ雪を入れておいても鋼管の表面から出る放射によって溶ける部分がどのぐらいあるのか、何ワットぐらいに相当するのか、そういうことがわかったら教えていただきたいと思います。

貴堂　貴堂から最初にお答えいたします。マイクロホンの感度がこのように 120 キロヘルツまで出て、60%以上の精度でとることができます。これは何を意味しているかというと、波長音でやっているので、聞こえる範囲というのは大体決まっているわけです。イヤホンでやっていますから、その５倍ほどは聞こえるはずです。事実上、伝わってくる音は距離としてはかなり飛んでいると言えると思います。これが 50%以下になりますと、この感度から察するにはほぼ聞こえなくなってきます。ですからこの感度を見ながら距離がわかるということになってくると思います。それでよろしいでしょうか。

対馬　その距離が 1m なのか 10m なのか 100m なのか。

貴堂　この場合には 10m 単位でやっています。10m 単位の換算です。

小長井　よろしいでしょうか。では、長野さん。

長野　我々のシステムでは、水で雪を溶かしているのではないということです。これはシャワーの水が下からくみ上げたら 5℃ぐらいになって、それで溶けているような印象を与えますけれども実はくみ上げた水というのはほぼ 0℃です。要は湿らせてなるべく圧密させて雪を壁体のところまでびっちりくっつけたいということが我々の意図でございます。

それから先生がおっしゃるとおり、放射でも溶けると思うんですが、やはり空間があくということは放射熱と自然対流の効果もあると思います。湿った雪が直接、または飽和状態で水かさがあるところが主に熱授受がされる部分です。これが我々の知見です。湿った雪と鋼管杭内壁が隙間無く接触するのを手助けしてあげるということです。ですから、媚山先生がやられているような、雪をなるべく春まで残すというものの逆です。

酒井　ちょっといいですか。貴堂先生にお願いしたいのですが、20 なり 40kHz で雪崩が発生することですけれども、多分雪崩が発生するときにはその前にグライディングが起こる。何か予兆があって、それをきっかけに起こると思います。そのときの周波数というのはもっと低いのではないですか。そういう点はどうでしょうか。

貴堂　大変厳しい質問であります。まず基礎実験としてとったデータは、立山のデータです。

これは立山で基礎実験をやったときです。このときの状態はどういうことかというと、温度が大体 0℃です。そして３時間後には 3℃上がったということです。これが大体午前９時半の実験結果です。これは雪庇が徐々に割れる音を出しているわけです。気温が上がると同時に雪庇が少しずつ割れている状態を示している数値です。

これは 9 時半から大体 15 分間一定にしておきまして出てくるのを待っていたわけです。そうするとこういったものが出てきたということです。そしてこの 90 kHz というのは、換算していきますと 11 時ごろです。だから 2.5℃データが上がったときです。大体このようにしり上がりになってくる。しり上がりになってくるということは、割れ方が激しくなってきている。と同時に気温が上がっておりますので、雪質は当然変わっているだろう。そういったことでこれは予知があるだろうと。割れたところに測定器を置いておりましたので、それがどんどん大きくなってきているという

ことが言える。

予知というのはその前に出てくると思います。それは果たして 20 kHz であるのか 40 kHz であるのか、これはちょっとわかりません。割れた状態からだんだん下がる、ひどくなっていく状態を示したのがこのデータです。だからもっと研究する余地が残っているかもしれません。

川田　ちょっとコメントです。この一つずつ出ているのはマイクロショックだと思います。少し割れ目が出てきたのはそういうものが出てきているので、こういう周波数帯のものが出てきますよという説明です。実際上、危険云々というときは頻度だと思います。これが何発も出てくる。こういったものを今後生かしていったときに、予測とか何かに使えるのではないかと考えます。

小長井　どうもありがとうございます。ほかに何かご意見等がございましたら、よろしくお願いします。よろしいでしょうか。それでは、後半の３名の方の研究成果報告をこれで終了させていただきます。どうもありがとうございました。

ᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓ（準備・休憩）ᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓᔓ