

第1回
雪センターTCワーキング
レポート2006

日時:平成 18 年 10 月4日(水)14:00～17:00
場所:中央区日本橋堀留町区民館



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（技術協力者）制度を平成17年10月に発足させたところです。

現在、全国の雪氷の専門家の方々62名に雪センターTCとして登録をいただいております。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、第一回のTCワーキングを平成18年10月4日に開催しました。

TCワーキングでは、はじめに、国土交通省総合政策局事業総括調整官室から「国土交通省の雪対策」についてご講演をいただき、その後、平成18年度豪雪を踏まえた、「雪崩対策」、「住宅・利雪対策」、「冬期路面对策」の3つのテーマについて、最初にそれぞれ専門のTCの方々からの発表をいただいた後、参加者全員で討論を行いました。

本冊子は、第一回雪センターTCワーキングの内容をとりまとめたものであり、雪国において冬期道路管理並びに地域づくりに携わるの方々にとって一助となれば幸いです。

平成18年11月

社団法人 雪センター
理事長 酒井 孝

◇目次◇

◇会場風景	1
◇開催要領	2
◇出席メンバー	3
1. 挨拶	4
2. 講演	5
3. TCワーキング	12
セッションⅠ「冬期路面对策」	12
○パネラー発表	13
○意見交換	23
セッションⅡ「住宅・利雪等対策」	29
○パネラー発表	30
○意見交換	42
セッションⅢ「雪崩対策」	47
○パネラー発表	48
○意見交換	63
4. 閉会	68
◇資料編	69

◇会場風景



◇開催要領

第1回雪センターTCワーキング開催要領

平成18年10月4日(水)

堀留町区民館 03-3661-8448

1. 挨拶 丸山 暉彦 雪センター技術研究委員会委員長 14:00~14:05 (5分)
2. 講演 「国土交通省における雪対策」 14:05~14:25 (20分)
平山 大輔 国土交通省総合政策局事業総括調整官室調整官

3. TCワーキング 14:30~16:55 (145分)

セッション	進 行	テーマ、パネラー	話題提供	討 論	計
I 冬期路面 対策 14:30-15:15	小長井宣生 雪センター	<u>これからの冬期路面管理について</u> 浅野 基樹 (独) 土木研究所寒地土木研究所寒地交通 チーム上席研究員 福原 輝幸 福井大学工学部建築建設工学科教授 石本 敬志 (財) 日本気象協会北海道支社参与	7分×3 =21分	24分	45分
休憩					5分
II 住宅・利雪 等対策 15:20-16:05	中川 誠 雪センター	<u>屋根雪対策について</u> 苫米地司 北海道工業大学建築学科教授 梅宮 弘道 山形大学工学部名誉教授 <u>利雪対策について</u> 上村 靖司 長岡技術科学大学機械系助教授	7分×3 =21分	24分	45分
休憩					5分
III 雪崩対策 16:10-16:55	中村 良光 雪センター	<u>雪崩発生危険度の評価法について</u> 西村 浩一 新潟大学自然科学系教授 下村 忠一 (株) アルゴス 副社長 <u>雪崩対策について</u> 竹内 政夫 (株) 雪研スノーイーターズ 社長	7分×3 =21分	24分	45分
計			63分	72分	145分

4. 閉会 酒井 孝 (社) 雪センター理事長 16:55~17:00 (5分)

◇出席メンバー

TCW-キング出席者リスト

NO	技術委員	氏名	所属先	肩書き	出席者	摘要
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	○	萩原良二	(独)土木研究所	基礎道路研究グループ長	○	
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 グループ長		
6	○	苔米地司	北海道工業大学	建築学科 主任教授	○	
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	積雪地域災害研究センター 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	低温科学研究所 教授		
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		伊藤驥	国立秋田高専	名誉教授		
20		梅宮弘道	山形大学	工学部名誉教授	○	
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 助教授	○	
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		堀山政良	室蘭工業大学	機械システム工学科 助教授		
29		齊恒夫	(社)日本建設機械化協会	東北支部		
30		酒井興喜夫	(株)酒井無線	代表取締役会長	○	
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	副社長	○	
36		清水浩志郎	秋田大学	名誉教授		
37		高田吉治	(株)応用気象エンジニアリング	代表取締役社長	○	
38		高山純一	金沢大学	大学院自然科学研究科 教授	○	
39		竹内政夫	(株)雪研スノーイーターズ	代表取締役	○	
40		対馬勝年	富山大学	理学部地球科学科 教授		
41		西村浩一	新潟大学	自然科学系 教授	○	
42		沼野夏生	東北工業大学	建築学科 教授		
43		花岡正明	(独)土木研究所	雪崩地すべり研究センター所長		
44		福原輝幸	福井大学	工学部建築建設工学科 教授	○	
45		藤原忠司	岩手大学	工学部建設環境工学科 教授		
46		町田誠	町田建設(株)	代表取締役	○	
47		松沢勝	(独)土木研究所 寒地土木研究所	雪氷チーム 総括主任研究員	○	
48		山本恭逸	青森市	主任研究員		
49		横山孝男	山形大学	工学部教授	○	
50		若林隆三	アルプス雪崩研究所	所長		
51		和田惇	(社)北陸建設弘済会	理事長		
52		山田正雄	国土防災技術(株)	技術本部副本部長	○	
53		松田宏	国際航業(株)	雪氷担当リーダー	○	
54		小川紀一郎	アジア航測(株)	新砂防グループマネージャー	○	
55		早川典生	町田建設(株) 長岡技術科学大学	顧問 名誉教授	○	
56		新開龍三郎	(株)アルゴス	GIS開発室長		
57		川田邦夫	富山大学	極東地域研究センター 教授		
58		長野克則	北海道大学	大学院工学研究科 教授		
59		井良沢 道也	岩手大学	農学部 助教授	○	
60		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	○	
61		佐藤馨一	北海道大学	大学院 教授		
62		高野伸栄	北海道大学	大学院 助教授		
小計					34	
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	○	
		中川 誠	社団法人雪センター	企画部長	○	
		小長井 宣	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	企画次長	○	
		秋山 喜久男	社団法人雪センター	東北支部長	○	
		大平 則夫	社団法人雪センター	北陸支部長	○	
小計					7	

1. 挨拶

挨拶: (社)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 輝彦 様

長岡技術科学大学の丸山でございます。

本日の「第1回雪センターTCワーキング」の開催に当たり、雪センター技術研究委員会の委員長として一言ご挨拶させていただきます。

TCというのはTechnical Cooperatorの略で現在62名の方が登録されておられて、今日は34名の方が出席されているというふうにお聞きしております。



TCというのは雪対策に関する専門家集団で、雪国の現場における雪問題のために必要に応じて知恵を出していただきます。雪センターは国交省のご尽力によってできましたプロフェッショナルの集団と言っていいかと思います。また本日のTCワーキングにおいて専門家の立場から最先端のお話をいただくということは、今後の我が国の雪氷技術の発展に大きく寄与するものと期待しております。雪問題に関する新しい取り組みとして、今年だけでなくまた来年以降も続けていただくようお願いいたします。

また雪問題について一般的な話をしますと、毎年の年平均気温を見ますと確かに地球は現在温暖化しているということは間違いのないと思いますが、温暖化しているからといって雪が降らなくなるということは決してなくて、例えば地球が暖かくなりますと、北極の氷がたくさん溶ける。そうすると冷たい水がどんどん海に流れてきて寒流が勢いづいて逆に日本が寒くなるかもしれない。私ではないのですが、ある方のそういう学説がありました。

地球は温暖化していますけれども、これからも豪雪は来るかもしれないということで、雪問題について、日ごろから皆さんにいろいろご研究いただくというのは重要なことだと思います。本日のTCワーキングで活発な議論をいただくのを楽しみにしております。本日はご講演、ご議論をよろしくお願いいたします。

2. 講演「国土交通省における雪対策」

講演：国土交通省総合政策局事業総括調整官室 調整官 平山大輔様

ご紹介いただきました国土交通省総合政策局事業総括調整官室の調整官をしています平山と申します。本日はよろしくお願いいたします。



私の部署ですけれども、事業総括調整官室というのはあまりお聞きなじみのない部署だと思いますが、国土交通省全体にまたがるような多岐・横断的な事業等に関する調整役の部屋でございまして、本日のテーマである雪対策というものにつきましても、道路・河川とさまざまな部局と横断的に取り組んでいるということもありまして、私のほうからご紹介させていただきたいと思います。

本日はタイトルとして「雪対策」ということを挙げておりますが、その前段に、今年の年明け1月から春先の5月にかけて「豪雪地帯における安全安心な地域づくりに関する懇談会」というものが開催されておりますので、そこでの議論等もご紹介させていただいた上で、国交省として雪対策についてどのような取り組みをしているのかということをご紹介させていただきます。お手元には紫色の資料「国交省の雪に関する施策」ということで、予算別になっております資料と、もう一つは豪雪懇談会で最終的にちょうだいいたしました提言をお配りしております。あと提言を取りまとめた1枚の資料もあわせてお配りしておりますが、そちらもパラパラと見ながらお聞きいただければと思います。

過去の豪雪被害ということですが、日本においては38 豪雪、56 豪雪、59 豪雪とある中で、昨シーズンの平成18年豪雪というのが非常に大きかった。過去20年ぶりぐらいの豪雪だったということで大きな被害が各地で出ております。写真の左下部分が上越市の状況ですけれども、これは市の一斉雪下ろしをしたときの写真ですが、非常に大きな雪が降っているということです。

赤い線が今年の18 豪雪の際の累積の降雪量を示しています。緑の線が平年値ということです。平成16年の値もありますけれども、ほぼ平年並みですが、今回の豪雪の特徴は、12月の早い時期からまとまった雪が降った。なおかつ例年に比べて若干寒かったせいもあるかもしれませんが、雪がなかなか解けずにずっと春先まで残っていた。なおかつ降った量自体も多かった。雪の量が多くて、特に地域の住民の方は除雪作業に苦勞されているということです。しかもその豪雪が長期間にわたりましたので、長期にわたる疲労、心労等によるものも非常に大きな被害という形で出てきています。

テレビでもよく紹介されていますけれども、集落の孤立なども今回は非常に大きなテ-

マとして取り上げられています。ここは見づらいですが、117号という国道が走っています。こちらが新潟県で長野県にわたる部分です。これがちょうど新潟県と長野県の県境になりますけれども、新潟と長野の県境付近に405号線というのがありまして、これが完全に通行どめになってしまいました。405号沿いで集落のある新潟県の津南町、長野県栄村といったところで193世帯、501人の方が孤立世帯ということで閉じ込められてしまったわけです。完全に通行止めになったのが1月8日から13日の間で、それ以降につきましても、昼間だけの通行規制とか時間制限の中、わずかの間で行くしかないということで、中山間地における小さな集落の孤立問題というのが、マスコミでも、また当然地元においても大きな問題点として浮き彫りになっております。

これは405にかかる復旧状況ですが、当然これだけの雪を除雪しなければいけない。あと災害申請の中で自衛隊によって雪底処理を行ったり、一部の区間は時間制限による通行規制を受けました。通行規制で車を通すに当たっては、果たしてこの路線が安全なのかどうかという見きわめが非常に難しくなりますので、学識経験者の方々にご意見をお聞きし、雪崩の危険性がないかどうかを確認してから通行規制を解除するといったようなことが行われました。

これはまた違う場所になりますが、雪の重みで住居が崩壊してしまったり、非常に大きな雪が降るという話題もありました。特に新潟県内は中越地震で山古志村といった山間部が地震の被害を受けましたので、避難している間に自分の家が雪の重さでつぶれてしまったということも多く報じられているところでございます。

手前みそになりますけれども、そんな中で、国としてどんな豪雪災害対策をすることができたかということですが、これは北陸地方整備局の様子です。こうした防災対策室において豪雪状況について幹部を含めて本部を設置する。本省にも本部ができましたが、豪雪対策を検討したり、あとは自治体に対して除雪機械、雪上車を貸し出したり、消流雪事業ということで、雪捨てに消流雪を使っていただく。あとは富山県の南砺市の国道156号線のところで斜面崩壊が起きたんですけれども、そういった場合、なかなか現場に近づけないところには無人操作による建設機械を持ち出して土砂の撤去等をやったり、いろいろな形で国交省としてもできる限りのことをやってきたということでございます。

豪雪地帯ということですが、九州が一部切れてしまっていますが、日本の地図の青色の部分が豪雪地帯特別措置法で定めるところの豪雪地帯とされている部分です。小さいですが、日本の面積でいきますと約50%、日本の約半分が豪雪地帯に入っている。その半分の面積に、人口にしますと約16%の方がお住まいになっているという現状がございします。

そういった豪雪地帯における人口構成ですが、見づらいですが一番端は65歳以上の方の人口分布です。全国であれば65歳以上の方は17%ぐらいですが、豪雪地帯、特に特別豪雪地帯といって非常に雪の深いほうにいきますと23%、約4分の1の方が65歳以上とい

うことで、雪の多いところは人口構成から見ても高齢者の方が多く住んでいるということがデータからもわかることです。

今回の 18 豪雪でもそうですが、非常に多くの方が亡くなりました。最近は非常に少なかったのですが、18 年に入って 151 名の方が亡くなられたということで、死者数という形でも大きな被害がありました。

151 名の方が亡くなられましたが、そのうち 65 歳以上の方が 98 名、3 分の 2 の方が 65 歳以上の高齢者である。こういった形でそういう方々が亡くなられたかという原因別に見ると、水色の部分が屋根の雪下ろし等の除雪作業中に亡くなられた方の割合でして、全年齢で見ても 4 分の 3 ぐらいの方は除雪作業中に亡くなられました。この辺を今回きちんと考えなければいけない重要な問題かというふうに認識しております。

これもちょっと見づらいのですが、横軸に年齢をとってありまして、縦軸の棒グラフが平均死者数を指すグラフですが、60 代、70 代の方が雪の関係で亡くなられる方が多い。棒グラフが 2 本ありますけれども、斜めのやつが 85 年から 91 年までの平均、濃い部分が 91 年から 2001 年、最近のほうですが、最近では 60 歳、70 歳がふえているということで、亡くなられる方も非常に高齢化している状況がございます。これは新潟県のデータです。

これも同じ新潟県で、やはり 60 代、70 代の方が被害に遭われている状況にあります。時間帯としましても、横軸は時間ですが、お昼を挟んで午前、午後、日中の明るい時間、これは除雪作業をしている間ということにもなるかと思いますが、そういった時間帯に事故が発生するというのが現状として多いということです。

その中で、今年の豪雪を踏まえて、豪雪地域に限らないのですが、日本の高齢化社会、地域格差のある過疎化の進むような中山間地の社会の中での豪雪対策をどうするかということを検討する場として、豪雪懇談会が今年の 1 月に設置されました。それに基づいて全部で 4 回にわたってご議論いただきました。メンバーはこちらに記載してあります。自治体の長の方にも入っていただく中で、より現場をご存じの方々の中で熱心なご議論をいただきました。

これはお手元にお配りしているコピーと一緒にありますが、字が細かいのでこちらを見ながら聞いていただければと思います。平成 18 年豪雪を受けて、どういうテーマで豪雪地帯の対策をしていけばいいのかということとことを提言として取りまとめたものです。

まず一つの柱としては雪に強いまちづくり、地域づくりをしていかなければいけません。もう一つは雪処理の担い手をちゃんと確保していかなければいけません。あと、こういった豪雪対策は計画的に進めていかなければいけません。それと、雪そのものについてもそうですが、豪雪といったものに対する啓発もきちんとやっていきたいと思いますというのが大きな枠組みになります。

特に雪に強いまちづくりになると、今回もなかなか雪捨て場がなく、河川敷とか公園を雪捨て場に使った事例もありますが、そうしたものについて雪が降る前からちゃんと計

画的に確保していく構造が必要なのではないか。あと、雪そのものを減らすという意味では消融雪施設、溶かして流すのが効果的だろう。下水なんかを使って消融雪施設等をうまく導入できないかという話があります。

災害に強い地域づくりということで冒頭にお話ししましたように、孤立集落という問題が非常にクローズアップされた中で、道路の除雪態勢とかいろいろ考えながら集落が孤立しないような方法をきちんと考えなければいけないだろう。また道路際で大小含めてさまざまな雪崩によって道路がふさがるということもございましたので、雪崩防雪といったことも必要だと思います。当然地域としても万が一孤立したときには、備蓄等もきちんと考えていかなければいけませんねと。

それから個別の住宅レベルでいうと克雪住宅があります。住宅改修して雪に強い建物をつくったところでは非常によかったという事例も一部ありましたので、個人レベルでの取り組みにはなと思いますが、克雪住宅というのもどんどん普及していく必要があるのかなという話も出ています。また冬期、特に高齢者の方は冬場だけでも過ごしやすい別のところで暮らすような施設を整備したらどうかとか、そもそも雪に強いまちづくりのための新技術をきちんと研究していかなければいけないねといったことが議論されています。

あと雪処理の担い手ということですが、当然自助として地域、町内会の中での取り組みがありますけれども、より範囲を広げて平時から地域の状況を把握した上で、雪の少ない地域からも応援に来てもらえるような体制をつくっていく必要があるのではないかな。また今回は消防団とか建設業団体とか、そういった方のネットワークで連携して豪雪地の除雪に当たったという報告がございましたので、広域の応援態勢というものの、それと自衛隊をより効率的に使う方法といったものも議論されています。また、ある程度豪雪が見込まれる場合には早め早めに除雪に入ったらどうかという議論もしております。

それから多様な担い手の活動ということですが、新潟県内につきましても水害、大地震とあったことでボランティア意識が非常に高い中、豪雪に関しては、受け入れてもなかなか手伝ってもらえないという状況がありました。特に屋根に上がったりすることは非常に危険が伴うということでした。またボランティアに来られる方も何の装備もないままに現地に來られて、受け入れ側が長靴等を用意してあげなければいけないということもありましたので、地域外からのボランティアをどう受け入れるのか、また受け入れの窓口をどうつくっていくのかということも重要になってきています。

例えば地域で登録制のような形にして、十分講習を受けていただいた人に優先的にこういった場で活躍していただくというような枠組みができないか。また雪の降る前の平時の状況からおつき合いいただく中で、地域を理解していただいた上で豪雪のお手伝いをしてもらうということが必要ではないかという話もされています。

あと計画ということですが、豪雪に関しましては、国としましては豪雪地帯対策基本計画というものを策定し、それに基づいて各省レベルでそれぞれの雪対策ということで励ん

でおりますので、今回のこういった課題点を踏まえて計画を見直すべきだろうということが提言としてうたわれております。その他、雪に関する情報提供、注意喚起という話とか、特に低学年の方を含めて雪を学ぶ機会をきちんとつくっていこうという話も提言の中に盛り込まれています。

先ほど出ましたが豪雪対策措置法というのがありまして、これに基づき国の基本計画が策定されることになります。

今、豪雪地帯対策基本計画につきましては、この秋に計画を改定する方向で本省内・各省で協議している最中ですが、今の段階では計画の案として五つのポイントを新たに盛り込む方向で考えております。一つは、雪処理の担い手を確保する方策を計画に盛り込む。あとは消融雪施設を整備する方法、冬期の道路対策、特に孤立が生じないような道路対策を考えていく。高齢者の住まい方、冬期に行ける集合住宅の整備の促進にも踏み込んでいく。あとは計画的に事業を進めていく。こういったような観点を国の基本計画の中に盛り込んでいこうということを考えています。

またあわせて、この計画は国であったり、もしくは都道府県レベルでつくる計画ですが、市町村においてもこうした計画をつくりながら、市の防災計画でも何でもいいのですが、そういった中で豪雪というものもきちんと位置づけていきたいと思いますということを盛り込む予定でいま作業しているところでございます。

長くなりましたけれども、その中で国交省として雪に関する事業をどんなものを行っているのかということです。詳細についてはお手元の紫色の資料を時間があれば見ていただきたいと思いますが、道路、治水・治山関係、都市関係、住宅関係、鉄道・空港、気象関係、地方、技術開発といった多岐にわたる分野の中で豪雪対策、雪対策ということに取り組んでおります。やはり大きな道路の雪寒事業でございまして、この中で日ごろから皆さんが目にする除雪事業ですとか、スノーシェッド等の防雪事業、凍結防止事業、除雪機械の整備といったことを道路事業の中でやっております。

そのほか都市の景観的な配慮もあるのですが、電線・電柱をどんどん地中に埋めていって除雪上も非常に安全に作業しやすい場所づくり、無電柱化の推進とか、街路整備の中で道路わきの側溝等を改修しながら消流雪を整備するといったことも、道路全体の事業の中で取り組んでいるところでございます。

治水・治山関係では、先ほど一部ご紹介いたしました消流雪用水導入事業があります。冬場、流量が少ない中でうまく川の水を使いながら消流雪用水を確保する事業ですとか、あと砂防関係では雪崩対策、直接集落を守る施設もあれば、少し山の方で国土保全的なものを含めて雪崩対策ということで取り組んでいます。

都市計画の観点からいきますと公園づくり。今年の豪雪でも公園に臨時的に雪捨て場にしたところは遊具が壊れてしまったという事例も出てきていますので、そういった雪捨て場として活用できるような公園づくりも考えていかなければいけない。あとは下水道は冬

場でもある程度水温がありますので、そこをうまく融雪施設として使っていこうというあたりも下水の観点から取り組んでいこうというものでございます。

住宅につきましては、克雪住宅といったものに対する交付金制度もあったり、鉄道・空港につきましては施設の防雪対策、もしくは除雪の機械の整備といったことに取り組んでいます。気象関係とか、地方で先駆的事業をしているものについてはそれを推進するような制度もございます。

主だったものですが、消融雪施設の道路融雪とか、ここに流雪溝がありますけれども、こういったものを使って雪を処理する施設といったもの、これは道路関係の事業の中で入れるものでございます。

雪崩対策です。こういった形で直下に家屋等があるところの斜面の雪崩防雪、もしくはハード整備だけではなくて、こういった観測地点の情報をGISが受け取って、情報を発信しながらソフト・ハードの両面から、地域の安全を確保するような総合雪崩対策モデル事業にも取り組んでいます。

これも主だった雪崩防護施設の写真でございます。

下水道整備ですが、冬もある程度水温が確保されるということで、例えば下水の処理後の水を使った路面の融雪。これは融雪エリアまである程度ポンプ排水、湯沢町の西山地区ですが、駅をおりて温泉街のところではこういった形で下水の処理水を消融雪用水として使っている事例もあります。

あとは同じく公共下水の雨水・排水路なんかにもうまく雪を流して処理する方法も検討しています。

こちらにつきましてもやはり下水ですね。流雪溝に下水処理水を回して、温かい水を流すことによって排水していける、解けて流れやすくしているという状況です。

住宅関係にいきますと、例えば公営住宅の建てかえとか、デイサービスセンターをよくしていくという自治体の取り組みに対する交付金とか、あるいは自治体を通じて克雪住宅を整備することに対して一部補助をする。あと公園緑地の整備をするということも防雪対策という面を含めて取り組んでいます。

克雪住宅ということで屋根にヒーターを入れて雪を解かず融雪タイプのものですか、片勾配をつけて、自然に落下させて、雪よけをしないで済ませる住宅といったものも交付金を使いながら支援していくということに取り組んでいます。

屋根の雪処理技術に関しましては、国土交通省で取り組むというより民間主導で進められている部分があって、こういった事例でいけば風力とか太陽光、太陽熱といったものを使いながら屋根雪処理をする事例も取り組まれています。

冬場の高齢者には、なるべく地域に近いところで共同で暮らすことによって安全に生活できる場を提供するというので、これは柏崎市の事例ですが、こういった共同住宅みたいなものをモデル的に導入した事例もございます。



資料 1-1

最後になりますけれども、担い手の話としてこれもよく言われていますが、岩手県の沢内村にありますスノーバスターズということで、当然、村の中のひとり暮らしの方の除雪をお手伝いする。地域の方、もしくは村の外からも含めて登録された方が高齢者の除雪をお手伝いするような取り組みも、各地でいろいろな事例が挙がってきています。こういったことに対しても国土交通省としていろいろな形で支援ができればなと思っております。

以上さみだれ式の内容ですが、話題提供ということで終わらせていただきます。ありがとうございました。

~~~~~ (休憩) ~~~~~

### 3. TCワーキング

#### セッションⅠ「冬期路面对策」

□テーマ : これからの冬期路面管理について

□パネラー : (独)土木研究所寒地土木研究所

寒地交通チーム上席研究員

…浅野基樹 様

福井大学工学部建築建設工学科教授

…福原輝幸 様

(財)日本気象協会北海道支社参与

…石本敬志 様

□進行役 : 社団法人 雪センター 調査部長

…小長井 宣生





## ○パネラー発表

「小長井: それでは、これからワーキングセッションを始めていききたいと思います。その前に、本日の進め方ですけれども、お手元に今日の第1回雪センターTCワーキングの資料を配付させていただいていますが、まず1-1 ページ目に開催要領があります。このページに沿って本日は進めさせていただきたいと思います。

その前に、今回は14の雪氷分野について、TCの皆様から合わせて50編のレポートを事前に提出いただいています。その中から本日は、開催要領にありますようにⅠ冬期路面対策、Ⅱ住宅・利雪等対策、Ⅲ雪崩対策ということで三つのテーマを設定させていただきまして、それぞれについて3名の方にパネラーをお願いしています。最初に7分程度で話題提供をいただき、その後、会場も含めて討論をお願いしたいと思いますので、よろしくお願いします。」

「続きまして、早速セッション1に移らせていただきたいと思います。私はセッションⅠ担当の小長井です。よろしくお願いします。このテーマに関連しては、事前に冬期道路管理関係ということで、合わせて9名の方からレポートを出していただいています。本日は、「これからの冬期路面管理について」というテーマで、その中から3名のパネラーの方にお願いをしています。独立行政法人土木研究所寒地土木研究所の浅野様、それから福井大学の福原様、財団法人日本気象協会北海道支部の石本様です。

はじめに独立行政法人土木研究所寒地土木研究所の寒地交通チーム、上席研究員の浅野さんから、「これからの冬期路面管理について」と題して話題提供をお願いしたいと思います。よろしくお願いします。」

## ○パネラー浅野様

ただいまご紹介にあずかりました浅野でございます。私は昔から「あ行」なので、出席番号1番でトップバッターというのが多くて、毎回緊張して話すのですが、今日も少し緊張しています。

まず、組織が今年4月から変わりましたのでご紹介します。JALとJASの合併ではないのですが、我々旧開発土木研究所は、筑波にあります土木研究所と一緒にあって、筑波のほうは中央研究所といって、我々は寒地土木研究所と呼ぶようになりました。それに従ってチームの名前、部屋の名前も変わって、寒地道路研究グループの寒地交通チームの上席研究員という、思い返しながらしゃべらないとわからないような長ったらしい名前になりましたが、やっていることは急に変わるわけではないので、今後ともよろしくお願いします。

それでは、私からは、私のこれまでの研究実績に基づき、これからの路面管理に必要なことについて、私の意見を述べさせていただきたいと思います。

(以下、パワーポイント使用)

### これからの冬期路面管理について

〈独〉土木研究所  
寒地土木研究所  
寒地道路研究グループ  
寒地交通チーム  
上席研究員  
浅野基樹

〈社〉雪センター  
TCワーキング  
平成18年10月4日

資料 3-1-1

### スパイクタイヤ規制の政策評価

- 冬期道路管理の歴史からの視点
- 帰着便益からの評価
- 論理の流れ(ロジックモデル)からの評価
- 評価から得られるもの
- これからの冬期路面管理

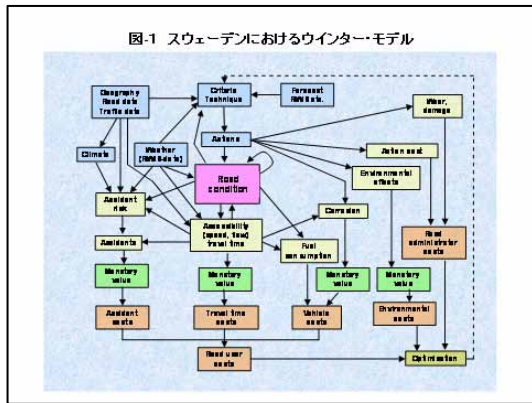
資料 3-1-2

私はスパイクタイヤ規制の政策評価というテーマで研究をしており、冬期道路管理の歴史からの視点とか、札幌を中心とした道圏の帰着便益の計算とか、スパイクタイヤ規制に至るまでの事前評価や投入、活動、結果、成果などの視点から見た論理の流れによる評価から得られるものについて考察をしたのが、平成17年度までに私が取り組んできたことです。

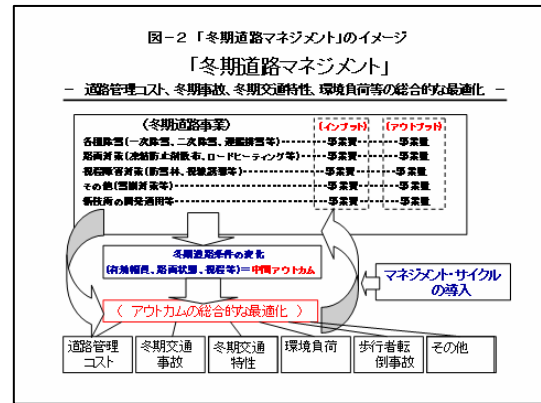
冬期道路管理の歴史の視点からいいますと、雪寒事業の進展に伴って、除雪事業は進展してきたのですが、実は履くタイヤによってその中身が大分変わってきている。戦後は、ノーマルタイヤにチェーンを巻いていた時代から、スノータイヤとチェーンの時代、それからスパイクタイヤ、それからスタッドレスタイヤというふうの流れてきたのですが、スパイクタイヤの規制の後、雪寒事業の中で路面对策が非常に重要になってきたということ、土木史から少し検証してみました。

帰着便益を計算したのですが、いろいろな便益と損失を計算するというのは非常に難しかった。特に損失からいうと、交通流から得られる経済的損失は大きいということを出たのですが、スパイクタイヤ規制がよかったか、悪かったかという意識調査をすると、以前よりはいいという結果がありました。要するに得られた環境改善、粉塵が解消して大気汚染がなくなったということと、その代償として、冬期交通渋滞や冬期交通事故の増加などの代償を払っている。そういう前提で、スパイクタイヤ規制がおおむね評価されているのではないかという結論を、私なりに書いています。

それから、スパイクタイヤ規制に至るまでの活動の論理性というか、政策を評価してみましたけれども、やはりスパイクタイヤ規制等にいろいろな課題が起きてしまった。それが事前にわからなかったということは、事前の評価が非常に不十分であって、スパイクタイヤをやめるということは、冬期に凍結防止剤をまいて、きちっとやらなければいけないわけで、凍結防止剤散布を路面管理として選択するという意思決定をしたという認識があまりなかった。事前の評価の不十分性といったものも得られるのではないかということで結論づけています。



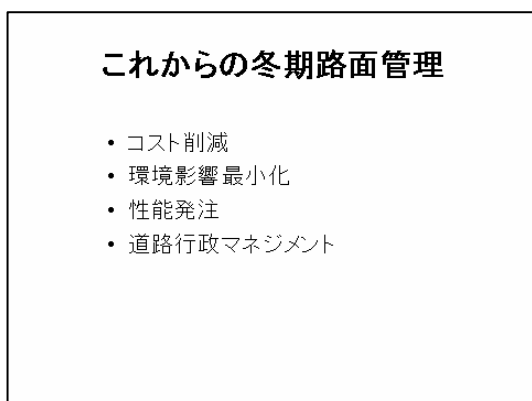
資料 3-1-3 (拡大資料添付)



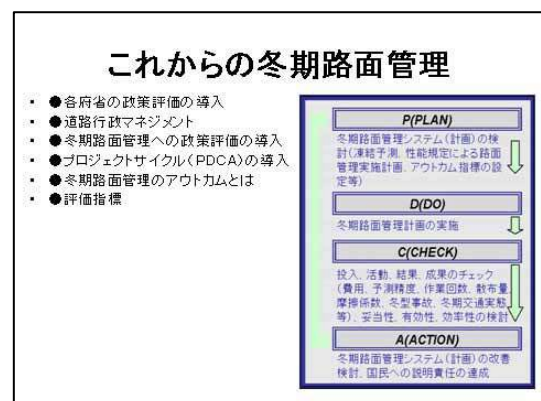
資料 3-1-4 (拡大資料添付)

評価から得られた、これからの路面管理に必要な事ですけれども、これからは国全体の予算、緊縮財政の動きから、冬期の道路管理についてもコストの削減、凍結防止剤等の影響という意味での環境影響の最小化、欧米で言っている道路維持管理の性能発注というような世の中の流れというものをきちんととらえることが必要で、現在行われている道路行政マネジメントに載せて、冬期路面管理を施策として展開していく必要があるのではないかと考えているところです。

これは私が勝手に書いた路面管理のプロジェクトサイクルです。政策評価法が施行されて、各省で政策評価が導入され、先駆的に、道路行政は道路行政マネジメントを取り入れているということですが、冬期路面管理へも道路行政のマネジメントといった考え方の導入が必要ではないか。ここに書かれた私の案では、冬期路面管理のシステムつまり計画を検討し、内容としては凍結予測から性能規定による路面管理になります。それから、政策としての評価のためのアウトカム指標の設定を行う。その際、冬期路面管理の最終的なアウトカムは何なのかとか、中間的に評価する指標としては何があるのかというものをきちんとプログラムに載せる。その後、冬期路面管理の実施後、それにかかわる投入、活



資料 3-1-5



資料 3-1-6 (拡大資料添付)

動、結果、成果をチェックして、改善点があれば改善していった、国民への説明責任を達成していく。冬期の道路管理全体に及ぶ問題ですけれども、そういったプロジェクトサイクルの導入を必要とするのではないかと考えています。

その際に必要なのは、冬期路面管理のアウトカムとは何かということです。交通安全なのか、交通流なのか、それとも国民の満足度なのか、いろいろあると思いますが、ここは議論していく必要があると思います。それから、評価指標としては、最終的なアウトカム以外にも、中間的なアウトカムでもいいのかもしれない、それは摩擦係数だったり、そういった計量可能な指標をきちっととらまえて、こういったマネジメントに載せていくということが今後必要なのではないかと考えています。以上です。

「小長井：どうもありがとうございました。それでは引き続き、福井大学工学部建築建設工学科教授の福原先生より、冬期路面雪氷予測について話題提供をお願いします。」

## ○パネラー: 福原様

福井大学の福原といいます。よろしくお願いします。あいうえお順で早い人というのは、最初にしゃべるので神経を使うということもありますけれども、最初に話したいことをもう言われてしまって、結構あとが言いにくいという点もあります。

今日は、その中で一つの路面管理についてのツールとして、浅野さんも言われていたのですが、路面の状態を予測しようといったようなことも当然、管理上必要になってくるでしょうということで、今日はその話をさせていただきます。



資料 3-2-1

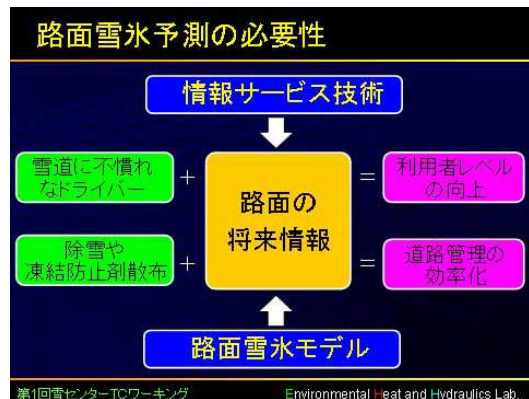


資料 3-2-2

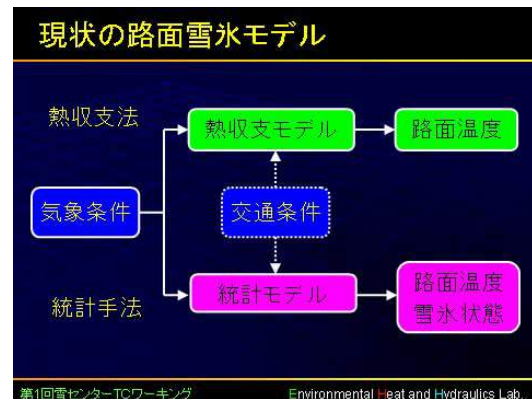
路面の状態というのは、冬になると、起きてほしくないのですが凍結、圧雪という状態が起きる。特に北陸などの場合においては、関西あるいは中部圏から雪国に入ってきますので、あえて雪道にふなれなドライバーもたくさん入ってきます。これをなぜ挙げたかという、平成 18 年豪雪のときに、福井でも非常に大交通停滞が起きて、その中の一つの原因としては、やはりノーマルタイヤ、特に雪国以外からのノーマルタイヤによって交通不能になって停滞が起きた。

これに伴ってスリップ事故や登坂不能が起きて、結果的には人的な被害、それから経済的にどれだけお金がかかっているのかということも、きちんと調べていく必要があるのかなという感じがしますが、相当な経済的な損失があるでしょう。どちらにしても、この対

策としては、除雪、凍結防止剤の散布、ロードヒーティング等が入ってきます。それによって事故を抑制して、停滞を回避する。そして、安心安全な冬期交通にもっていく。というのが理想的ということになるかと思います。



資料 3-2-3



資料 3-2-4

路面予測の必要性ということですが、雪道にふなれな、あるいは別にふなれでなくても構わないのですが、ドライバーの方、そして除雪に携わる方、こういった方は、どちらにしても、ここ何時間後に路面の状態がどう変わっていくのかということを知りたいということは、共通の認識だろうと思います。それには、上に挙げているように、情報サービスの向上、それからツールとして路面雪氷モデルといったものが必要になってくる。これらの実行は利用者のレベルの向上、それから冬期の路面管理の効率、コスト削減というところに結びついてくると思います。

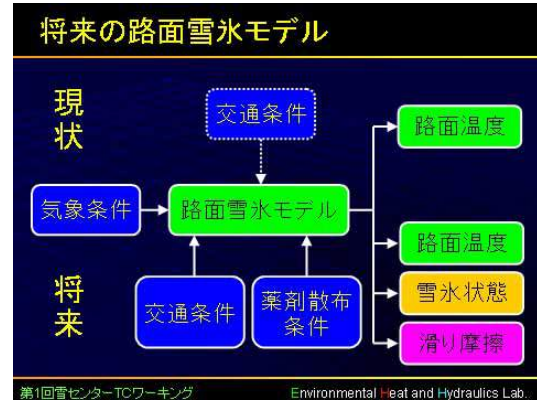
従来の雪氷のモデルですが、気象条件が基本的に与えられます。一つは熱収支モデルというものがあります。これによって路面温度が出てきます。しかしながら、路面温度というのは、雪氷状態の予測をする上においての必要条件であって、決して十分条件ではありません。また、もう一つのやり方としては統計的なモデルがあります。統計的なモデルの一部には、雪氷状態も含んだような形での手法といったものが、現状ではこのように挙げられています。これをいかに整備していくかということが、今後重要になってくると思われます。

そのためには、やはり現実的な形で交通条件も入れてやって、より現実化していくということが必要かと思っています。それぞれの熱収支、あるいは統計手法の利点、問題点という形で考えると、熱収支上の利点というのは汎用性があるということです。しかしながら、多くの物理現象というものをきちんと解いてやる必要があるということで、大変だという点があります。統計的手法の場合には非常に開発が容易であるということですが、汎用性が少ない。ある地点では使えるけれども、そのままほかの地点には持っていけない。こういうふうな点があります。それぞれのいい点、悪い点を、今から補っていく必要があると思います。





資料 3-2-5



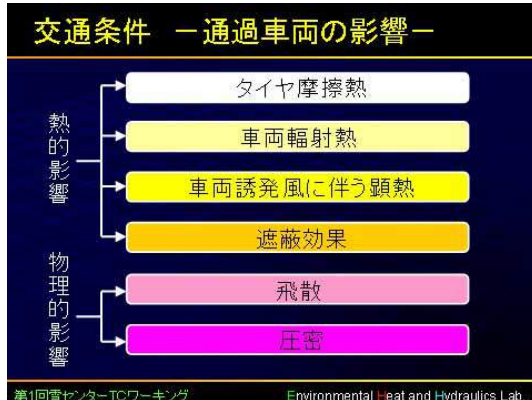
資料 3-2-6

将来の路面雪氷モデルですが、気象条件のみならず当然、交通の条件も入れる必要があります。交通量、予測も大切です。現状では、路面温度という形がアウトプットという形になっているわけですが、将来的には、それプラス薬剤の散布、それから交通条件としては、単なる台数という意味ではなくて、車から出てくるような熱特性、そういったものを積極的にモデルに組んでいくということにより、路面温度のみならず、雪氷状態——ここでいう雪氷状態とは何かというと、道路の雪氷層の中にどれだけの氷が含まれていて、どれだけの水分が含まれていて、どれだけの空気が含まれているかです。そういった定量化をすることにより、雪氷状態をきちっと把握する。それができることにより、先ほど浅野さんも言うておられましたけれども、定量的な数値としてのすべり摩擦といったものも、アウトプットとして出すことができるということになります。

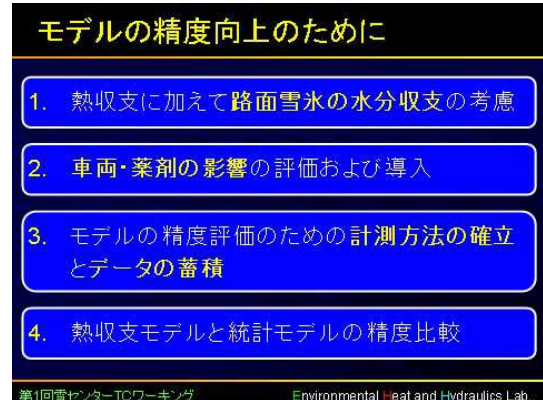
例えば交通条件でいくと、ここに挙げているようなタイヤ、車両、風、それから遮蔽効果といったもの、それから飛散、あるいは圧密、圧雪といったもの、これをきちんと解いていくということが必要になってきます。

最後ですが、モデルの精度を今後向上させるためには、従来の熱収支に加え、やはり水分収支も考慮していく必要があるだろう。それから、車両、薬剤の熱的な影響をきちんと評価して、それを導入していく必要がある。3番目としては、そういったモデルの精度を検証するということは重要ですが、残念ながら、現状ではそういったモデルを比較するようなデータが少ないということで、モデルを評価するための計測方法の確立、それからデータの構築、こういったものが必要になってきます。

最後には、熱収支モデルとか統計モデルといったもので、例えば、今後予測するような、ある地域を設定して、それぞれのモデルで予測を試みしてみる。それがどの程度の的中になるのかという形で、決してモデルの優劣をつけるという意味ではなくて、モデルの特徴を把握する。そして、このモデルはこういったような場所で精度がいいということであれば、それはそういった形で使うということで、モデルの見極めも今後、総合的にやっていく必要があるだろうと思っています。以上で発表を終わります。



資料 3-2-7



資料 3-2-8

「小長井：どうもありがとうございました。続きまして、財団法人日本気象協会の北海道支社参与の石本さんから、これからの冬期道路管理について話題提供をお願いします。」

## ○パネラー石本様

日本気象協会北海道支社の石本と申します。10年ぐらい前から、PIRACの冬期道路国際委員会の委員をやらせていただいています。そういった立場から見た日本の道路雪対策について考えた、私なりの考えをここで発表させてもらいたいと思います。お願いします。

(以下パワーポイント使用)

**これからの冬期道路管理**

(社)雪センターTCワーキングセッション: 2006年 10月 4日(水)

(財)日本気象協会 北海道支社  
石本 敬志 : [ishimoto@jwa.or.jp](mailto:ishimoto@jwa.or.jp)

1

資料 3-3-1

2006PIARCトリノ大会、日本からの論文

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| ・ T1:利用者サービス、維持管理基準と戦略   | 4/19、21%   |
| ・ T2:事業・業績評価と財政          | 2/15、13%   |
| ・ T3:交通安全と移動しやすさ、社会との関わり | 6/15、40%   |
| ・ T4:道路と環境               | 2/20、10%   |
| ・ T5:道路の維持・管理システム        | 6/25、24%   |
| ・ T6:雪氷対策技術              | 11/25、44%  |
| ・ ポスター 発表                | 8/19、42%   |
| 合計                       | 39/138、28% |

＊地域による多様性を示すが、環境関連、政策モデルや、事業・業績評価分野の研究の量と質を高める必要がある。  
米国Clarusの影響か、TRB総会論文の質が急向上！

2

資料 3-3-2

これは今年の3月にトリノで行われたPIRAC2006年のテーマ1から6までの各タイトルと、分数表示の分子で左側に書かれているのが、全提出論分数の中に占める日本からの論文の数です。例えばテーマ1ですと、19点のうちの4点ということで、その割合が右端に書いてありまして、全体では138点の論文のうち日本から出たのが39点あって、全体の約3割が日本からの論文であったということです。

その中でも特にテーマ6、雪氷対策技術に関する論文が日本からは突出して多くて、25編中11編が日本からの論文でした。ポスター発表はこの中に入っていませんでしたが、ポ

スター発表の大部分も事例発表ですから、個別事例、どこでどういう対策をやって、どういう効果があったかという報告が圧倒的に多かったというのが、日本の特徴です。

これは、自然条件地域による違い、その多様性を示すとも言えるのですが、一方では、2 番目のテーマにあるような事業・業績評価、財政に関するところが少なかったり、あるいは道路環境に関する論文が、外国に比べてまだまだ少ないということが言える。これから環境関連、それから政策モデルや事業評価に関する分野で、これからどういうふうに技術開発の研究を進めていくかを示唆する研究というのが大事ではないかと考えています。冬期道路対策を始めたのが西欧諸国に比べて日本は比較的遅いので、これからは、この分野における事業業績評価とか環境問題にも、これまで以上に取り組む必要があるのではないかとというのが私の感想です。

それから、お手元に配りました『雪』のナンバー61、2005 年 10 月の報告です。アメリカの地上気象データ総合利用計画があり、それを紹介したレポート、3 枚、両面コピーのものがあありますが、これは、お手元に配った資料の表 1 にあるように、アメリカの全ての関連機関が、各州あるいは各省庁別、縦割りの地上気象観測あるいは研究を総合利用しようというプロジェクトです。2004 年から 2009 年まで。財務省が入っているというのは、単に総合利用しようということではなくて、研究費もこの研究に基づき集中的につける。

最初から財務省も入って、道路だけではなくて、鉄道、船、飛行機、道路の地上気象データの総合利用が目的です。州による、あるいは省庁別による独立性がアメリカは非常に強いので、データーの書式や精度がまちまちで、それでは使えないので総合的にしようということで、産官学が集まってやっているプロジェクトです。

その成果だと思いますが、去年とか今年の米国 TRB 総会に向けて出てきている論文の質が極めて向上しました。具体的には、扱うデータは、手に入るものは全部使おうという意気込みがあるということ。それから、今まで参加していなかった各大学の先生が、単純統計ではなくて、かなり突っ込んだ統計モデルを使って定量的な結論を出しています。どの気象データをどう使ったら、どれだけ交通安全に効果があるのか、あるいは冬期道路対策に効果があるのかということを議論できるような研究を始めているというのが非常に特徴的です。

そういうことをやるためには、科学的解析に耐えるデータが必要です。これはカナダ・ケベックが PIRAC2006 で発表した論文の抜粋ですが、道路管理者自体が ISO9000 に基づくプロジェクトをやっており、過去の明文化と、後で評価にたえる記録をしっかりと残そうということでやっています。細かいところはここに書いてあるように、かなり具体的なプロジェクトを進めていて、道路気象情報から、作業が必要になる 30 分前にはスタンバイを終えていることというのをテーマとしています。

カナダ・ケベックの路面状況と視程による管理目標というのがあります。縦軸にあるような路面管理、雪のある状態から雪のない状態までで、横軸が視程です。路面状況と視程



で路面管理目標をつくっている。すべり摩擦係数という定量的なものではありませんが、こういう目標を持っています。

### Canada Quebec ISO9000準拠冬期 道路管理と道路気象情報

- 道路維持管理作業とその評価に必要な資源と情報を確保し、持続的改良を継続させるのに必要な施策の推進が目的。
- 英国の9倍の広さ、冬4ヶ月は地下2mまでの凍土、冬は平均-10℃、時に-30℃。
- 維持管理水準、管理・評価方法明示、資材供給、教育、内部監査、運用効率評価。
- 道路気象情報から作業が必要になる30分前には、必要な準備を終えていること。

3

資料 3-3-3

### カナダ・ケベックの路面状況と視程による管理目標 解説図

Driving conditions: from the standpoint of road conditions and visibility

|                                           | Good                | Reduced                                                    | Zero in places                            | Zero                   |
|-------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| Clear                                     | GOOD<br>No accident |                                                            |                                           |                        |
| Snow patches or ice patches               |                     | FAR<br>Do not let caught off guard!<br>Alert on exit lane! |                                           |                        |
| Partly snow-covered or partly ice-covered |                     |                                                            | CRITICAL<br>If possible, delay your trip! |                        |
| Snow-covered or icy                       |                     |                                                            |                                           | SORRY<br>(road closed) |

4

資料 3-3-4 (拡大資料添付)

カナダ・ケベックのある地域では、ここに書いてあるような基準をつくって、ISO準拠の持続的な改善で、こういうことをやっている目的は、すべての関係者に利益をもたらすということです。交通量の少ない幹線道路をどう回るのがというのは、日本の雪国にとっても非常に大きな問題ですが、ヨーロッパでもかなり大きな問題になっていて、それを解決するために、ROADEX プロジェクトというのが、ヨーロッパでは走っています。ROADEX プロジェクトの2番目、ROADEX II というものですが、そこからPIRAC2006にこういうものが発表された。

カナダケベック、モウリス地区幹線、具体的には、

- 路面管理: 10mm以内は目視、15mm以上は雪の深さを測る。一回/日は測定。
- 気温-15℃以下なら、砂散布、以上なら塩散布。-7℃を境界に、許容作業遅れを決める。
- 路上許容積雪深: 降雪無しで、2cmまで、15cm/24hrs以内で5cmまで、以上で7cmまで。
- ISO準拠の持続的な改善継続で、全ての関係者に利益をもたらす。

5

資料 3-3-5

PIRAC2006でノルウェー論文が指摘する伝統的、経済解析の欠陥と、交通量が少ない道路の冬期道路管理

- 交通量だけでは、道路を総合評価できない。地域内、地域間連携、緊急車両の代替路などを考慮し、経済脆弱地域を定義し、地域住民の生存、成長を中央政府が支える指標を提示。
- 経済脆弱地域とは、人口減、高い失業率、近隣都市間距離、郵便局、小・中学校、商店の有無と距離を考慮。

6

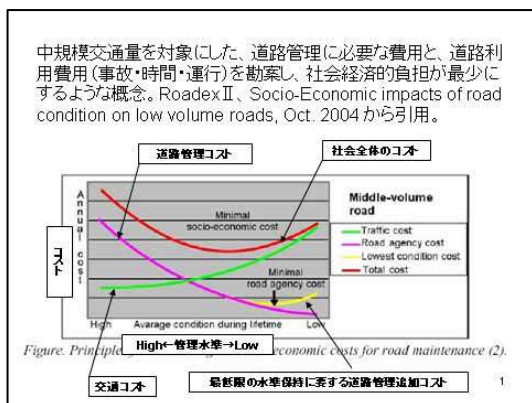
資料 3-3-6

ノルウェーの人が代表で発表した論文ですけれども、従来の費用便益、交通量だけでは、地域の道路が持つ重要性をあらわせないということでいろいろ検討して、地域内あるいは地域間連携、緊急車両のアクセス度合い等も考慮しています。特徴的なのは、経済脆弱地域を定義することです。具体的には、人口減が特に激しいところ、失業率が高いところ、近隣都市間距離が長いところ、郵便局、小中学校などの公共施設との距離。生活に必要な商店とか、それからロジスティック施設の有無と距離などを指標にして、地方でも発展できる最低基盤として道路を評価しようという試みをしています。

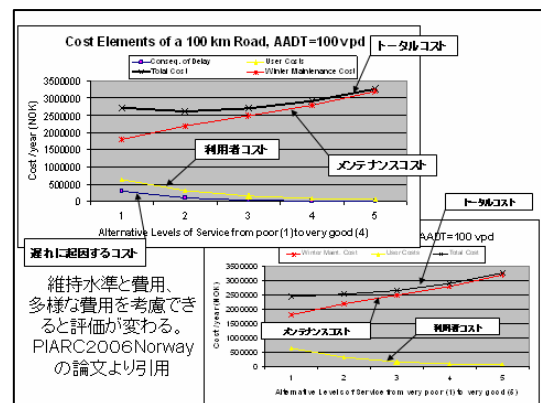
これがその概念を示したものです。これはインターネットでとれますので、もし詳しく知りたければどなたでも見られます。横軸が管理水準、縦軸がコストです。線の違いは道路管理者、道路利用者など関係者の違いです。赤線が社会全体のコスト、緑色が道路利用にかかわる費用。この中には事故や時間、運行経費が入っています。道路管理者の紫色のコスト、右端が少し上がっていますが、管理水準を下げれば下げたで済まない。あまり下げ過ぎると、結局はいろいろ対応する必要があって、黄色にあるような道路管理者のコストが上がってしまう。見通しを誤った経費削減では、利用者のコストも最終的には上がる。したがって、交通量だけ考えてはいけないという概念です。

もう少し具体的に特定地域に適用したのがこれで、右下は交通量だけを勘案したものです。トータルコストが黒、赤がメンテナンスのコスト、黄色が利用者コストです。右下の図を最初に見てほしいのですが、交通量だけだと、交通量が少ない道路、1日100台ぐらいの道路ですと、管理水準を下げるのは管理者にとってはコストが安い。トータルでも、社会全体でもそうなる。しかし、遅れることによるコストを入れると、右上のようになって、いかに交通量が少ない道路でも、トータルコストがベストとは限らないという例です。

これはもう一つのテーマである環境課題で、ノルウェー道路庁が、先ほどのPDACと同じようなものですが、トータルの環境政策を持っていて、実施計画のもとで、いろいろなことをやっています。あとは、お手元に配った資料なども含めて、議論の中でまた機会があればお話しします。



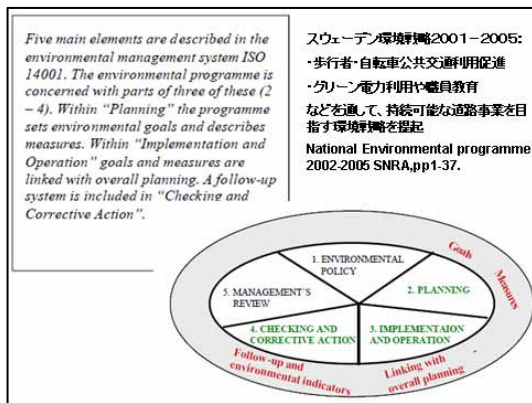
資料 3-3-7 (拡大資料添付)



資料 3-3-8 (拡大資料添付)

以上をまとめると、持続可能な冬期道路管理モデルの全体像の中で個別研究を位置づける必要がある。その個別研究が研究全体の中でどういう位置を占めるかというビジョンを持ちながらやっていかないと、いくら積み重ねてもビジョンが見えない。この点が外国に比べて、日本がまだ足りないところだと思います。

次に、工程表をつくるときに、いつまでに何をどうするかという時間を入れた議論をしなければいけない。広いから、あの観測網がバラバラ貧弱なアメリカでさえ、地上気象データの総合利用という、いわば美しい計画を立てているの：。研究レベルも米国に劣らず



資料 3-3-9 (拡大資料添付)

### まとめ

- 持続可能な冬期道路管理モデルの全体像を描きながら、個別研究を見る
- いつまでに、何をすべきかを議論し続けられる素材を提供できる研究を
- そのためには、事実資料の社会的共有が大前提

10

資料 3-3-10

、気象科学的な観測技術も高い日本でこそ、地形の影響が大きいので、気象データの総合利用が必要ではないか。

矛盾や困難を含む課題こそ、早い時期からの開かれた議論が必要だと言うのが西欧諸国の事例から学ぶところだと思います。以上です。

「小長井：どうもありがとうございました。それでは、これから会場も含めて討論をお願いしたいと思います。ただいまご3名の話提供のパワーポイントは、今日の資料の中にありますので、そちらも参照いただきながらお願いしたいと思います。

はじめに浅野さんのご発表から、ご質問、ご意見等がございましたらお願いしたいと思います。」

## ○意見交換

早川（長岡技術科学大学）：早川です。スパイクタイヤの話について、私は一度、何かの学会で話を聞いて意見を言ったことがありましてだいぶひんしゆくを買ったのですが、又申してみます。スパイクタイヤの是非についての昔話を思い出してみると、1960年代の後半から70年代の前半にかけて、アメリカにすんでいました。ちょうどその時代、北米では、スパイクタイヤを廃止するという議論が持ち上がっていた時代です。その時代あたりでの議論はどんなものだったかを思い出してみると、これは日本とは価値観が非常に違ったのではないかと考えています。向こうでは、粉塵の問題という以前に、スパイクタイヤは道路を壊すと。その道路は、おれの払った税金でつくったんじゃないかと。それを壊すとは何事だ、やめろという議論が主流だったように記憶している次第です。

ところが日本の場合には、どちらかというと、もし道路が壊れるなら、役所は金を取ってきて修理せいやという感じで、姿勢が全く違うというか、価値観が違うんですね。したがって、最後は粉塵の問題を持ち出して、日本でもスパイクタイヤの規制がかかるようになったのだと私は理解しているわけですが、こういうふうな公共構造物、インフラストラクチャーに対する庶民の「自分のものだ」という意識を、これからは持っていただかない

と、本当の意味での行政改革はあり得ないのではないのでしょうか。

結局は、「やっぱり役所はもうちょっと努力せいや」ということになって、予算どりが役人側の仕事になってしまいます。そんなことでは、将来の日本は到底バラ色にはなりません。

浅野さんも言うておられましたけれども、総合的な戦略というか、最初にどうあるべきか等々を、もっと根本的に見直す必要があるのではないかと。例えばスパイクタイヤを禁止すれば、融雪剤をたくさんまかなければいけない。これは見通せなかったということですが、これもやはりしっかり人々に認識していただいて、皆さんは、車がだめになるが、それでも道路を守れという高い意識を持って、日本のインフラストラクチャーを守っていく。こういう意識革命の時代へと進んでいくのが、これからの特に学問をやる人、あるいは行政に携わる人の役目ではないかと私は思います。

「小長井：ありがとうございました。浅野さんよろしいですか。」

浅野（パネラー）：おっしゃるとおりだと思います。私も同じ立場といいましょうか、別に反論は何もないのですが、日本の場合は、道路の損傷もあるのでしょうけれども、粉塵の問題がやはり大きな問題で、社会運動が起きて、スパイクタイヤ規制に達したということになると思います。意識調査をすると、昔に戻りたいという人は、札幌市中心で3割ぐらいで、6割ぐらいは昔よりいいと言っていますので、相対的には損失と便益を比較すれば大体バランスしているので、昔に戻るという選択はもうないのではないかと思います。

それから、北欧との違い。私は北欧には去年初めて行ったという恥ずかしい状態なのですけれども、スウェーデンの舗装を見ていると、骨材がすごくかたいですね。スカンジナビアの岩石は深成岩である花崗岩などを使って舗装していて、アスファルト分が非常に少ない。石畳みたいに、ほとんどが骨材です。あれと日本の舗装を比べて、削りぐあいと比較しても良くない。日本の舗装はやわらかくて削りやすいですから、粉塵になっている。その辺でも違いが出ているのではないかと。

ラベリング試験をやったわけではなくて直感でそう思っているのですが、そういった技術的な背景とか、国全体が積雪寒冷地である北欧と、日本のように雪の降らないところ、雪が少し降るところ、たくさん降るところ、寒いところ、温かくて雪が降るところ、いろいろある国との政策選択の違いも影響しているのではないかと私は思っています。

「小長井：どうもありがとうございます。」

酒井（雪センター）：今の粉塵の問題は、私が本省にいたときに若干経験したのですが、基本的には健康被害の問題をどうするんだという議論です。ちょうど道路防災対策室長を

していたのですが、札幌と仙台と松本の弁護士会が公害調停委員会に調停を出して、それを日本は引き受けて、最後に調停した。ともかく製造を禁止するという形に持っていったのですが、自分が当事者として、あるいは現地を見てきて、このままにはしておけないと。皆さんも多分そうだと思いますけれども、そういう意味で、いまスパイクを禁止することによって変わってきたということ自体は、当然のことだろうと私は理解しています。

このとき僕が非常にうれしかったのは、公害調停委員会の検事から来ている人間がレポートをつくるのですが、パッと話をしたら、「そうだ。あんたの言うとおりで。国も、地方も、住民も、個人も、全部責任を果たさなかったら、この問題は解決しないよ」と言って、スパイク規制法ができたときに、それが全部盛り込まれた。法律で見たときに、こういう形の法律は非常に珍しいのではないかと思います。参考までに。

小長井：まだご質問等ある方がおられるかと思いますが、時間の関係もありますので、続きまして、福井大学の福原先生のご発表に関して何かご質問、ご意見等ありましたらお願いしたいと思います。

酒井（雪センター）：私も冬期の路面管理で、凍結防止というか、安全安心の確保が最大の課題だと思っています。ただ、うまく路面をコントロールしてくれるような数字としてのデータがなかなか得られない。私は全然勉強していないものですから、統計論の話は至ってわかりやすいのですが、熱収支になると、本当にあんな無限の状況になるのか、うまくいくのかなと、いつも疑問に思うのですが、その辺についてわかっていればお願いしたいと思います。

福原（パネラー）：おっしゃられるように、いろいろなパラメーターがたくさん入ってきますけれども、一言で言うと、無理だなと思ったら無理なのですから、やろうと思えばできるということです。実用的な範囲、自然条件のもとであれば、いま僕がその中で示しましたけれども、例えば交通条件の最後から2番目のところに出ている条件ですが、このところで、タイヤの摩擦熱、車両からの輻射熱、通過車両が「吹く？」ことによって一時的に風が起きて、そこで熱が運ばれる。そして車が通ることによって、例えば日中の場合であれば、日射を遮る。

こういったことは、ある程度数値的には大体把握はできている状態です。こういったものを出してこない、例えば北海道のような場合での、つるつる路面のようなものの発生の予測あるいはその危険性が、逆に言うといつまでたってもなかなか把握しづらいということになるかと思います。先ほども言いましたように、やる気になればこういったデータは出てくるということになります。

「小長井：ほかに何かございましたら、お願いします。」

酒井（雪センター）：路面温度というのは、熱収支の答えなんですよ。上から入ってくる熱と、出ていく熱。もう一つ、統計的な手法でいろいろやられていますけれども、あれも以前から基本は熱収支で、放射、顕熱、潜熱、外乱条件、いろいろなものを全部取り込んで検討した上で、その要素だけを統計的な手法に取り込んでいって、その箇所のデータとして予測式をつくっていく。予測式がつくりやすいという面もあるのですが、熱収支的な解析をやろうと思うと、一番問題なのは測定技術の困難さがあります。

私も 10 年ぐらいかかってやりましたが、結局は冬期の放射収支は、雪が降ってきて放射収支計に雪がつけば、何ををはかっているかわからない。それから、雪が積もれば、地中からの熱流は雪の層と地中と 2 層、3 層になってきて、それらを全部解析しなくてはいけない。非常に難しい。そういうこともあって、なかなか思うように答えが出てこないということがあります。だから、どちらもいいところをとってやるという方法があります。これからも、どちらがいいということではなくて、もちろん熱収支が基本にはなりますが、統計的基本はカバーするつもりで、応用的には使うほうが便利な場合もありますので、共用していく必要があろうかと思います。以上です。

福原（パネラー）：おっしゃられるとおりで、いろいろなモデルの性質をきちんとつかんで、どういったところにこれは適しているかということも、今後はやはり検討していく必要があると思います。いま言われましたように、熱収支とか、そういったものを考えるときには、やはり測定技術の改善といったものも行っていけば、従来ではとれなかったようなパラメーターも、物理量もとれてくるということで、両方の努力が必要になってくる、あるいは競合が必要になってくるのかなという感じはします。

浅野（パネラー）：路面凍結予測はうちの部屋でも研究してまして、この重要性について少し補足させていただきたいと思います。昨年度、札幌市内で、11 月だったと思うのですが、夜 8 時ぐらいまで雨が降り、それから晴れたんですね。どんどん冷えていきまして、ただ気温はプラス 1℃ぐらいで、普通の一般部の路面はぬれているのですが、橋梁の上だけ凍りまして、タクシーが橋から落ちた。そういう事例があります。

それから春とか秋とか、冬との端境期にトンネルの中だけ凍るとか、そういった路面の急変が重大事故に結びつくわけです。だから、そういうところも路面予測をきちんと事前して事前に手当てをするというのは、コストとベネフィットがバランスするかどうかわかりませんが、重要だと思っています。うちの部屋の研究だと、精度に 2℃誤差がありまして、「2℃だと困るね」と言われていますけれども、精度を上げるように期待しています。

「小長井：どうもありがとうございました。時間が不足気味で大変申しわけないのですが、次に、最後の石本さんの発表に関してご意見、ご質問等ありましたらお願いをしたいと思います。」

高山(金沢大学)：金沢の高山と申します。私は気象データを使って、以前に少し研究したことがあるのですが、気象データというのは非常に局地的な違いというか、計測する場所で随分値が違うということを実感しています。どんどん細かく気象ポイントをつくっていただくといいのでしょうけれども、なかなかそれは難しいという問題がやはりあると思います。気象庁あるいは協会としては、アメダスは割とありますけれども、そういうものを含めて今後の戦略としてはどのように考えておられるのでしょうか。

石本(パネラー)：これは気象協会理事長の意見ではなくて石本の意見ですが、税金でとっているデータはアメダスが一番多いですね。そして信頼度も高い。そのほかに道路気象をとるテレメーターは北海道でもアメダスと同じぐらいある。そのほかに、河川管理用のデータがあります。そのほかに農業用のデータもあります。それぞれの持ち主が、あとは気象協会に任せるから、公共目的だったら、皆さんにやってくれと言えば、ほとんどお金をかけずに利用できるのです。だから、データの持ち主が腹をくくるだけです。何とかして腹をくくってもらいたいなと思います。

高山：ぜひそうしていただきたいですね。

高山：非常に心強く・・・ていただいたので、ぜひそういうふうに出していただければ、我々研究する立場としては非常にありがたいと思います。

「小長井：では、もう一方あればお願い致します。」

村國(東北環境テクノマート)：村國と申します。私もISOに準拠した品質管理基準というか、管理目標を定めていろいろ研究したことがあるのですが、雪の路面管理ということになると非常に難しい面が出てきます。例えば舗装の品質管理基準は、わだち掘れを何ミリと決めておいて、それに近づけば補修しようという計画をつくれるわけですが、時々刻々変化する冬期の路面管理をISOに準拠して持続的にやろうとする場合、非常に大変だということが起こりました。特に雪ならまだしも、氷、凍結対策については、より困難性を帯びています。いかがでしょうか。

石本(パネラー)：ISOは、本当は手段ですね。非常に合理的な管理をするための手段としてのISOだけでも、それに準拠することが目的になってしまっているような……。ほかの分野でも、いろいろな弊害は私も耳にしているのですが、要するに、後で何をやっ

たかという科学的な分析にたえるだけのものがあれば、別にISOではなくてもいいと思います。本来の目的は何かということを忘れると、準拠するのが目的になってしまって、……目的がめちゃくちゃになる危険は、どんな制度でもあるのではないかと思います。

ただ、カナダ・ケベックの場合は、道路事業全体をISOに基づいてやっていて、冬期道路の管理をするのは一部だというぐあいに、レポートに書きました。2ページの概要です。ホームページを見れば、その概要がよく出てきます。私は、よくやっているなという感じです。

村國：ありがとうございました。

「小長井：まだご質問等ある方もいらっしゃるかもしれませんが、時間が来ていますので、この辺でセッションⅠの「これからの冬期路面管理」を終了させていただきたいと思います。

最後に、今日は限られた短い時間の中で大変貴重な話題提供をいただいた3名のパネラーの方々に拍手をお願いして、セッションⅠを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。」

∞∞∞∞∞∞ (休憩) ∞∞∞∞∞∞



## セッションⅡ「住宅・利雪等対策」

□テ — マ : 屋根雪対策について

□パネラー : 北海道工業大学建築学科教授

… 苫米地司 様

山形大学工学部 名誉教授

… 梅宮 弘道様

□テ — マ : 利雪対策について

□パネラー : 長岡技術科学大学機械系助教授

… 上村 靖司 様

□進 行 役 : 社団法人 雪センター 企画部長

… 中川 誠



## ○パネラー発表

「中川:私は第Ⅱセッションの進行を担当します雪センターの中川といいます。よろしくお願いします。

資料の1-1をごらんいただきたいと思います。セッションⅡは住宅・利雪等対策ということで、今回レポートを出していただいたのは6名の方で全部で8課題ございました。そのうち3人の方の3テーマについて、今日はまずプレゼンテーションをしていただきたいと思います。

一番目は、屋根雪対策ということで、北海道工業大学建築学科教授の苫米地司先生、2番目に山形大学工学部名誉教授の梅宮先生、それから、3番目に長岡技術科学大学機械系助教授の上村靖司先生ということで進めたいと思います。

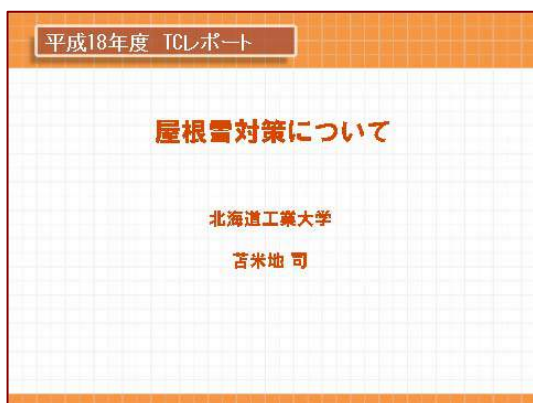
それでは、始めさせていただきたいと思います。お一方、大体7分という非常に短い時間で発表していただくのは非常に恐縮ですが、よろしくお願いいたしますと思います。

まずはじめに、屋根雪対策のパートⅠとして、北海道工業大学の苫米地先生、よろしくお願いします。」

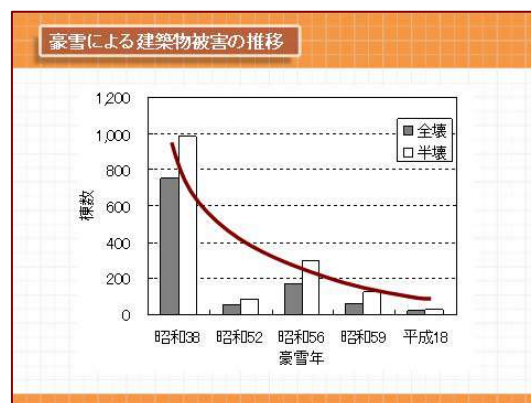
## ○パネラー苫米地様

北海道工業大学の苫米地です。先ほどまでの道路のいろんな問題は行政が主体でやるんですけれども、屋根雪の対策だけは民間というか個人がやるものですから、いろんな点でなかなか進まないという問題がございます。

今日は、市街地で発生した事例と、今後どういったように考えるかということについて簡単にご指摘したいと思います。



資料 3-4-1

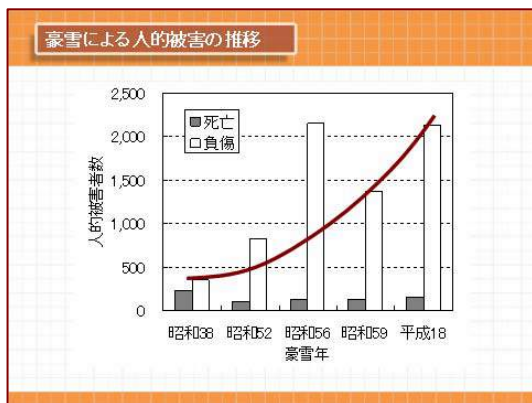


資料 3-4-2

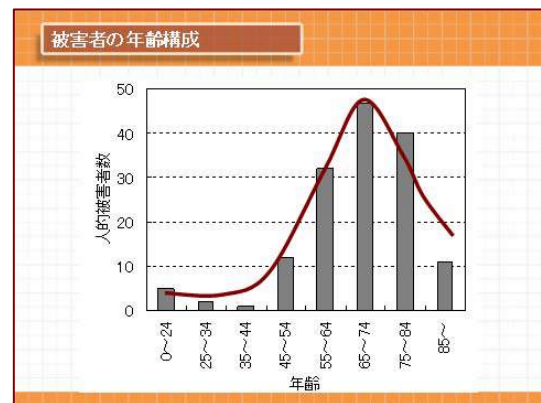
この辺のことは、先ほど、最初のご講演にもありましたので簡単にしたいと思います。まずはこれを見ていただきます。昭和38年の豪雪から最近までずっと見てみますと、建物の全壊とか半壊は非常に減少しているのがわかります。昭和38年の豪雪では、戦後のあまり質のいい材料がなかった時代であることもあり、この豪雪で品質の低いものは壊れてしまっ、その後いろんな耐雪に関する設計の考え方が進んで、平成18年でも建物の全壊・

倒壊が非常に少なくなっており、建物そのものの耐雪化は進んできていると考えていいと思います。

次は、建物の倒壊が少なくなった一方、人身の被害はどうかというと、死亡者はそんなに多くはありませんが、負傷者は昭和 58 年、59 年、平成 18 年と非常に増えている所に特徴があります。この背景は、先ほどのご講演にもあったように、ほとんど高齢者が被害に遭っている。そのほとんどが、屋根の雪下ろしに関するいろんな現象に巻き込まれて負傷しているのが現状です。これは雪問題というよりも、高齢化の進行に伴う社会的な問題だとも言い変えることができると思います。



資料 3-4-3

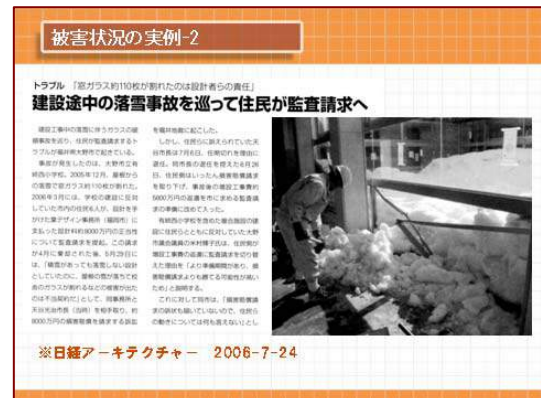


資料 3-4-4

こういう中で、今年の冬に起きた二つの事例を紹介します。一つは、会津の保育所で屋根雪が落ちて、子供たちが死亡しています。後から新聞記事や報告書を見てみると、はっきり書かれないところもありますが、設計者はこの屋根は雪が積もらないと管理者に説明していたようであります。しかし、勾配屋根であっても雪が全く積もらないということはありません。ですから、設計者の説明の仕方、それに対して管理者がどう対応するのかという問題があります。



資料 3-4-5 (拡大資料添付)



資料 3-4-6 (拡大資料添付)

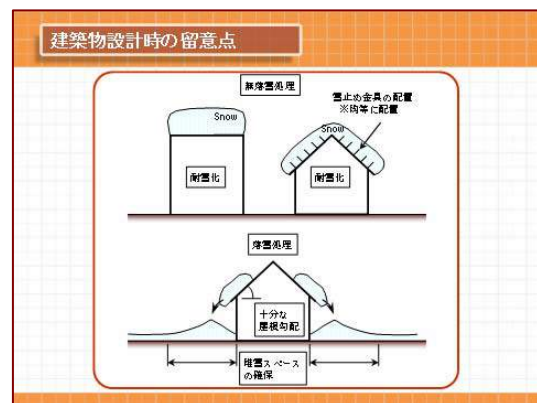
かつては、こういう大屋根の上に雪が積もっている場合、その屋根の下で子供を遊ばせることは考えられないことでした。その他にも、今年の冬には、大学生が屋根から落ちた雪の中に巻き込まれて亡くなった事故もありました。これらの事故は、管理上の問題に加

えて、屋根雪に対する認識や経験が希薄になっていることにも起因していると考えます。この他にも、福井県大野市で建物が完成する前に、屋根から落ちた雪で100枚のガラスが割れたという事故も発生しました。これは、結果的に議会でも問題となり、設計者が設計料8000万を全額返却したということで、建築の分野では非常に大きな問題になり、設計者の雪に対する考え方が大きくクローズアップされてきました。

これらの公共建築物は、確認申請の段階で色々なチェックを受けますが、雪は荷重として構造的にチェックされるだけです。落雪による問題などは大きなチェックの対象にはなりません。このような木造の駐輪場などは、ある面積以上になると確認申請が必要ですが、確認時のチェックは厳密ではありません。そのため、一旦、大雪になると倒壊に至るほどの致命的な被害ではありませんが、2次部材の被害が多く発生します。木造の場合は、3階建になりませんと構造計算もやりませんから、このような問題が多く発生します。今年の冬、建物では駐輪場のように木造の2次部材や軒先の破損などが非常に多く発生していました。長岡などの地震の被害を受けた所を除けば、大きな建物が雪の重みで倒壊した事例はかつての豪雪よりも少なかったのが現状であります。



資料 3-4-7



資料 3-4-8 (拡大資料添付)

ここで一番重要なのは、建築物の計画段階で雪をのせて処理するのか、落として処理するのかをきちっと考えることです。今年の豪雪をみても、住宅地の雪処理が大きな課題となっています。例えば、積雪地域の都市部、例えば札幌市などでは、この辺の考え方が明瞭になっております。しかし、山間地などでは伝統などもあり、このような考え方が明瞭になっておりません。北海道の場合は、昭和40年代後半から無落雪屋根が建設され始め、現在では概ね考え方も確立されております。その大きな役割を果たしたのが、道立の建築に関する研究所です。日本には、建築に関する行政の研究機関は建築研究所と北海道立の北方建築総合研究所の二つしかありません。しかし、青森、秋田、新潟などの豪雪地帯には研究や指導をする機関がありませんから、それぞれの地域に対応した建築的な問題を検討する場が無いため、建築的な雪問題の解決が進んでいない状況にあると考えています。

ただ、設計の段階で雪問題を検討することにより、特に屋根雪処理方法をクリアにすることで、いろんな雪問題が軽減されることだけは間違いないことです。これらに関する指

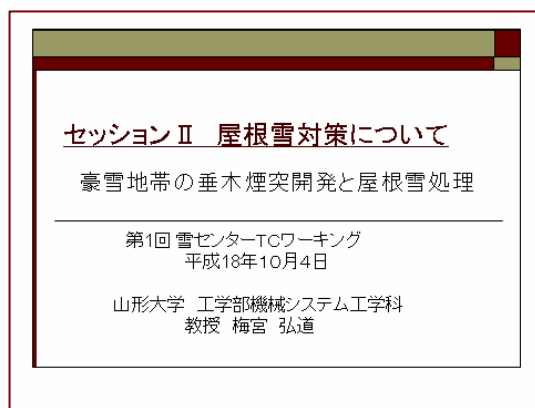


導の問題が残っていると思います。以上です。

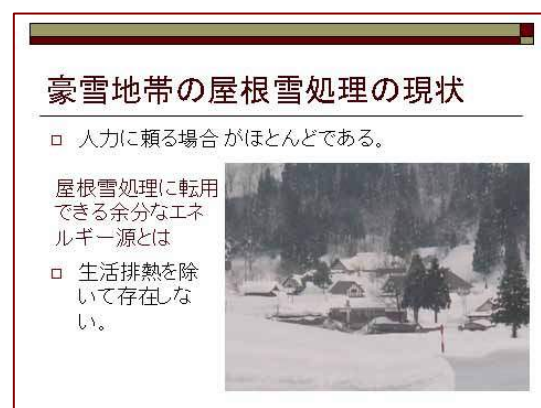
「中川：ありがとうございました。続きまして、山形大学の梅宮先生、よろしくお願いします。」

## ○パネラー梅宮様

山形大学の梅宮です。もう 66 になったものですから、現役ではありません。名誉教授になったようです。(笑) 表向きは飯豊教室研究員と言っているんですが、今は道楽しています。(以下、パワーポイント使用)



資料 3-5-1



資料 3-5-2

「豪雪地帯の垂木煙突開発と屋根雪処理」というタイトルで書かせてもらっています。本音が出ておりませんので本音を言いますと、私は、雪の中にこもって3カ月暮らしたいという気持ちがあります。東京と同じように、きれいさっぱりと道路やら家の周りの雪を始末するのではなくて、ノアの箱舟ではないですけども、動物と一緒にひとつの家に住んで雪をやり過ごしたいという気持ちがあって、このような研究をやっております。

ここが実験場になっておりますが、山形県でも有数の豪雪地帯で、この前の新潟県のカタ何とか村に相当するところです。屋根雪処理がなかなか大変です。この学校も私がいま担当しておりまして、雪処理をしなくてはならないんですが、これを人力でやるととんでもない仕事になりまして、私の手に余ります。

降雪量が膨大なので屋根雪を滑落型にしたいのですが、既存の建物も含めて、滑落を促進するエネルギー源として使えるものはストーブの煙ぐらいしかありません。ストーブの煙です。昔はカヤぶき屋根で、いろり1個でその煙まで活用しておりました。煙が上に上っていくと、最終的には屋根の融雪に役立っていたわけですが、火災が起きたことで懲りて、ストーブの煙を使うという発想は全然なかったように思います。それを昨年実施してみたところ、結構効果が良いものですから実物実験を今後も続けていきたいと思っています。

### 雪国の唯一の熱源、ストーブ排煙・生活排気 熱を利用した屋根雪処理

(目的)

- 屋根雪滑落を促進する垂木煙突の開発を目指すものである。

(構造)

- 屋根材質→屋根材(トタンまたはポリカーボネート)・黒紙・野地板・垂木から成る。
- 屋根構造→垂木の下面を構造合板などで密閉する。
- 軒に「吸気 manifold」を設置。
- 屋根最高部に「排気孔(煙突)」を設ける。

資料 3-5-3

### 垂木ダクト集熱ー垂木ダクト屋根雪処理 夏 冬



資料 3-5-4 (拡大資料添付)

### 垂木 荷重の均等分配



資料 3-5-5

### 垂木ダクト底板張り 金属板使用可能



資料 3-5-6

ひとつ屋根の下で動物と一緒に生活すると、やはり換気もよくしないと生活できません。冬の生活には湿気が一番禁物ですから、湿気を常時排出して、その排出する湿気のエネルギーも滑落エネルギーに活用したいということで、垂木部分をダクトとして使うことを勧めております。今日はその垂木煙突工作手順の写真を持ってきました。

私1人で大変有効だと言っても説得力に欠けますので、余力のある方はどうか別な場所でストーブの排熱を使って試していただきたいと思います。

### 垂木ダクト底板シーリング 気密性



資料 3-5-7

### 垂木ダクト野地板張り 金属箔使用可能



資料 3-5-8

基本は空気集熱型のソーラーコレクターです。普通の空気集熱型のソーラーコレクターは、垂木の下にラッチ板を張りつけてダクトにします。そして、屋根の一番高い部分に部

屋をつくり、ファンを準備して暖まった空気を建物の一番下のところまで誘導できるようにします。

#### 黒紙、PC波板張り 従来工法



資料 3-5-9

#### 垂木ダクト屋根の完成



資料 3-5-10

そうすると、例えば3月、4月になったときに、特に3月は大変な日照がありますので、屋根からの熱伝導で空気が暖まって集熱室に集まってきます。それをシロッコファンで建物の一番温度の低いところ、1階に吐き出しますと、建物の足元が暖まっていく。それで日中の太陽エネルギーを建物の基礎部に蓄えて、夜になったら熱気がじわじわと上に上がっていくのを利用する。これが空気集熱型ソーラーコレクターです。

これは、方向を反対にしますと冬の現象になり屋根雪対策になります。つまり、冬場にこのシロッコファンを反対に回しますと、一番下に一番温度の低い湿気が一番強いものがたまっておりますので、それを引き上げて軒先から吐き出しますと、換気エネルギーがこの屋根の表面に熱伝導で供給されるわけです。それが雪の滑落を助長して、積雪の深さが2 cm くらいで落雪するようになります。

そういう換気用に加えて、煙突の排ガスをまぜて、もっと効率を上げようというねらいです。これは昨年度、3年生と一緒につくった工程ですので紹介しますが、これがいわゆる垂木です。

その垂木の下に、ラージ板で底板をつくります。それから、垂木と底板の間をシーリングして気密性を上げます。

#### 黒紙、PC波板張り 従来工法



資料 3-5-11

#### 垂木ダクト屋根の完成



資料 3-5-12

あとは、上は雑でもいいんですが、普通の野地板を打っていきます。あとは、普通の黒紙を張って、私は一番安いP C波板で屋根を仕上げました。これが仕上がりです。

何も熱源を使わないで、換気扇も循環しないときは積雪状況はこんな状況です。これから、ここにストーブを入れて、ストーブの排熱とここにヤギが4頭入ります。ヤギの換気をまぜたものが、この屋根の上を通るようになります。そうすると、今回持ってこなかったんですが、この屋根雪が氷河のようにじわじわと滑り落ちます。ですから、初めからここで生活していれば、こんな2 mもの屋根雪にはなりません。3 cm から4 cm くらいで常時コロコロ雪が落ちる屋根ができ上がります。



資料 3-5-13



資料 3-5-14

実物試験をやってみますと、ストーブの燃焼ガスは当然しめっています。それで、ストーブ排煙で屋根に火がつくのではなくて、屋根裏がびしょびしょになります。それは、ご存じのとおり木酢液ですね。木酢液でびしょびしょになって、むしろ、つららができるくらいです。ですから、その気になれば木酢液製造器として考え直し、その木酢液が1カ所にたまるようにすれば、農林業に活用もできます。

それから、ここに煙突を作りますが、この煙突は、例えば、山桜を薪として燃やしますと、いわゆる薫製の場所になります。豚の太もも、あるいはシャケを並べてみましたが、非常においしいものができ上がります。そういう加工食品生産にも使えるので、どうか他所でも試していただけたらと思って、今日はこの垂木ダクトの紹介で私の役割は終わらせていただきます。以上です。

「中川：どうもありがとうございました。では3番目に、長岡技科大の上村先生、お願いします。」

## ○パネラー上村様

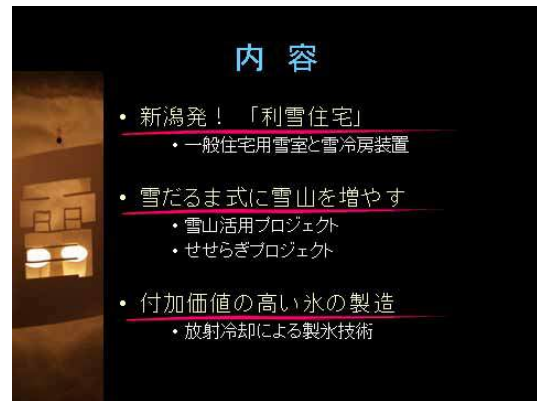
こんにちは。長岡技科大の上村です。私だけ利雪というお話をさせていただきます。利雪ですので、通しましてお金の話をさせていただきます。雪の写真をそのまま撮りますと冷たい暗いイメージになりますので、暖色系で今日はお送りしたいと思います。よろしくをお願いします。(以下パワーポイント使用) 利雪住宅の話と、雪山を雪だるま式にふやそう



という話と、氷をつくる話をしたいと思います。



資料 3-6-1



資料 3-6-2

住宅の話ですけれども、今度、「ゆき」（雪センター機関誌）に載せていただきますので見ていただきたいのですが、克雪住宅というものが、対象が「屋根」という非常に狭い意味でとらえられてきたのではないかな、ということを書かせていただきました。（克雪とは）むしろ私たちの心の問題で、要するに雪を嫌いではなくなり、「雪を克服したぞ」と、そこまで行ってようやく克雪かなと思っております。そういう意味で、雪を実際に自分の家の中でエネルギーとして使うようになった家の話をさせていただきたいと思っております。

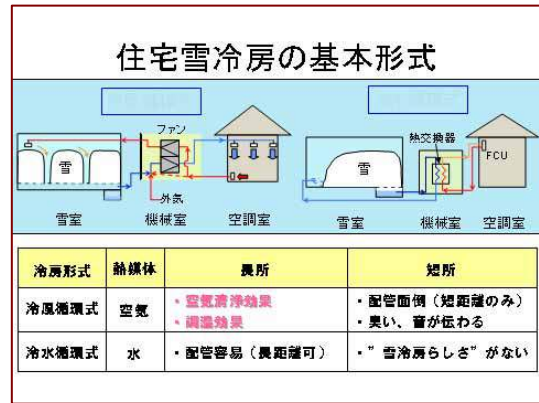
こんな家ができました。新潟県が 750 万円補助金を出し、小千谷市民の方が実際に住んでいる家ができました。

雪冷房の方式を考える場合、冷風循環式と冷水循環式とあり、冷水の循環方式ですと雪解け水を使います。ここに熱交換機を入れ、さらにファン・コイル・ユニットを入れますので、通常の冷房と全く同じで非常にコントロールしやすいという利点があります。一方、空気に接触させて空気を冷やして戻す方式だと、空気がきれいになるとか、湿度が下がるとか、雪冷房らしさが出ます。冷水循環式では「らしさ」がない、冷風循環式だとφ150とかφ200のダクトを取り回さなくてはいけないので長距離を送るのが難しいという、というデメリットもあります。今回は民間住宅ということですから、空気式を採用しています。

（この地域には）高床式というすばらしい（住宅）文化がございまして、高床のスペースを3分の1ほどいただき、1階に30トンの雪室（むろ）をつくりました。隣には併設して低温倉庫、5℃ぐらいのビールのケース、あるいは米をそのまま入れておけるぐらいのスペースをつくりました。それを全部囲むような形で断熱をしっかりと入れました。ここにダクトが2本見えますが、これがそのまま家の2階に繋がって立ち上がっております。吸気と排気です。吸気と排気をそれぞれ二つのファンで送っているだけの構造です。



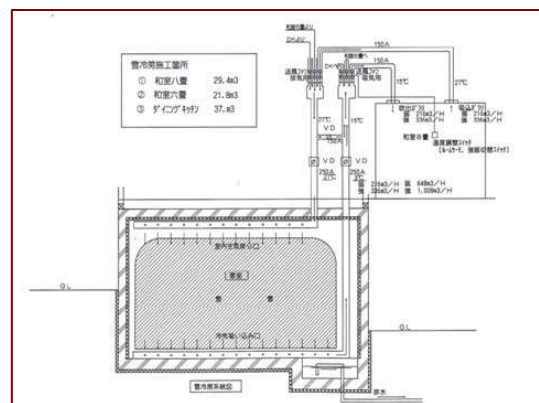
資料 3-6-3



資料 3-6-4（拡大資料添付）



資料 3-6-5（拡大資料添付）



資料 3-6-6（拡大資料添付）

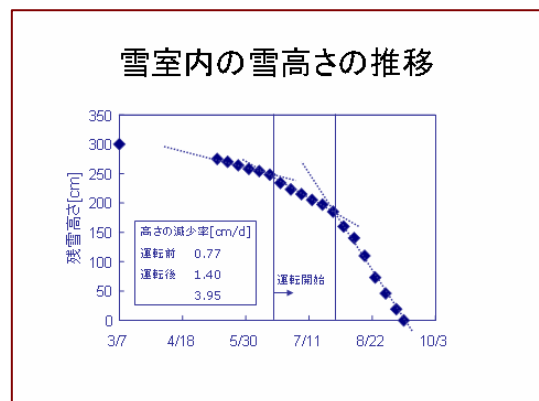
冷房室はダイニングキッチン、6 畳、8 畳の和室です。

雪は 30 トンで足りるかというのと、（普通に熱負荷の）計算をすると足りません。足りないのですが、3 月に雪を入れたあとと保存期間中は一日 1 cm 以下、夏になって暑くなり運転しっ放しの状態になると 1 日 4 cm ぐらいの減り方となりましたが、今年は十分足りました。初年度ということでマスコミが来たり見学も来たりということで、開けたり閉めたりで相当ロスしたわけですが、それでも十分 9 月頃まで保ちました。

というのが利雪の家の話です。利雪なんていうのは間違いなく採算が合わない世界ですから、住宅の中でこれを入れると何がいいかというと、これをつくったことによって近所の人が集まってくるようになります。近所の人を呼ぶようになります。何をしに呼ぶかというと、「うちの雪を見てくれよ」ということで雪自慢が始まります。間違いなく雪を嫌いではなくなったという点が重要です。

お父さんが風呂から上がってくると、この階段をトントンとおいて、ここでビールを飲むのが日課になっている。

（「雪嫌い」が「雪自慢」に転換した）すば



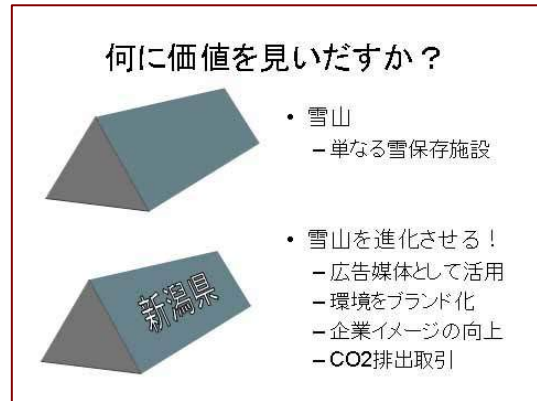
資料 3-6-7

らしい克雪住宅といえるでしょう。

雪だるま式にというのは、英語でいうとスノーボール (Snowball) という動詞があります。雪室、雪山といったものを増やしたい。増やせばCO<sub>2</sub>削減に効くのです。けれども増やすにはお金がかかり、つくればつくるほど損をします。いかに損をせずにつくるかという課題なのですが、まともに熱量計算をやったらどうやっても合いません。1 トンの雪の熱量価値が 700 円くらい、トラックに積んで運ぶと 2000 円かかりますので、動かすと損をする。ではどうやって、一つつくったら次が生まれるという仕掛けをつくるか。



資料 3-6-8



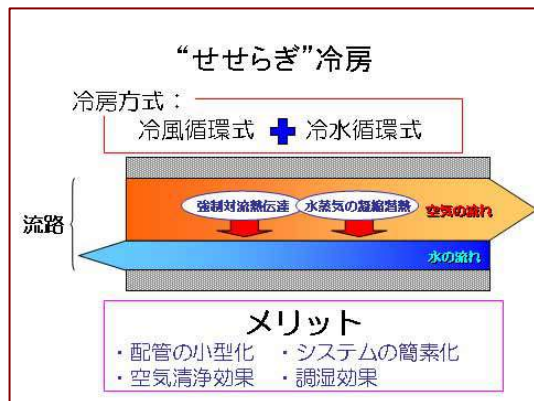
資料 3-6-9

うそのような大まじめな話ですけれども、広告塔にするということです。各地域の新エネルギービジョンとかをお手伝いさせていただく中で、皆さん風車を導入したがるのです。太陽光もみんな好きです。何故かという見えるからです。損をするのはわかっているのだけれども、見えるからうれしくて導入する。「ならば雪山を見せよう」と思っても、通常雪山は見ることはできません。普通、(雪山ならば)断熱被覆がかかっていますし、(雪室ならば)薄暗い中に入っています。その上、開けてみると、必ずしもきれいなものではないというのが事実です。

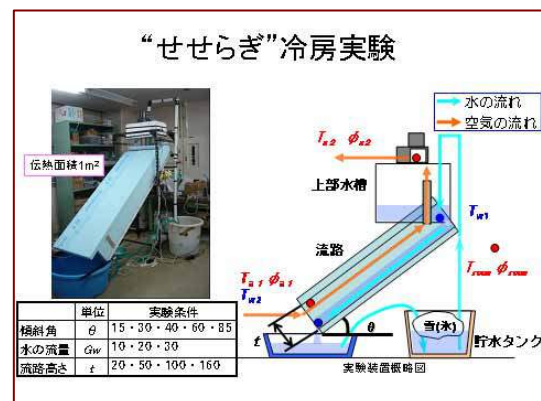
ですから、新潟県の関越道路をずっと走っていくと、何かよくわからないけれど、雪山がいっぱいある。そこにシートがかかっている、全部こういうスポンサー名が書かれている。「株式会社〇〇。私たちは雪の保存を通じて環境保全に貢献しています」という企業の社会貢献事業として、雪だるま式にふやすことを提案しております。これは非常に社会の流れが後押ししており、環境のブランド化、企業イメージの向上、CO<sub>2</sub>の排出取引といった時代の流れがございますので、非常に可能性があるのではないかと見ています。

もう一つですが、先ほど申し上げましたように、雪山はできました。では雪山を何に使いますか？ 運ぶと損をします。運ばずに使うことを考えました。「せせらぎ冷房」と名づけました。水を流します。(逆向きに)空気を流します。そうすると、ここで熱交換が起こり、空気が冷える。それだけの話です。そこで凝縮も起こりますし、ほこり、ちりも取ってくれます。何が言いたいかというと、先ほど空気式と水式と申し上げましたが、水だ

と配管の取り回しが簡単です。空気式だと空気がきれいになるのです。両方のいいところ取りやるアイデアなのです。

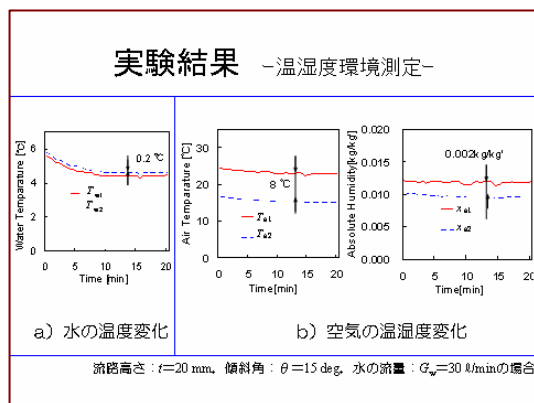


資料 3-6-10

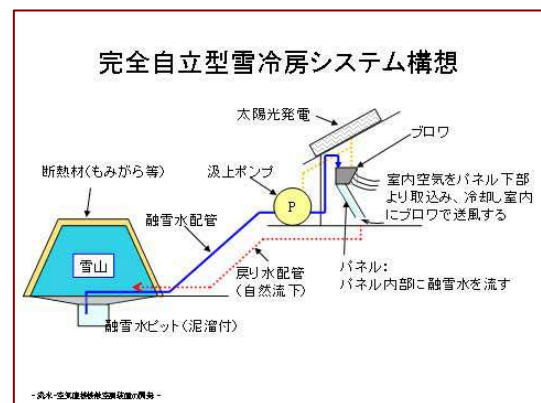


資料 3-6-11 (拡大資料添付)

本当に簡単な装置で、水を流して空気を流すだけです。配管は水配管です。空気清浄、調湿という部分は空気式と全く同じですので、非常に簡単な構造です。水の温度が  $0.2^{\circ}\text{C}$  下がり、空気が  $8^{\circ}\text{C}$  下がり、湿度が下がるというのがすごく簡単にわかります。



資料 3-6-12 (拡大資料添付)



資料 3-6-13 (拡大資料添付)

雪山があります。そこに併設した道の駅か何かビジターセンターがあります。そこにポンプをつけて、ブローをつけて、太陽光発電をつけると、ほうっておいても夏になると勝手に動く冷房装置ができ上がるというわけです。

最後に氷をつくる話をします。雪をそのまま売ると損をします。だから、付加価値の高い雪か氷にして売りたい。皆さんよくご存じだと思いますけれども、氷というのは思った形のものを思った結晶構造で商品としてつくるのが案外難しいのです。今どうやって製氷しているかというと、トレーに入れて、「熱伝導」でトレーを冷やしています。冷たい風で凍る「つらら」のように「対流熱伝達」という伝熱方式で凍る場合もあります。もう一つは放射です。路面凍結がまさに大気への熱放射で冷えて凍ります。この「放射」という伝熱方式を使って氷がつかれないかということに挑戦しています。

これも極めて簡単です。水のところからちょっと離して（これは特許を出しております

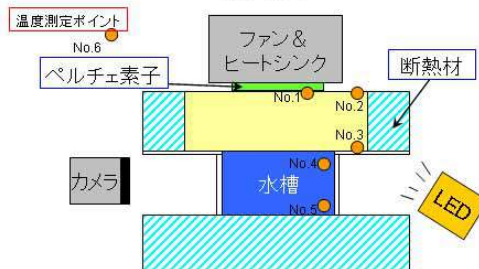


## 付加価値の高い氷の製造

- ・ 製氷の方法
  - － 伝導(固体に接触)：一般的な製氷方法
  - － 対流(流体に接触)：つらら、微細氷結晶の生成
  - － 放射(非接触)：路面凍結、霜柱
- ・ 課題
  - － 凍結付着の問題(冷却－加熱)、着霜の問題
  - － 所定形状を、連続的につくる
  - － 単結晶を作る

資料 3-6-14

## 概略図



資料 3-6-15

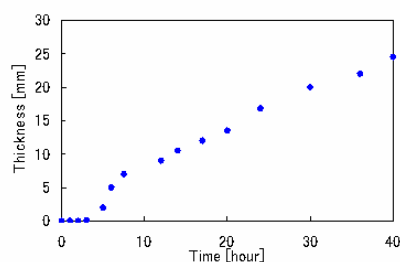
ので、肝心なところは伏せております。(申しわけございません。)、ペルチェ素子を置き、表面温度をマイナス 25～26℃にしますと、ここに氷ができてきます。(素子と水の入った容器の) 間は、離れていますので熱伝導ではありません。

## 実験結果 およそ45時間後



資料 3-6-16

## 製氷速度



資料 3-6-17

出来上がった氷の写真がこれです。真上から見てもこのとおり、ほぼ透明で気泡等が全く見えない氷ができています。

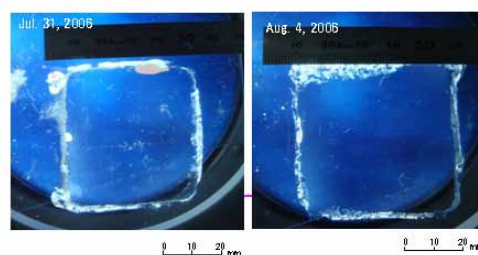
よくご存じかと思いますが、偏向板に挟んで結晶を見ますと、水道水でくっつけたところだけ多結晶が見えますけれども、50 ミリ×50 ミリの断面で、20 ミリぐらいの厚さの氷が全部単結晶でできています。

つまり非常に透明度の高い、価値の高い氷ができそうだとこのところまでようやく来ました。

これを銀座に売ろう、名水でつくった氷を非常に高い値段で田舎から都会に売るビジネスをしようという話です。

以上です。

## 結晶組織の観察



資料 3-6-18

「中川：どうもありがとうございました。第Ⅰセッションとがらっと変わって、やわらかな話になってまいりました。

では、こちらも先ほどと進め方を変えてみたいと思います。耐雪の建築と設計という話とか、垂木のある建物の中で生活をする、いろんな思わぬいい点が出てきたりとか、利雪という点では、夢のある、非常に夢のあるような感じがします。

どなたに対する質問でも結構ということで、承りたいと思います。よろしくお願いします。」

## ○意見交換

酒井（雪センター）：上村先生のお話をおもしろく具体的に拝聴したんですけれども、雪室に入れる雪の入れ方でいつも気になるのは、利雪には非常にいいんですけれども、自分の屋根の上の雪がここに入るんですか。あるいは、それとの関係はどうなっているのかと。

上村（パネラー）：屋根雪をそのまま入れると一番楽でいいのですが、十日町で最初にやられた樋口（利明）さんのお宅では、樋口さんとお父さんの日課は雪の踏み締めだそうです。容積効率を上げるという観点で、屋根雪をそのまま入れますと、あまり密度が上がらない。ですから、屋根から落ちてきた雪を小型のロータリー除雪機で吹き込むと、（雪の）密度が上がり容積効率が非常に良くなります。大きい雪室が作れば良いのですが、予算との兼ね合いということで、こういう方式をとらせていただいています。

「中川：よろしいですか。ほかに。」

〇〇 苫米地先生にお伺いしたいんですけれども、今年は屋根雪が非常に問題になりました。今日の話を聞かせていただいたときに、要するに残すか落とすかという話ですが、それはどういうふうな形で、どういう根拠づけでというか。やはり自分はこうしたいから勝手にという形はできないと思うんですけれども、そこら辺はどう考えていったらいいでしょうか。

苫米地（パネラー）：それを考える場合、都市部では割と簡単です。一つの例として、建築の場合だと建築協定というのがあるんです。例えば、この団地に建物をつくるときには、こういう形状でつくりましょうという協定があるんです。そういうのは、やはり行政が主導しないと、なかなかうまくはいかないんです。

例えば、都市部だと無落雪の住宅だけの住宅団地もあるんです。そういうところは落ち

てくる雪がないものですから、冬場調査したりすると、生活道路なんかも雪山が極めて少ない環境です。ですから、やはり行政が何か仕組みをつくって指導していかない限り、うまくいかないと思います。

ただ一番問題なのは、山間部とかでどうするかということです。先ほども申し上げましたけれども、北海道の場合は道の建築の研究所がございますので、そこで普及資料をつくったりしながら行政でどんどん指導しているものですから、あまり問題ない。要するに、北海道ブランドというのをつくったんだろうと思います。

もう一つは、先ほどからお話を伺っていて、やはり発想が違うのが、北海道は断熱というのがあるんです。だから、積もった雪は解かさないのがまず基本です。本州のほうに行くと、それを解かすという発想があるので、その辺が多分、両方のいろんな考え方をもう少しうまくやればもう少しいいものができるのと、あとは行政がどう対応するかが一番問題です。

「質問者：ありがとうございました。」

「中川：ありがとうございました。ほかに、どんな質問でもよろしいと思います。どうぞ。」

上石（防災科学技術研究所）：上石と申します。苫米地先生のお話や最初の平山調整官のお話の関連の質問です。私のうちは上越市にあって、つぶれた家のすぐ近くにあります。融雪屋根にするというハード的なものができればいいんですけど、やはりお金がたくさんかかる。それをどうするかというところでは、今まで雪国の常識であった落雪の危ないところに入ってはいけないということなど、当たり前のことが伝わっていないというのがあると思います。そういうものを伝えていくことも非常に大事だと感じております。お話がありましたら、よろしくお願いします。

苫米地（パネラー）：そういう話になると教育の問題になって、サブ読本とか何かで雪国の暮らし方とかをもう少しきちっと伝えるべきではないかなと思います。たしか、私の知っている範囲だと、青森市でそういうサブ読本をつくった例があるんですけども、いま教育の制度もいろいろ変わりつつある中で、そういうのがまたどこかに行ってしまったんです。

いまDECの原さんたちも、そういう取り組みを小学校の先生方ともいろいろやっているんですけども、多分そこから見直さないといけないのではないかと。おじいちゃん、おばあちゃんに小学校に来てもらって、それこそ総合学習とか何かをもう少しうまく使えばいいのになと思うんですけども、学校の先生はなかなかそこまで考えてくれないというのがあるのではないかと思います。そういうのが一番大事だと思います。



中川：私から質問してよろしいでしょうか。先週、実は新潟の南魚沼、十日町、長岡の消防本部のヒアリングをしてきました。基本的には屋根雪処理、つまり、雪の積雪量が異常に多かったためにどうしても雪を下ろさなくてはいけない事情とかも含めてですが、そのとき重傷とか死亡に至った原因の多くが、例えば車をとめてある玄関口のため雪を全部排除してあるとか、除雪をして積雪量が少なくなっていて、落ちたところの地面がかたいという状況で、今までですと、周りに落ちても雪にすぼっとはまり、だれかがいれば死にまで至らず、けがもあまりないというような声が聞こえてまいりました。

多分、今日のお話ですと、上村先生のほうが合っているのかもしれませんが。議題とテーマと違うんですが、何かその辺の感想といいますか、原因とか別のご意見があったら願います。

上村（パネラー）：新潟県に調査しに行っていたということですが、新潟県は確かに転落事故が6割ぐらいです。北海道へ行くと、落雪のほうが支配的ですよね。落ちてきた雪に埋まる。要するに、転落事故の場合、軽傷も含めて事故としてカウントされたうちで11人落ちて1人亡くなるというぐらいです。ですから、本来は死に至らせるほどのものではない。だから、おっしゃるように、たまたま固いところに落ちる、やわらかいところでも頭から落ちるというような事故が問題であるというのは、まさにおっしゃるとおりだと思います。

もう一つは地域の方から聞いたんですが、犠牲になるのは元気なおじいちゃんだそうです。元気なおじいちゃんが、慣れているのに油断をするというところが非常に大きいようです。ですから、そのあたりはまさに上石さんがおっしゃるように、ベテランにこそ、うまく注意喚起しなければいけないかなと思っているところです。

「中川：ありがとうございました。ちなみにベテランという話が出たんですが、上越のほうから屋根雪の除雪の請負いに来ていたプロの方がやはり落ちて、ヘルメットをかぶっていても角度が悪かったせいか、お亡くなりになった。そのときは雪の中で、下はかたくなかったんです。プロとか元気な方とか、そんなところがこれからの課題にもなるかもしれません。余計な話ですが。ほかに。どうぞ。」

高山（金沢大学）：金沢の高山です。梅宮先生にお尋ねしたいんですけども、地域によって、先ほどの雪をとめておくほうがいいのか、常に少しずつでも落としたほうがいいのか。例えば煙突の煙の熱で落としてしまうと、金沢の町中は敷地が狭くて落とせないところが多いんです。そうすると、大抵が雪どめという、とめをつけて、豪雪になると屋根雪に上がって調節するというのが本来、北陸では金沢とか、恐らく福井なんかもそれに近いのかなと。

少しずつ落とすと、敷地にはそんなに影響ないものでしょうか。実際はどうなのでしょう。一気に落とすと、当然落とすところがないので雪どめしてあるんですけど、2～3 cm ぐらいの積雪で少しずつ落としても、たまっていくものなのか、解けるものなのでしょうか。

梅宮（パネラー）：これは自宅の実験場ですけれども、ファンを回したときの状況だと、こんなもので一冬は過ごせるんです。だから、雪はこの辺まで来ます。2.8mの高床ですが、その上のこの辺まで。米沢あたりは毎年雪が降るものですから、堆雪させておく場所は当然あったわけです。それが常識的な家の建て方だと。ただ、それが崩れていますね。そういう雪の山を残しておけない建て方で騒いでいるわけです。私は、本来の建て方を前提としての暮らしを勧めております。

「中川：若干、時間がありますのでもうお一人ぐらい質問があったらどうぞ。」

質問者：すみません、今のに関連してよろしいでしょうか。いま先生のご指摘があったのは多分、市街地の問題だと思うんです。ただ、なかなかうまくいかないんですけども、これも行政の問題で、今は建ぺい率というか、土地に対する建坪と容積率が全部同じなんです。

それを例えば、雪の多いところは建ぺい率を小さくして容積率をもう少し緩和したらいいのではないかという案が昔からあるんです。それでやっていると、いろいろ計算してみると、自分の敷地に降った雪をアプローチの雪かきとか屋根から落ちてきた雪を確保するのに、どのぐらいかというのはすぐ出るでしょう。

ところが、今の全部一律で・・・というのは、建ぺい率 40%で容積率 60%ですけれども、一律でやっているんです。ですから、ぜひいろんなところから、そういう声を上げれば、一つの・・・建ぺい率を厳しくしてやって、容積率をあと 10%あるいは 5%でもいいです。そのぐらいの問題です。要するに、法律のしがらみがあったんです。

苦米地（パネラー）：確かに、寒冷地へ行くと、道路は堆雪帯を設計上設けることになっていますから、そういう意味では、敷地についてもおっしゃるとおり基準を変えてもいいかもしれませんね。

「中川：ありがとうございました。いかがですか。もうお一方ぐらいご質問があれば、受けたと思うんですが。」

質問者：いま道路のほうはちゃんと除雪の余裕幅があつてということですが、多分、家のほうは、本当の都市部はわかりませんが、ずっと昔からそれだけの余裕を持つ

うちを建ててきたと。道路が除雪余裕幅をとったのは昭和 45 年以降ですから、そういう意味では、うちを建てるほうが行き過ぎでしまっているのではないかという気がします。

そういうのも言ったんですけれども、上村先生のほうで、雪室をつくって（空気を）循環させると、非常にうまくいくということですが、これで経費の上乗せは、どんな状況ですか。それは、普通の山間部に高床を作る場合に比べたら、どの程度乗せればいけそうですか。

上村（パネラー）：言いにくい話で、ざっくりと 500 万円ぐらいかかっています。基礎の高床部分の構造と、（雪室としての断熱工事などを）どれだけ分離できるかという話を今していて、本当の意味での積み上げ分は、まだわからない。ただ間違いなく、100 万円ではできないですね。だから、（雪室と雪冷房の）価値をどう見るかというところがございます。県がこれに補助金を出したというのは、要は克雪住宅の補助金のような形で、利雪住宅の補助金という制度もつくりたいという意向があつての動きということです。

中川：まだまだ話はつきないというところですが、お時間が来ましたので、プレゼンテーションいただきましたお三方に拍手をお願いします。

〰〰〰〰〰〰（休憩）〰〰〰〰〰〰

## セッションⅢ 「雪崩対策」

□テ ー マ : 雪崩発生危険度の評価法について

□パネラー : 新潟大学自然科学系教授

・・・西村 浩一様

(株)アルゴス副社長

・・・下村 忠一様

□テ ー マ : 雪崩対策について

□パネラー : (株)雪研スノーイーターズ代表取締役社長

・・・竹内 政夫様

□進 行 役 : 社団法人 雪センター 研究部長

・・・中村 良光



## ○パネラー発表

中村：それでは、セッションⅢを始めさせていただきます。司会を務めます雪センターの中村でございます。

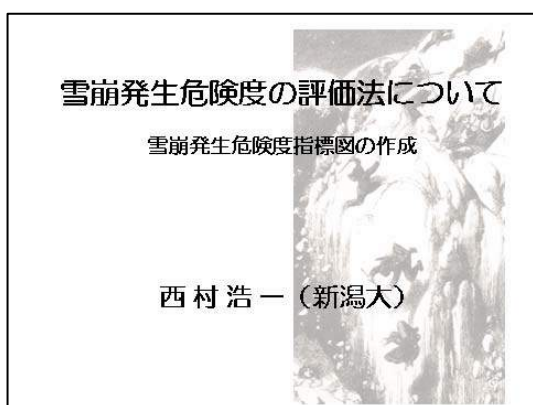
セッションⅢは、「雪崩対策」ということで進めさせていただきます。サブテーマは二つありまして、「雪崩発生危険度の評価法について」と「雪崩対策について」でございます。話題提供いただく方は、新潟大学自然科学系教授の西村先生、株式会社アルゴスの下村さん、それから株式会社雪研スノーイーターズの竹内さんのお三方でございます。

それでは最初に「雪崩発生危険度の評価法について」ということで、新潟大学の西村先生、よろしくお願いいたします。

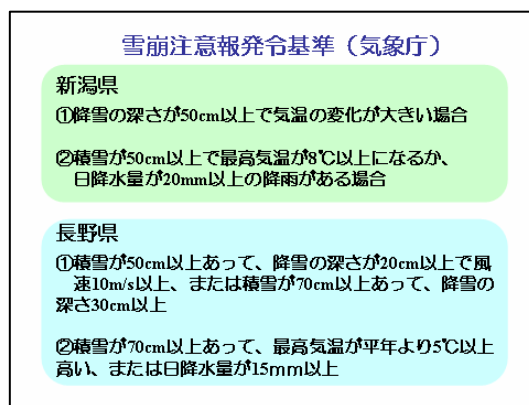
## ○パネラー西村様

新潟大学の西村です。よろしくお願いします。今日は雪崩発生危険度を簡単に表現することのできる指標図はつくれないだろうかと考えてみた結果をご報告いたします。

皆さんご存じのように、冬になると気象庁から雪崩注意報が発令されます。県によって少しずつ発令基準は違っておりますが、基本的には、気温と積雪量、それにこれからどれだけの量の雪が降るであろうという情報に基づいております。その結果、例えば平成 18 年の豪雪のように雪が非常にたくさん積もっている場合は、長期間ずっと注意報が出ずっぱりというようなこともございます。しかし、例えば道路を管理する立場などからは、もう少しきめの細かい雪崩の危険度情報が必要になってまいりますので、その辺に役立つ情報が何かつくれないかということをお話したいと思います。(以下パワーポイント使用)



資料 3-7-1



資料 3-7-2

雪崩には表層雪崩と全層雪崩があることはご存知のとおりです。後者は主に春先に発生いたしますが、表層雪崩は積雪の中に強度が弱い層があるか、もしくは短期間に多量に雪が降った場合に発生いたします。

こうした要因をもとに、これは北海道の場合ですけれども、例えば国道 453 号線の支笏湖畔道路では、降雪が 20cm 以上あると警戒態勢に、12 時間で 40cm 以上になると通行止めにするという基準が作成されております。また国道 39 号線では、24 時間以内の積雪が 30cm

以上になると警戒態勢に、平地の場合は 50cm、斜面では 30cm の新たな降雪があると通行止めにするという基準をつくっています。

これは経験則に基づくものですが、この基準に基づいて通行止めにしたところ、本当にすぐに雪崩が起きたということもあったようです。ただ、我々の立場からいたしますと、雪の研究はすでにかかなり長い間続けられてきましたので、その研究成果に基づいて、先程の経験則を客観的な判断基準でフォローできないだろうかということを考えてみたわけです。

全層雪崩については、斜面の上のほうにクラックが発生したり、しわが形成されることで予測できるが、表層雪崩は何も前兆現象がないので予測は難しいというのが一昔前までは、ある意味で常識でした。しかし最近では、積もった雪の性質がその後の気象によってどう変化するかを予測できるいろいろなモデルが発表され、それがどうも雪崩予測に使えるという状況になってまいりました。

### 表層雪崩の発生



- ・ **積雪内に弱層を含む場合**  
霜ざらめ雪、表面霜、  
雲粒のない降雪結晶、大粒のあられ、  
濡れざらめ雪
- ・ **多量の降雪時**

資料 3-7-3

### 通行規制基準

国道453号 支笏湖畔道路

| 札幌<br>(石狩・空知・後志支庁) | 注意報基準                             | 警戒基準                                              |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 雪崩                 | 24時間降雪の深さ<br>30cm以上               |                                                   |
| 大雪                 | 20cm以上<br>(12時間降雪、又は<br>12時間積雪の量) | 40cm以上<br>(山間部で30cm以上)<br>(12時間降雪、又は12時<br>間積雪の量) |

連続降雪20cm以上とき、警戒態勢  
連続降雪40cm以上とき、通行止

国道39号 24時間以内の積雪が  
30cm以上(平地) → 警戒態勢  
50cm以上(平地)、30cm以上(傾斜面) → 通行止め

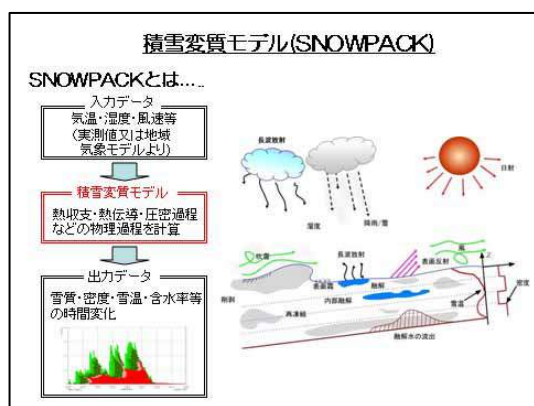
経験則 ⇒ 客観的判断基準(雪崩発生危険度指標)

資料 3-7-4 (拡大資料添付)

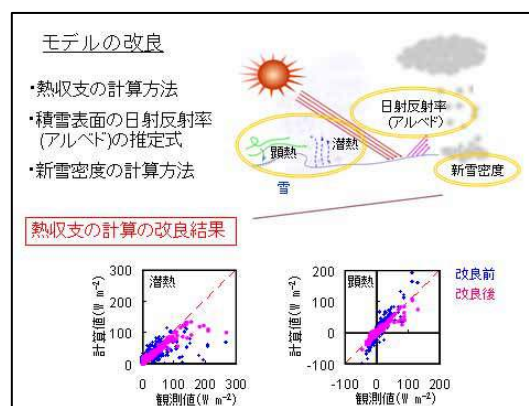
今回使用いたしますモデルは「スノーバック」という、まさに積雪を意味する名前のモデルです。これはここに示しました気象データをモデルに入力してやりますと、積雪の構造に関する情報が出力されます。積雪表面や中での熱収支など、実際に起きているいろいろなプロセスをほぼ全部組み込んである、完成度の高いモデルです。このモデル自体はスイスで開発されたものです。つまりスイスアルプスの非常に標高の高い、乾いた雪に対してつくられたモデルということもあって、数年前に我々が導入した当初は、例えば新潟のように少し湿った雪には全然合わないというような問題が次々と出てまいりました。そこで、スイスとの共同研究という形で、モデルに含まれる物理プロセスやパラメータをいろいろと吟味いたしました。

例えば積雪表面に入射した日射がどのくらい反射するかを示すアルベードですとか、降ってきたばかりの新雪の密度。それからこれが実は一番大きかったのですが、熱収支を計算する方法に大きな問題が見つかりました。スイスでは雪が融けるプロセスをあまり考えていなかったのが大きな原因のようです。そういったものを全部いろいろと改良いたしました。その結果を示したのがこの図になります。

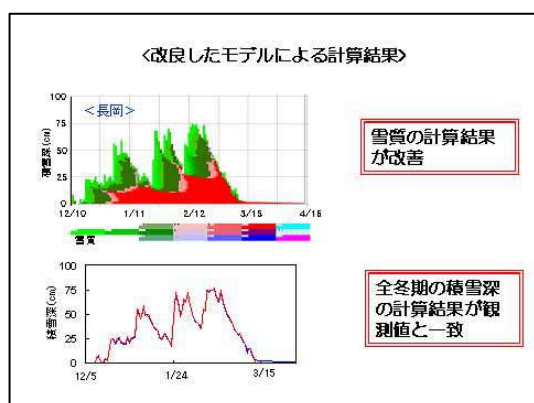




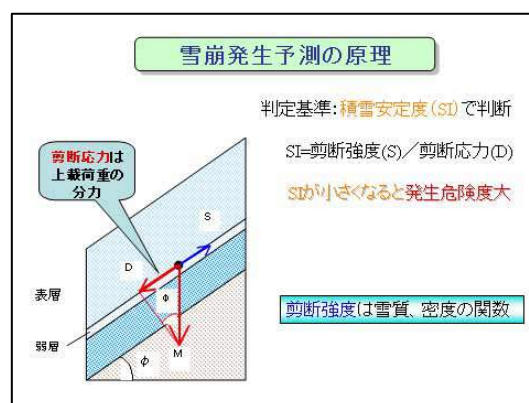
資料 3-7-5 (拡大資料添付)



資料 3-7-6 (拡大資料添付)



資料 3-7-7 (拡大資料添付)



資料 3-7-8

まず、雪質ですけれども、これは長岡の雪質です。緑色が乾いた雪質で、赤色がざらめ雪になります。当初は計算結果にざらめ雪が出力されないという状況でしたが、ここに示した12月から3月の結果のように、実際の観測結果とかなり合うようになりました。雪の深さも、測定と計算結果が非常に合うようになり、日本でもかなり実用に耐えるようになってきたというのが、今日ご紹介いたします研究の出発点です。

皆さんよくご存じのように、斜面に積もった雪が落ちようとする力とそれに耐える力の比を積雪の安定度(SI)といいます。これがだんだん小さくなってくると、雪崩の発生危険度が大きくなって参ります。ここで大切なのは、耐えようとする剪断強度は雪質と密度の関数であるということです。密度の変化は雪の温度に依存いたします。多量の雪が積もると下のほうの積雪は落ちようとする力に耐えられなくなりますし、中に弱い層があるとそこを境に雪崩が発生いたします。

積雪がどれくらいの割合で縮んでいくか、これを圧縮粘性係数といいます。このモデルにはこういった式が組み込まれています。水分を含み濡れた雪の場合はこのようになり複雑です。本当にここまで必要かなという気もいたしますけれども、個々の雪の粒径、結合しているボンドの数や太さなど、実にいろいろな要素が組み込まれています。

片や降ったばかりの雪については、非常にシンプルな関係が使われています。これは昔、北海道大学の低温科学研究所にいらっしゃいました小島先生の式です。この他にも日本では篠島さんもこのような形の式を提案されていますが、両者の違いはそれほど大きくあり

ません。とりあえずここでは、圧縮粘性係数についてはこれらの式をそのまま使うことにいたします。

一方、こちらはモデルに入っております積雪の強度をあらわす式です。先ほどは積雪の密度がどのように変化していくかを表現する式をご紹介しましたが、こちらは密度が変化するに伴ってどれくらい強さが変化していくかをあらわした式です。これはもともとはカナダで得られた式で、我々も当初はこの関係を使いました。そうすると、ある程度危ない、雪崩の発生危険度が大きいという状況はわかるのですが、何日経過しても危険な状況がずっと続いてしまうという結果になりました。このため、通行止めを解除できない状況が、極端な例では1週間以上続くというケースもあり、どうもこれはおかしいということになりました。

**Snow Viscosity**

**Old Dry and Wet Snow**

$$\eta_s = \frac{N_s \rho_s}{4} \left( \frac{r_s}{r_f} \right)^2 \left( \frac{l_n + 2r_f}{l_n} \right) \eta_o$$

$$\eta_o = \frac{\sigma_1^2}{8(T_s - T_c) F_s^2 \sigma_{crit}} e^{-\frac{9}{8} \left( \frac{1}{T_s - T_c} \right)}$$

(Lehning et al., 2002)

**New Snow**

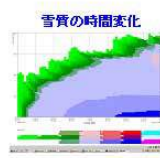
$$\eta_s = 0.007 \rho^{(4.75 - T_c / 40)}$$

(Kojima, 1975)

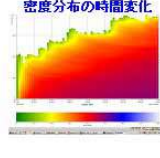
$$\eta = \eta_0 \exp(0.0253 \rho - 0.0958 T)$$

$$\eta_0 = 3.44 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad (\text{Shinojima, 1967})$$

資料 3-7-9 (拡大資料添付)



雪質の時間変化



密度分布の時間変化

**SI = F (雪質; 密度)**  
(Kamien and Johnson, 2002)

**SIの時間変化**

せん断強度

$$\sigma = K \rho^{2.01} \exp(-0.235 \theta)$$

$K=9.40 \times 10^{-4}$  (新雪、こしまり雪、しまり雪)  
 $K=4.97 \times 10^{-4}$  (ざらめ雪)  
 (Yamanai and Endo 2002)

$$\sigma = K \exp(1.41 \times 10^{-3} \rho)$$

$K=3.91 \times 10^{-2}$  (こしもざらめ雪、しもざらめ雪)  
 (Abe et al. 2005)

積雪の安定度

$$SI = \frac{\sigma}{W \cos \theta \sin \theta}$$

$\sigma$  : 雪質の上層剪断力  
 $\theta$  : 斜面角

資料 3-7-10 (拡大資料添付)

そこで、積雪の強さと密度の関係については、日本で実際に行われました研究成果を用いることにいたしました。この関係では、密度が大きくなるにつれて、積雪の強度がこれまでよりかなり大きくなります。この式を入れて計算を行いました。

一方、積雪が落ちようとする力は、考えている場所での積雪層の厚さ、密度と斜面の傾斜角度さえわかれば計算できますから、積雪の安定度〔SI〕を全層にわたって求めることができます。ここでは事例解析ではなく、非常に単純なケースを考えます。計算条件としては、降ってくる雪の量が、この場合は降水量ですけれども、1日当たり 20 ミリから 60 ミリといろいろ変化させます。大ざっぱに言いますと、降ってくる雪の量が1日あたり 20cm から 60cm に対応いたします。気温はマイナス 20℃から 0℃、斜度は 10 度から 50 度の範囲を考えます。実は、モデルにはこの他にも日射量、上からの長波放射量が必要となりますけれども、これは冬期間の標準的な値を入れることにしました。そうして、それぞれの場合についての積雪

**SNOWPACK calculation**

**Variables**

Total Precipitation : 20 – 60 mm/day

Air Temperature : -20 – 0 ℃

Slope Angle : 10 – 50 deg.

Short & Long Wave Radiation

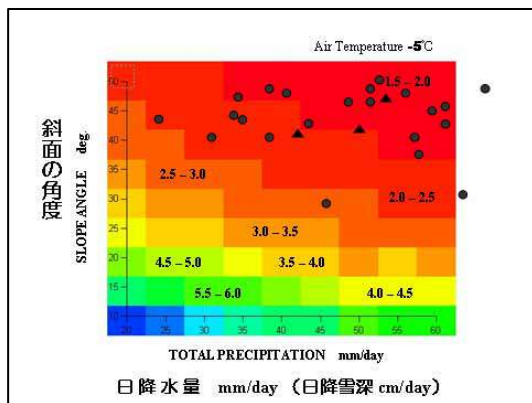


**Stability Index  
(Avalanche Warning)**

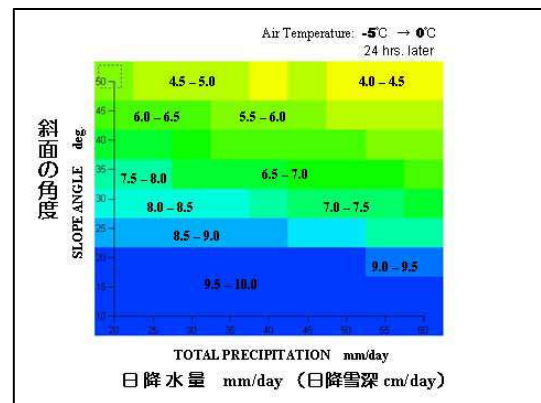
資料 3-7-11

安定度の計算を行ったわけです。

これがその結果です。気温がマイナス 5℃のケースで、縦軸が斜面の傾斜角、横軸が 1 日の降水量です。例えば、1 日当たり 40cm の雪が積もった場合、対象とする斜面が 40 度ですと、そのときの安定度は 1.5 となります。今までの研究から安定度が 1.5 より小さくなりますと、雪崩発生の危険はかなり高いと言われています。図上に黒丸で示したものは、北海道で実際に雪崩が発生したときの例です。丸は気温が大体マイナス 5℃であったケースで、0℃程度とやや高めであった例は三角で示してあります。この結果からは、大体 SI が 2.5 以下になると、雪崩発生の危険はかなり高くなるということがわかります。



資料 3-7-12

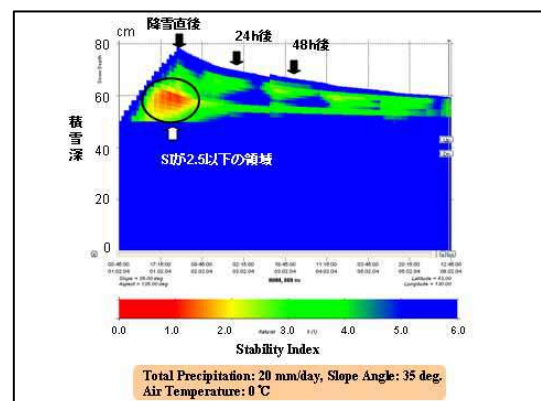


資料 3-7-13

先程の図は雪がやんだ直後の安定度でしたが、その後 1 日たったときの安定度の状況を示します。気温はマイナス 5℃から 0℃に変化させましたが、横軸と縦軸は全く同じです。1 日たつと、安定度の値はこのように非常に大きくなっています。1 日後には完全に安全な状況になったということが示されたわけです。

この変化の様子を時系列で見てみましょう。これは、気温が 0℃のもとで 1 日に 20cm の雪が降った場合に、角度が 35 度の斜面で積雪内部の安定度がどう変化するかを示したものです。この時点で雪が降り出しました。実際にこの場合は、事前に 50cm ぐらい積雪があったものとしております。雪が次第に降り積もり、24 時間後に雪が止みます。一方、これは安定度の値ですが、積雪深の増加に伴って、安定度の低い、つまりかなり危険な部分が出てきますが、12 時間経過しますともうほとんど安定に近づいていることがわかります。

以上が大体の結果です。

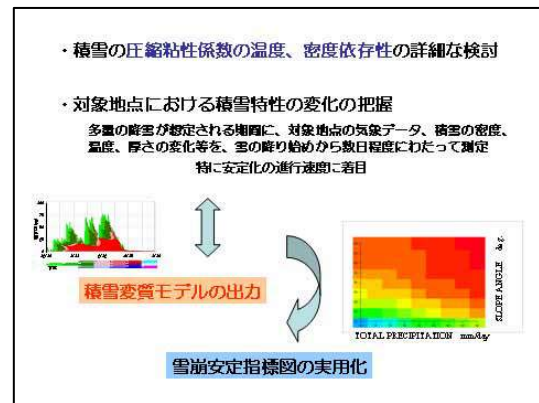


資料 3-7-14

今のはマイナス5℃のケースをお見せしましたけれども、全ての条件のもとで先にお示しいたしました指標図を作ることができます。

ただし、圧縮粘性係数や積雪強度の密度依存性については、今後も詳細な検討やデータの蓄積が必要です。

先程、時々刻々安定度が変化している状況をお見せしましたが、それが実際の現象をどの程度再現しているかを検討するにあたっては、雪崩発生危険度の高いときを狙って積雪の断面観測を例えば1時間毎に長期間実施することが必要となります。そうしたデータの集積によって、今回ご紹介いたしました手法と成果が実用に耐えうるものになるのではと考える次第です。以上です。



資料 3-7-15（拡大資料添付）

「中村：どうもありがとうございました。続きまして、雪崩予防杭の有効利用等について、株式会社アルゴスの下村さん、よろしくお願いします。」

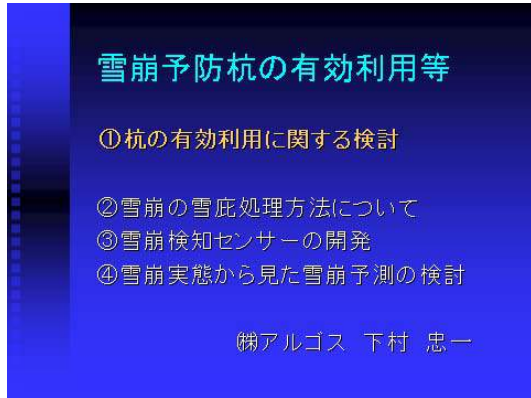
## ○パネラー下村様

下村でございます。去年10月に新潟県新井市(現在の妙高市)に転勤して参りましたが、その年は大雪に見舞われ、多くの雪崩を経験することができました。アルゴスでも結構大変でした。大小様々な雪崩が発生したため、その対応が難しく、幾つかの問題を発見することができました。今回は、その一例として雪崩予防杭の有効利用に関しますもの、雪崩の現象を検知するセンサー、そして雪崩の予測についてです。今日は、時間の関係があり全部お話しすることはできませんので、雪崩予防杭についてお話しします。

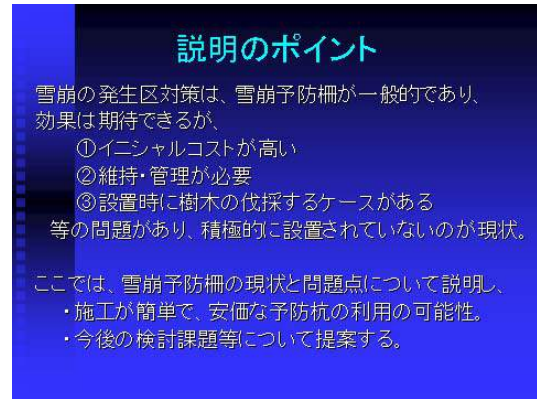
まず、予防柵の特性ですが、予防柵は表層雪崩対策として多く使用されております。しかし、現状では、設置費が高く、施設も大きくなりすぎるなど問題点も多いようです。また、予防柵を設置しても雪底処理などの維持管理が必要になっています。施設を設置する場合、樹木を伐採するケースも発生しています。大きく育った木は、雪崩の防止効果が大きい期待できるものですが。これらの点から予防柵の設置は制限されているようです。このため、まだ多くの地区で雪崩危険斜面が存在しています。そこで雪崩予防杭を利用する方法について提案するものです。

まず、予防柵と杭の特性について考えてみます。一般に予防柵は表層雪崩を対象にしています。その設計積雪深は柵と同じ高さになっています。ところが、杭の高さは全層雪崩を対象にしているため積雪深に対し0.8から0.7程度です。要するに杭の上部に積もった雪は表層雪崩として発生してもやむを得ない、という考え方です。





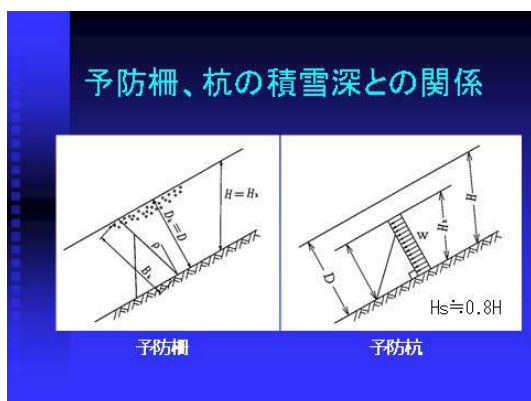
資料 3-8-1



資料 3-8-2

この場合、小規模な雪崩を想定しています。

予防柵の場合は、図に示すように、積雪層全体を抑える形になっています。これが現状の積雪深を求める方式です。その中には積雪層が形成されます。一方、杭は、その上層にも層が形成されます。杭の場合は、全層雪崩を防止し杭上部に形成された層の部分が発生（表層雪崩）してもやむをえないという考え方です。



資料 3-8-3

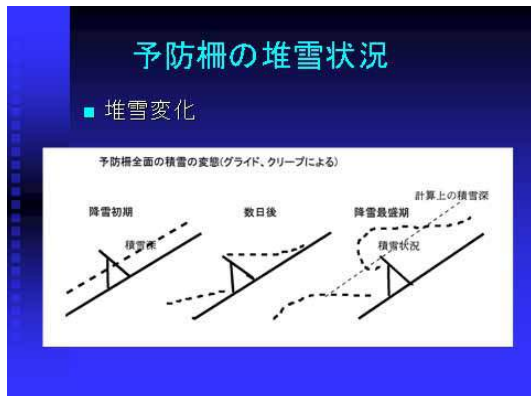


資料 3-8-4

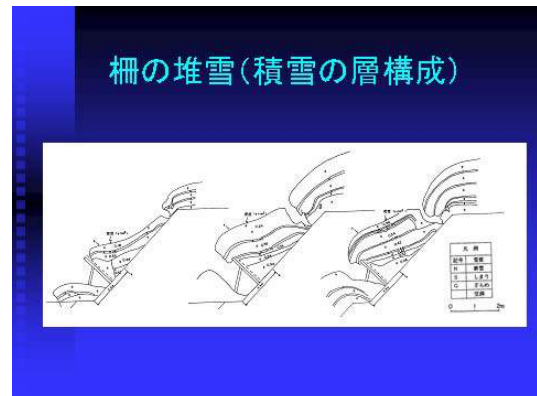
実際の柵等に積もった状況を示しました。柵に多くの雪がたまっています。特に、柵上部の積雪を処理すれば雪崩の心配はなくなります。北海道のように気温の低い地方では別として、気温の高いところでは、このような形態で発生することが多く見られます。柵が設置されていても雪底処理が必要になります。このような雪底の張り出しは、柵が斜面上部に設置されている場合には、特に要注意（雪底の崩落により斜面積雪を誘発し雪崩となって発生する）です。

では、気温の比較的高い地方における予防柵前面の雪の積雪形態について見てみます。ここに漫画を書いて見ました。基本的には柵の前面に積もった雪は斜面と平行に積もるものです。しかし気温の高い地方では、積雪開始時には斜面と平行に雪がつもりますが、数日経過すると積雪は柵に移動します。つまり、斜面に積もった積雪がグライド（地表と積雪面とのすべり）により移動したことを示しています。気温が高いと、この現象は大きくなります。

その上に雪が積もると柵前面に多く堆雪するようになり積雪はオーバーハングします。これが雪庇です。この雪庇が雪崩の発生原因になります。



資料 3-8-5 (拡大資料添付)



資料 3-8-6 (拡大資料添付)

これは、昔、土木研究所新潟試験所（現、雪崩・地滑り研究センター）で実施した56年豪雪での結果です。さっきと同じように、柵の上部には雪庇が発達し、積雪の層形成は緩やかになります。緩やかになることは、雪崩が滑りにくいことを示しています。

ここで言いたかったことは、構造物の前面はグライド等の現象により積雪層の構成が緩やかになり表層雪崩が発生しにくい状態になります。これは、あくまでも北陸とか東北の気温の高い地方で多く見られます。



資料 3-8-7



資料 3-8-8

これは、現地の写真です。柵の前面には雪が積もってグライド等により下部は空洞、上部には雪が多く積もっています。このような場合、柵上部に発達した雪庇が滑り落ちて雪崩が発生するケースがあります。その一方で柵の前面には、雪がたまって滑りにくい層が形成されているのが特徴です。つまり柵前面の層形成が緩やかになると、柵の高さが多少違って、雪崩の発生にはあまり影響しないものと思います。たとえば設計積雪深が4mの地区に、設計積雪深用の柵（4m）と3.5m用の柵を設置した例を示していますが、雪崩の発生はなく、雪庇処理で対応する程度でした。このように柵の高さが多少変わっても、構造物の影響により積雪層が変態するため雪崩の発生は少ないものと思われます。

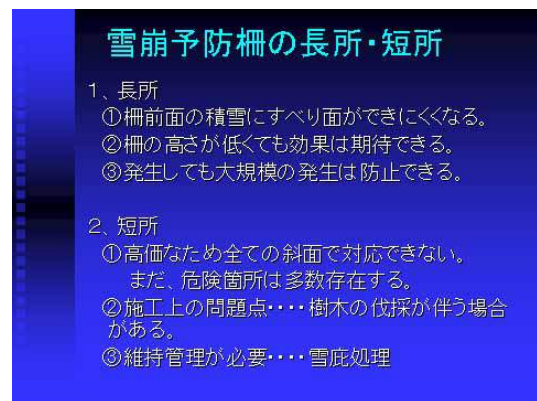
これは雪庇の処理です。このような処理が一般的に用いられています。

雪崩予防柵は、先ほど言いましたように柵前面の積雪が緩い層形成になるため発生しにくい状況にあります。したがって低い予防施設でも雪崩が発生しにくい状況になります。したがって、杭による対応も可能になるものと考えられます。たとえ雪崩が発生しても規模は小さいものと思われます。

また、予防柵の短所は、前にも説明しましたように施設費が高いことと、雪崩予防柵は、一般には発生区の山頂部分に設けるため、そこまでの運搬費も大きな問題になっています。そのため設置率が低い原因の一つになっていると思います。



資料 3-8-9



資料 3-8-10

では、杭について説明させていただきます。杭は、全層雪崩を防止します。要するに、杭の防止効果で大規模な雪崩を抑止することを目的としています。また、杭の効果として、前に説明しましたように杭前面の積雪がグライド等により積雪層が変態し緩やかな層が形成され雪崩の発生しにくい状況になります。このため杭があることにより雪崩の抑止効果が大きいものと思われます。小規模な雪崩が発生した場合は、下方で簡単な防止施設（雪堤等）で対応することが可能になるため、今後、杭による対応が十分考えられます。また、杭は価格的には非常に安価なことと、環境にも効果が期待できる、という観点から大いに利用して欲しいと思います。

以上のように杭を利用する場合、いくつかの調査検討が必要になりますが、その効果として樹木を伐採しなくてもよい、施工費が安い。また、自然木を利用した場合、景観、環境にも優しい等優れた点が多いことです。今後、大いに利用されたいものです。

一方、問題点としては、大雪になり柵上部に多量の雪が発生した場合です。この場合、前にも説明しましたように積雪の量は少ないものの、小規模な雪崩の発生は十分考えられます。このため小規模な雪崩対策の検討が必要になります。このような場合、一般的には道路際に雪堤あるいは土堀を設けることなどの工法があります。小規模な雪崩対策としては十分な対応が可能だと思います。

また、もう一つの利点としては、間伐材の利用です。これを利用することにより経済性、環境等到大いに貢献出来るものと思います。

雪崩予防柵は、先ほど言いましたように柵前面の積雪が緩い層形成になるため発生しに



くい状況にあります。したがって低い予防施設でも雪崩が発生しにくい状況になります。したがって、杭による対応も可能になるものと考えられます。たとえ雪崩が発生しても規模は小さいものと思われます。

また、予防柵の短所は、前にも説明しましたように施設費が高いことと、雪崩予防柵は、一般には発生区の山頂部分に設けるため、そこまでの運搬費も大きな問題になっています。そのため設置率が低い原因の一つになっていると思います。

では、杭について説明させていただきます。杭は、全層雪崩を防止します。要するに、杭の防止効果で大規模な雪崩を抑止することを目的としています。また、杭の効果として、前に説明しましたように杭前面の積雪がグライド等により積雪層が変態し緩やかな層が形成され雪崩の発生しにくい状況になります。このため杭があることにより雪崩の抑止効果が大きいものと思われます。小規模な雪崩が発生した場合は、下方で簡単な防止施設（雪堤等）で対応することが可能になるため、今後、杭による対応が十分考えられます。また、杭は価格的には非常に安価なことと、環境にも効果が期待できる、という観点から大いに利用して欲しいと思います。

**杭による雪崩防止の考え方**

- ①全層雪崩の防止
- ②大規模雪崩の防止
  - ・杭の抑止効果
  - ・杭前面の雪は変態しやすいためすべり面が形成しにくい。
- ③小規模の雪崩は維持管理で。

有効的な利用方法を検討する

資料 3-8-11

**杭を利用した場合の得失**

- 1、長所
  - ①大規模雪崩を防止する効果がある
  - ②樹木を伐採せず有効利用できる
  - ③施工が簡単で維持費が安価
  - ④間伐材が利用できるため環境に配慮
  - ⑤景観にも配慮される
- 2、短所
  - ①大雪等の場合、安定化処理が必要
  - ②小規模雪崩対策が必要(雪堤等)
  - ③間伐材の使用の場合、耐久性に問題

資料 3-8-12

以上のように杭を利用する場合、いくつかの調査検討が必要になりますが、その効果として樹木を伐採しなくてもよい、施工費が安い。また、自然木を利用した場合、景観、環境にも優しい等優れた点が多いことです。今後、大いに利用されたいものです。

一方、問題点としては、大雪になり柵上部に多量の雪が発生した場合です。この場合、前にも説明しましたように積雪の量は少ないものの、小規模な雪崩の発生は十分考えられます。このため小規模な雪崩対策の検討が必要になります。このような場合、一般的には道路際に雪堤あるいは土堀を設けることなどの工法があります。小規模な雪崩対策としては十分な対応が可能だと思います。

また、もう一つの利点としては、間伐材の利用です。これを利用することにより経済性、環境等に大いに貢献出来るものと思います。

これは杭です。3本杭で構成しています。現地では3m程度の積雪深に対し十分効果を発揮しています。



資料 3-8-13



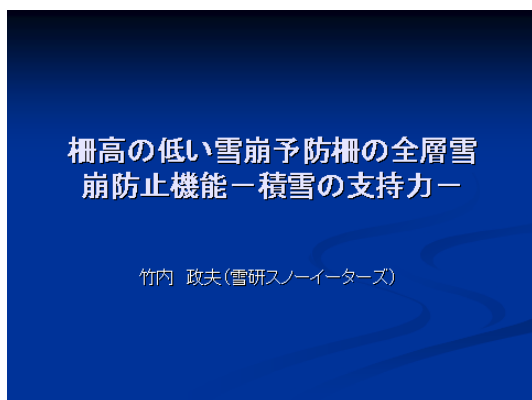
資料 3-8-14

このように安価で、効果が期待できる杭の利用を提案させていただいています。  
では、これを使用する場合、どのような検討が必要になるかについてお話しします。まず、雪崩を予防する区域と、杭の設置位置の検討です。どこに、どの範囲に設置するかと言うことです。次に、設置する間隔、設置高さの検討が必要です。また、より効果的な設置する方法、維持管理の方法等についての検討も必要になります。これらをクリアーすることにより有効的な利用が可能になると思います。今後の展開を期待します。以上です。

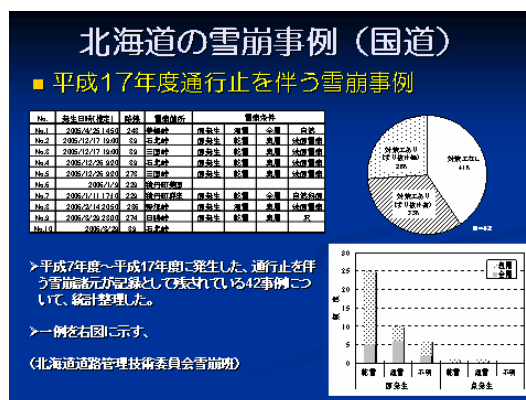
「中村：どうもありがとうございました。続きまして、柵高の低い雪崩予防柵の全層雪崩防止機能、積雪の支持力というテーマです。」

## ○パネラー竹内様

雪研スノーイーターズの竹内と申します。この際、会社の名前を日本語に直しますと、雪を研究し雪を食して飯の種にしている者どもということです。スノーイーターズという意味ではまさに皆さんと同類かと思えます。これからお話しいたしますのは雪崩柵です。今、下村さんのお話を非常に興味深く聞いていたんですけども、やや似ている点があると思います。(以下、パワーポイント使用)



資料 3-9-1



資料 3-9-2 (拡大資料添付)

北海道の国道に何らかの被害を与えた雪崩は、H7 から H17 年の約 10 年間で 42 例ほどの

事例があります。北海道道路管理技術委員会の雪崩調査班がまとめたものをご紹介しますと思います。雪崩発生は未対策箇所では41%ですけれども、実際は雪崩対策施設のあるところのほうが59%で、対策工の箇所で雪崩が多く発生して道路に被害を与えているという問題がございます。その中の雪崩柵をすり抜ける雪崩が、いま北海道で一番問題になっています。それともう一つ、全層雪崩についての対策と全層雪崩についてお話しします。

写真はすり抜け雪崩ですけれども、短い時間に大量の雪が積もった場合に発生する雪崩です。雪崩柵を完全にすり抜けて道路に落ちてきます。



資料 3-9-3



資料 3-9-4

この写真は、それと同じような面発生乾雪表層雪崩です。すり抜け雪崩を雪崩柵のないところでは密度の高い樹林の間をも流れ落ちて、こういうふうな形（デブリ）になります。写真は支笏湖で2005年に発生した雪崩です。こういった雪崩が、道路延長4kmぐらいの範囲内で31カ所で道路がデブリに埋まっていました。これは鹿の死骸ですけれども、この中に44頭の鹿が埋まっていました。この雪崩の幾つかは、実際に鹿の行動が雪崩の引き金になったものも観察されています。

すり抜け雪崩対策としてどういうことを今やっているかといいますと、流動化した雪がこの柵の間をすり抜けてくるわけです。柵の横張り材は以前は板材であったと思いますが、実はパイプになっています。パイプというのは、流体に対する抵抗係数は最も小さいわけです。現在は抵抗係数を上げてやろうという考えで実験されています。雪崩柵の背面にこういったエキスパンドメタルや金網を張り付けて実験的に研究されています。

この写真が、その実験的にやられている例です。こっちは完全にすり抜けているんですけれども、雪崩をとめていることは間違いないです。これは、今日来られている寒地土木研究所の松沢さんのグループでやっていますので、詳しいことは松沢さんに聞いていただきたいと思います。

もう一つの問題は全層雪崩です。この写真は結構大きい法面全体の雪が暖気と雨で水が浸透して地山をすべり面として発生した雪崩です。

問題なのは、柵があっても先ほどのすり抜け雪崩も道路に雪崩が落ちてきていますけれども、この写真の例は柵があるから発生しやすくした例です。これは、最初に柵がある下

の斜面で雪崩が発生した後でここからも雪崩が発生した例ですけれども、高い柵を設置した場所で、全層雪崩が発生しています。要するに、積雪全体から雪崩柵が頭を出しているということが雪とつながりを切ってしまうって、雪崩を発生しやすくしているということになります。

全層雪崩対策の問題点

- 柵高が大きすぎることの弊害: 柵下の雪崩、景観を阻害、景観上設置が許可されないこともある (国立公園) (何とかならないか?)
- 斜面のグライド防止には低い凹凸でも十分

↓

豊富バイパスにおける 低柵高雪崩予防柵の検討  
前提 短時間に大量の降雪による新雪表層雪崩は  
気象条件から発生は無視できる。  
万一の異常気象には雪崩管理で対応

資料 3-9-5

雪崩予防柵の限界

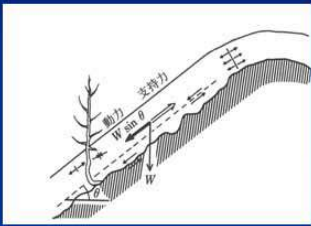


雪崩予防柵の下から発生した全層雪崩  
柵が積雪の支持力を切り雪崩を発生しやすくする

資料 3-9-6

今、全層雪崩対策の問題で柵高が大き過ぎるということと、特に景観を阻害するということがあります。雪崩対策は必要だけれども、景観を損ねるものは設置が許されなということが結構あります。それで考えたのが、全層雪崩というのは斜面のグライドが原因になっていますので、斜面の抵抗物を大きくしてグライドを防止すればいいわけです。雪崩を防止するのに本当は雪から頭が出るような高いものは全然必要ないわけです。この事例では標準柵で最も低い柵高 1 m にしていますが、私は 50cm でいいと思っています。

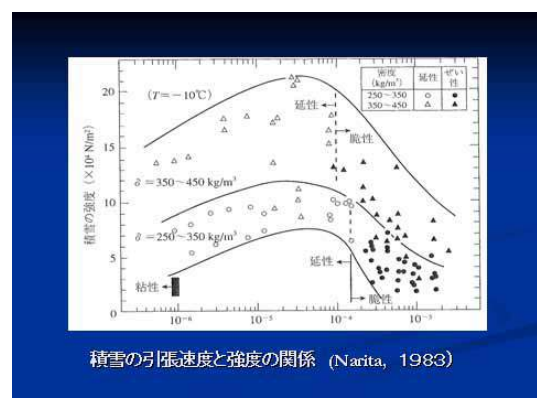
斜面上の積雪のつりあい



全層雪崩はグライドにより発生  
動力: グライドを促す  $W \sin \theta$   
支持力: グライドを抑える  
斜面の凹凸、植生  
積雪の粘着力  
積雪層の支持力は大さい  
(Narita, 1983)  
→ 低高欄の優位性ある?  
豊富バイパスで調査

(木下誠一、1988)

資料 3-9-7



資料 3-9-8 (拡大資料添付)

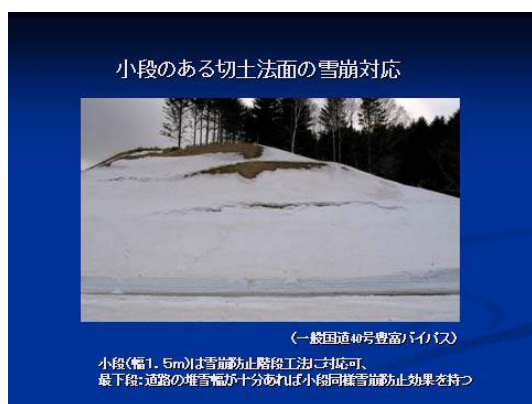
柵高 1 m の雪崩柵は豊富バイパスというところで試験実施しました。このような柵が雪の中に完全に埋まるような高さの柵高を低柵高と呼ばせていただいています。これは、あくまでも全層雪崩が問題になる箇所についてだけの考えです。すり抜け雪崩のハードによる防止対策は重要ですが、雪崩対策箇所での雪崩の発生が多いことからいえるように、これまでの対策工では対応できないのが現状です。今後実験研究を重ね順次整備されることになるとおもいます。そのことと並行して現在は、24 時間以内に、40cm から 50cm 積もるような大雪の場合は、雪崩管理によって未然に事故防止することが重要と考えています。



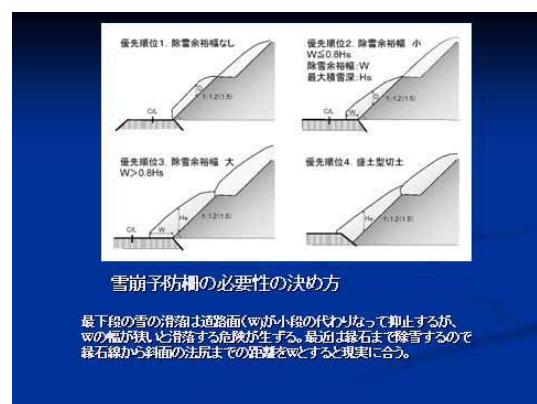
これは、全層雪崩の発生する条件として斜面積雪の釣り合い（力関係）を示す図です。斜面積雪に働く力には積雪の支持力というのが働いています。昔から知られていますがその支持力は、1 平米当たり 10～15 トンありますので雪崩柵でもこの支持力を使うべきでしょう。

実際に豊富バイパスで行ったのは、この小段のある切土斜面ですが、最下段の幾つかは全層雪崩の危険があったので、ここに低い 1 m の柵を設置しています。

例えばここ（路側の雪堤）を除雪で切り取ってしまっても、こういうふうになるとしますと、雪の抑えが無くなるので、この雪が滑り落ちる可能性があります。それで、ここ（縁石線）にグライドを防止するだけの路側堆雪スペースがあれば、小段と同じようにグライドを防ぐ働きをします。



資料 3-9-9



資料 3-9-10（拡大資料添付）

これは、ここ（雪の中）に柵が実際に立います。柵の高さは 1 m です。勾配は 1:1.5 から 1:1.8 まで幾つかあります。積雪の断面観測もしたんですけども、この柵の前後の雪は完全につながっていて、それからこの下のところにも巻垂れでできる空洞がこの辺に一つあるんですけども、グライドでできる空洞というか、すき間はほとんどないというような状況です。

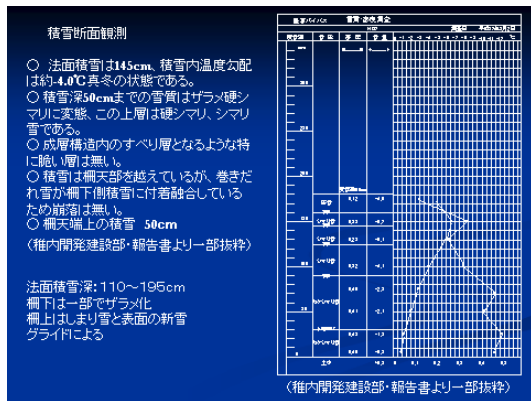
しまり雪が多くて、かたい状態でありました。完全にグライドが発生していないことが見てとれます。



資料 3-9-11



資料 3-9-12



資料 3-9-13 (拡大資料添付)

まとめ

気象: 平成16年の2月下旬は豊富アメダスの観測史上2位の積雪深135cm

○ 積雪内の雪質は地表面から80cm程度までがガラツ雪、その上はシマリ雪で、いずれも密度が高く安定している。  
 ○ クラック: 巻き垂れによる空洞は見られたが、欄上下のグライドの差によるクラックの発生は観測されなかった。欄上下の雪の結合が支持力となって、グライドを十分に防いでいる。

低欄高のメリット

○ 欄上下の雪が結合することによって雪崩を防ぐ支持力を増す  
 ○ 景観を損なわない  
 ○ 利用範囲が拡大する  
 ○ 経済的である

資料 3-9-14 (拡大資料添付)



資料 3-9-15

低欄高\*雪崩予防欄の発想

雪崩予防欄の有効・限界と疑問点

○ 全層雪崩 & 弱層起因の表層雪崩 (有効)  
 × 雪崩予防欄をすり抜ける(新雪) 雪崩がある(限界)

雪崩予防欄の下から発生する全層雪崩がある 何故か?

雪崩の種類によって限界ある→雪崩の種類(3)による対策が異なるべき?

\* 低欄高: 積雪層より低い欄高  
 全層雪崩に限定→低欄高雪崩予防欄

資料 3-9-16

ちょうど観測した年は、雪の記録的に多い年ですけれども、先ほど言ったように、重要なのは巻垂れ、グライドがほとんど発生していないということです。それは、雪が上でつながっていて、それが支持力として働いているからだと思います。

建設上のメリットですけれども、支持力を増すということ、景観を損なわないことから景観地でも利用することができるし、経済的であります。下村さんの杭と多少似たような部分もあるのではないかなと思うんですけれども、こちらのほうでもご検討していただければと思います。以上です。

「中村: どうもありがとうございました。雪崩発生危険度の評価法についてと雪崩対策について、西村先生、下村さん、竹内さんに話題提供いただきました。

それでは、これから討論に入りたいと思います。三つのテーマ全体で討論したいと思います。」



## ○意見交換

早川(長岡技術科学大学)：西村さんのご発表に質問したいのですが、大変高度なモデルを使って素晴らしい成果を挙げたことに敬意を表したいと思います。私の質問は、モデルを使つての結果として、横軸が降水量で縦軸が斜面の角度、そして中は危険度でしたね。これは、雪層のどこの危険度をあらわしているわけですか。

西村(パネラー)：例えばこの場合ですと、この時点で雪が降り出したわけですから、一番危ないのはこのあたりです。どんどん積もっている間に圧密も進行していきますから、必ずしも一番下層の安定度が低いというわけではありません。ケースバイケースになっております。

早川(長岡技術科学大学)：一番弱いところと考えるわけですね。

西村(パネラー)：はい。

早川(長岡技術科学大学)：もう一つ、一般にああいうふうな県道の図面を見ると、例えば一つ常識的に考えると、危険度が、[あるいはSI?]ですから、非常に小さな値であれば雪崩は間違いなく起きるだろう。逆に非常に大きな値ならば、雪崩は起きないだろう。そういうことを考えてみると、途中の状態というのは、恐らくある値を過ぎたら雪崩は起きるかもしれない。そしてまたある値を過ぎれば、雪崩の起きる確率は非常に高いものになる。こういうふうに言えるのではないか。そういうふうに分けて考えることができるのかどうか、どう思われますか。

西村(パネラー)：ある程度条件を限ってしまいましたけれども、実際に発生した例では、安定度が2.5以下になると、発生の危険度は高くなっております。それが何%の確率とはまだ申し上げられませんが、例えば今後1日に40cm程度雪が降るであろうという予測があった場合、管理している道路の斜度は40度ぐらいだからかなり危ないけれども、30度であればまだ大丈夫かなというような管理者にとって一種の目安になればと考えております。

早川(長岡技術科学大学)：データがもっと大きくなれば、二つの曲線があつて、こちらから上は危険で、こちらから下は安全ですね。間は中間的状況でも不思議はないというふうな遷移状態ではないでしょうか？

西村(パネラー)：ご指摘のとおりです。今、なるべく多くの雪崩発生データを集めることで、SIの値と雪崩発生危険度の関係を具体的にできればと考えております。

早川（長岡技術科学大学）：ありがとうございます。

松田（国際航業）：国際航業の松田と申します。今の早川先生のご質問に関連するんですけども、西村先生に（お聞きしたいのは）スノーパックの今後の現業部門での応用の可能性といいですか。・・・場所で雪崩の予測をやっているんですけども、個人的には、スノーパックが多分究極の方法になるのではないかと考えています。これがいろいろな事業主体で使えるようになれば、我々の仕事はなくなるというか、そういう形になると思います。その実用化のめどと、先ほど早川先生が質問されていましたがS Iの位置が多分クリティカルなところだと思います。非常に幅があるのでどのあたり、例えば2.5なのか、1.5なのか、1なのか、その辺のお考えをお聞かせ願えればありがたいです。

西村（パネラー）：まずスノーパック自体は、先ほど申しましたように、日本のモデルではなくてスイスで開発されたモデルです。いま我々は、基本的には共同研究をしようということで使っていますが、これをオペレーションベースで使うという話になりますと、越えなければいけない壁があります。ただすでに海外では使用例もかなりあるようですので、それなりの対価を払えば、使うことは不可能ではありません。

ただ、もう一つ指摘しておきたい点は、これは非常に精密なモデルで、いろいろなプロセスが組み込まれています。今回、私がお示ししました指標図は、かなり大雑把な話です。その程度であればこの「スノーパック」を使わなくても、ある程度予測は可能です。ただし、今度は、複雑な条件のときには使えません。目的によって、使用するモデルもかなり違ってくると思います。

それから、S Iをどこで決めるかというのはかなり大変な問題です。欧米では、S Iが1.5以下だと経験的に危ないと言われております。一方、私の例では、2.5以下だと危ないという傾向が出てまいりました。ただ、この結果は、気象条件をかなり単純化しております。

現在、気象協会の石本さんからデータをいただいて、個々の雪崩の発生事例について道路テレメーターなどの値を用いて、S Iがどの層でどう変わってくるか計算をしています。これを実際の発生例との比較することで、SIについてももう少し絞りこめればと思っています。ただデータ数も決して多くはありませんので、なかなか難しいとは思っています。

松田：ありがとうございました。

「中村：ほかに。」

町田（町田建設）：新潟の町田でございます。下村さんの雪崩予防杭の有効利用ということで今ご紹介されたわけですが、久しく忘れていた杭の効用が改めて提言されたと

ということで、我々現場の人間にとっては非常に心強い言葉だというふうに感謝しているわけであります。

というのは、パワーポイントの中にありましたけれども、高価なため、すべての斜面で対応が万全にできないという部分が雪崩予防柵の場合があります。それと、設計するのは安全値を重点に設計するわけですが、実際に地山を傷めてしまう。本当に大型な工事で、山を非常に傷つけてしまうという部分。それから、単体の柱自体が 200H 型とか 250H 型という 1 個の単重自体が 200kg 以上もするようなものが、45 度ぐらいの斜面で機械が使えないで人間の手で組み立てなければならない。これは、本当に高価なものになるわけです。

私どもは、雪崩防止法というのは、発生区、走路、堆積区の複合対策をやりなさい、まず上からとめなさいというような教えを受けたわけです。今はやりやすいほうからやっている嫌いが多々ありますので、ぜひともこういうものを世に広めていただき原点に戻ってもらいたいと思います。以上です。

酒井（雪センター）：私も、この予防柵については疑問を持っているのですが、何でこんな高いものをつくらなければいけないのかと思ってずっと気になっていました。特に中越地震の後に現場に入ったときに、でかい予防柵がみんなひっくり返っている。これは地震でひっくり返ったんでしょうけれども。

そういう現場を見ていろいろ疑問に思いながら、実は下村さんのパワーポイントにあったんですけども、信越線で直江津から乗ってきまして、まさにずっとあるんですね。これで直接、新井や関山などの雪の厳しいところを皆、乗り切っているんじゃないかと。これでいけるのではないのという感じを持っていて、まさに今日の下村さんと竹内さんのレポートを両方事前に読んだんですけども、本当に今日は我が意を得たりという感じがしました。ぜひきちんとした現場実験をうまくやって、早く切りかえていったほうがいいなと感じますので、よろしくご指導をお願いしたいと思います。

下村（パネラー）：どうもありがとうございます。できるだけよろしくお願いします（笑）。

「中村：ほかに。どうぞ。」

小川（アジア航測）：アジア航測の小川と申します。私も今の予防柵の件で下村さんに質問といたしますか、今後やっていていただきたいなと思ったことを申し上げたいのですが。予防柵を設計する際に、設計積雪深のぎりぎりのところまで物を持っていかないと、表層雪崩に対してはきかない。

一方で表層雪崩が発生する発生層は、大体 1 m とか数十 cm となっているから、そのあたりに柵があればきくだろうなと思っていただけたわけですが、今ご発表いただいている、予防柵

の上に雪が積もって、巻垂れ状態になって破壊面が水平になっていくと。逆に言えば、予防柵そのものが設計積雪深に対して7割ぐらいいきくのかどうなのかといった実験をしながら、新しく設計方法を変えていく必要があるのではないかと思ったんです。

むしろ竹内さんがやられている、これは北海道の雪ですから非常に問題も多いのでしょうけれども、仮にそれを上越の新潟の雪で考えた場合に、柵高の低い予防柵は全層と書いてありますが、これを表層と読みかえたときにどこまで使えるのか。ここの展望がもしありましたら。予防柵の1.2倍までは使えるというのであるならば、現在の設計積雪深の1.2分の1の高さで設計すればいいと思います。そういうほうに行くのかなと思ひまして、ご意見があれば伺いたいと思ったのですが、いかがでしょうか。

竹内（パネラー）：私は、巻垂れはそれほど恐ろしくないと思っています。巻垂れの状況があれば、表層雪崩にはならないだろう。ただ、巻垂れそのものが落ちたら問題になるのではないかと思うので、それについては考えなければいけないけれども、それは道路の近いところだけでいいのではないかと思っています。

それと、雪崩対策として一番考えなければいけないのは、この柵は何のためにつけるのかということだと思うんです。全層雪崩のためか、表層雪崩のためか。全層雪崩にはきいているけれども、表層雪崩にはきかないんだよと昔からよく言われていましたが、最近そのとおりだなと思います。ですから表層雪崩にまで持っていくのであればメッシュにするか、あるいは表面にナミを打たしておけばいいのではないか。そして一番下の道路に巻垂れが落ちたら困るようなところは、いろいろな雪氷対策はあると思います。先ほど酒井理事長さんが言われたように、そういうのをもっと組織的にきちんとした調査・実験をしないと本当はいけないことなんですね。

それと、杭についても言わせていただくと、支笏湖では杭に相当するような太い木がいっぱいあっても、ああいうふうに雪崩が落ちてくるわけです。ですから、杭はあくまでもやはり全層雪崩対策だろうなと思うんです。表層雪崩は、また別な考え方でいかなければいけないというのが、私の個人的な考えです。今度は下村さんから。

下村（パネラー）：先ほどの高さの話ですけれども、これは、北海道なんかによくありますね。ケースバイケースでやらなければいけない。いずれにしても、地域に合った高さの設計がこれから必要になるのではないかという気がします。

「中村：大分時間も迫っているのですが、あと1人ぐらい。」

町田（町田建設）：雪崩予防柵がいろいろとついているんですが、下村さんのパワーポイントの中に夏場の写真があったと思います。これはまだ柵が見えるんですが、雑草が柵に絡んで、そのまま冬を迎えるということになると、柵の防雪施設としての効果が落ちるわ

けです。ですから、こういう部分の管理をする人たちがメンテナンスという部分で、木は切ってはだめだと思うのですけれども、草は刈ってもいいと思うんです。ブドウとかツタが非常に絡まって、雪崩予防柵の効果を落としている部分が見られます。そういう部分も、これから広く現場の管理という面でしっかり言わないとうまくないのではないかと思います。

「中村：それでは、予定の時間になりましたので、第Ⅲセッションは終わりたいと思います。話題提供いただきました西村先生、下村さん、竹内さんに感謝いたします。それから、本日のTCワーキングにつきまして 50 件、39 名の方が論文をお寄せいただきました。皆様にも感謝を申し上げ、拍手で終わりたいと思います。どうもありがとうございました。」

## 4. 閉会

閉会挨拶：社団法人雪センター 理事長 酒井孝

雪センターの理事長をさせていただいております酒井でございます。雪センターのTC制度を通しまして、またそれに基づいてトーキングをやろう、あるいはワーキングをやろう、こういうふうに言ってきました。

私は、このレポートをもらって、一応自分なりに目を通しました。本当にすばらしいレポートだなと。やらなければいけないことがいっぱいゴロゴロ転がっているし、考えなければいけないことがあるということで、本当に意を強くしました。

また、これを受けてのワーキングがどんなに進められるか。今日は手探りですので、せっかくこれだけのことをやっていただきながら、時間は足りないし、言いたいことも十分に言えなかったし、いろいろなことがあると思いますけれども、ぜひ次の交流会の席で、「おい、もっとこうやれよ」というようなことを含めてご示唆いただいて、来年はもっといい会にしていきたいと思います。

非常に中身があるものですから、これは将来に向けて、いい会にしていきたいと思っていますので、今後ともよろしくご指導をお願いしたいと思います。また来年に向けていろいろ知恵がありましたら、ためておいてしっかり出していただきたいと思います。本日は、どうもありがとうございました。



—了—

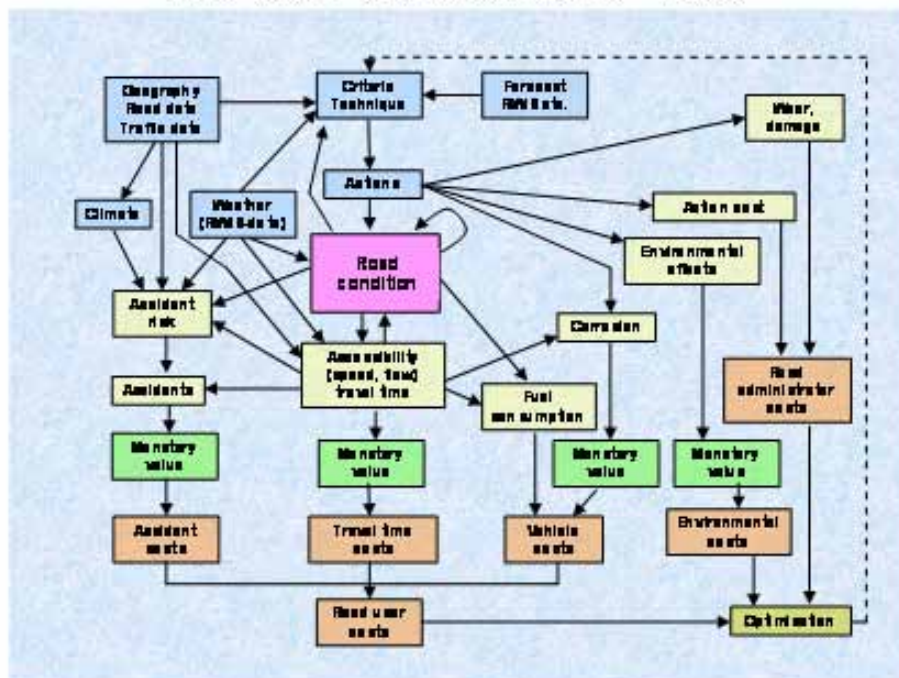


## ◇ 資料編

以下に、本編で使用した資料のうち、資料編で拡大し添付すると記した資料を示す。

### ・セッションⅠ 「冬期路面対策」

図-1 スウェーデンにおけるウインターモデル

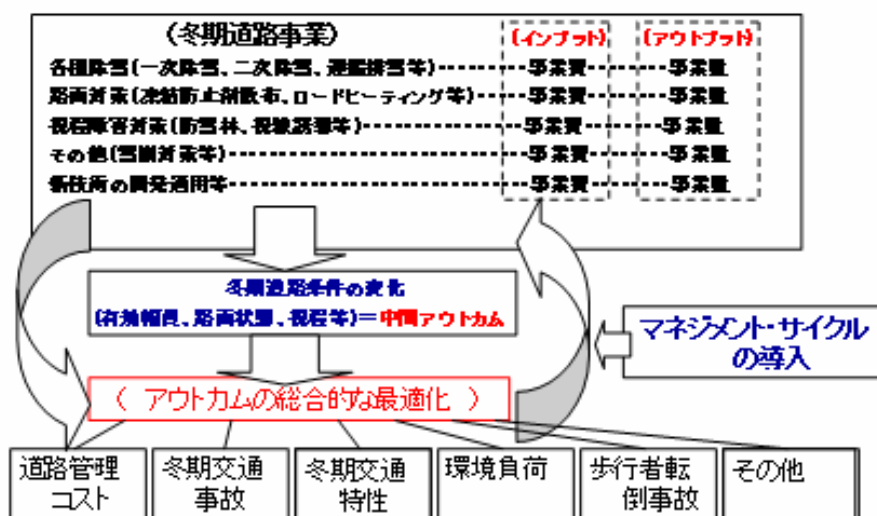


資料 3-1-3

図-2 「冬期道路マネジメント」のイメージ

## 「冬期道路マネジメント」

ー 道路管理コスト、冬期事故、冬期交通特性、環境負荷等の総合的な最適化 ー



資料 3-1-4

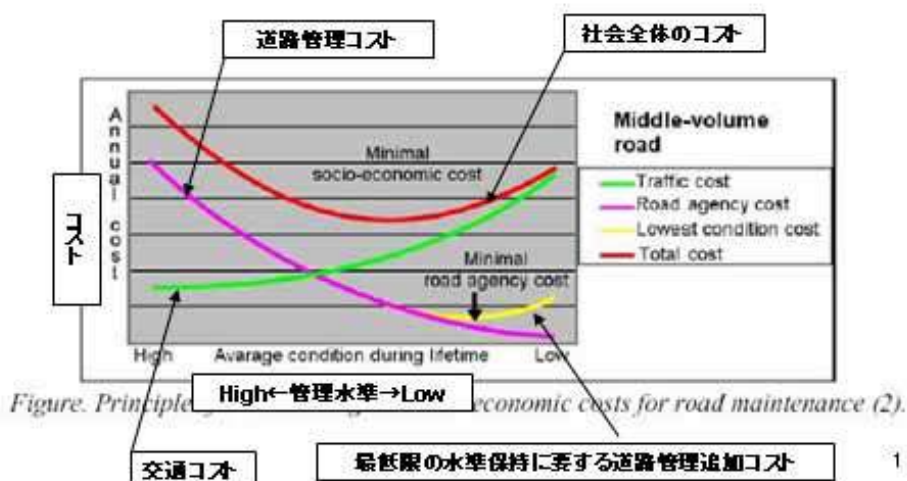
## これからの冬期路面管理

- 各府省の政策評価の導入
- 道路行政マネジメント
- 冬期路面管理への政策評価の導入
- プロジェクトサイクル(PDCA)の導入
- 冬期路面管理のアウトカムとは
- 評価指標

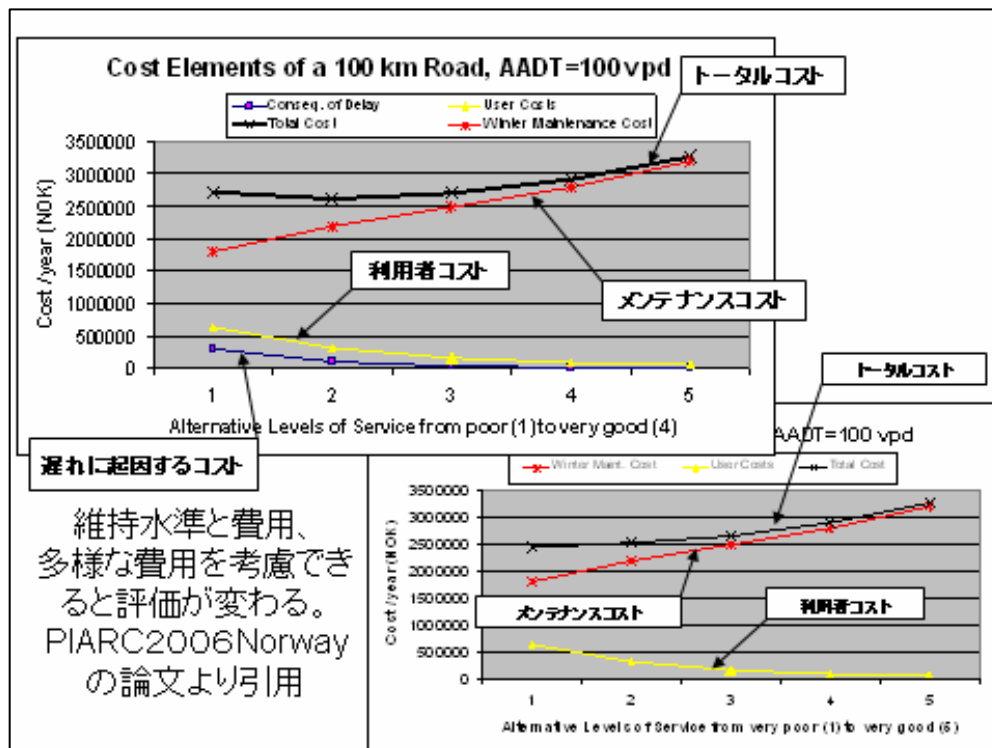


資料 3-1-6

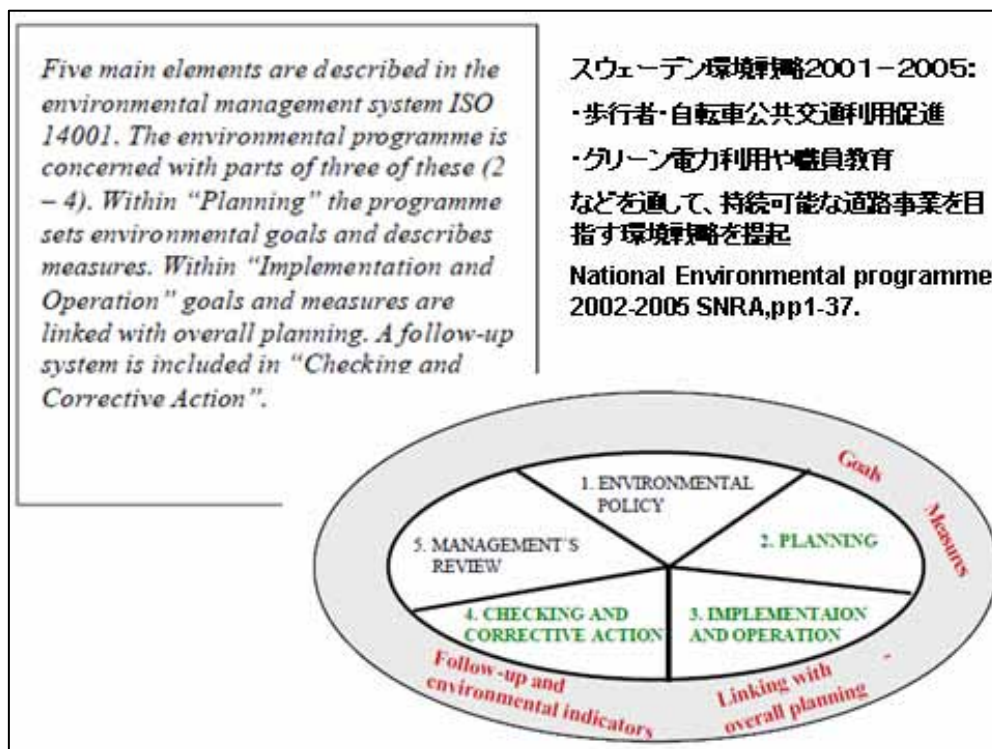
中規模交通量を対象にした、道路管理に必要な費用と、道路利用費用(事故・時間・運行)を勘案し、社会経済的負担が最少にするような概念。RoadexⅡ、Socio-Economic impacts of road condition on low volume roads, Oct. 2004 から引用。



資料 3-3-7



資料 3-3-8



資料 3-3-9

・セッションⅡ「住宅・利雪等対策」

### 被害状況の実例-1



※朝日新聞（2006/1/17）



※朝日新聞（2006/2/16）

資料 3-4-5

### 被害状況の実例-2

**トラブル 「窓ガラス約110枚が割れたのは設計者らの責任」  
建設途中の落雪事故を巡って住民が監査請求へ**

建設工事中の落雪に伴うガラスの破損事故を巡り、住民が監査請求するトラブルが福井県大野市で起きている。事故が発生したのは、大野市立有緒西小学校。2005年12月、屋根からの落雪で窓ガラス約110枚が割れた。2006年3月には、学校の建設に反対していた市内の住民6人が、設計を手がけたデザイン事務所（福井市）に支払った設計料約8000万円の正当性について監査請求を提起。この請求が4月に棄却された後、8月29日には、「積雪があっても落雪しない設計をしていたのに、屋根の雪が落ちて校舎のガラスが割れるなどの被害が出たのは不当契約だ」として、同事務所と大野市市長（当時）を相手取り、約8000万円の損害賠償を請求する訴訟を福井地裁に起こした。

しかし、住民らに訴えられていた大野市長は7月6日、任期切れを理由に選任。同市長の選任を控えたる月26日、住民側はいったん、損害賠償請求を取り下げ、事故後の建設工事費約6000万円の返還を市に求める監査請求の準備に改めて入った。

有緒西小学校を営むた聯合無償の建設に住民らとともに反対していた大野市議員の岸村輝子氏は、住民側が建設工事費の返還に監査請求を切り替えた理由を「より事後対応があり、損害賠償請求よりも勝てる可能性が高いため」と説明する。

これに対して同市は、「損害賠償請求の訴状も届いていないので、住民らの動きについては何も答えられない」とし

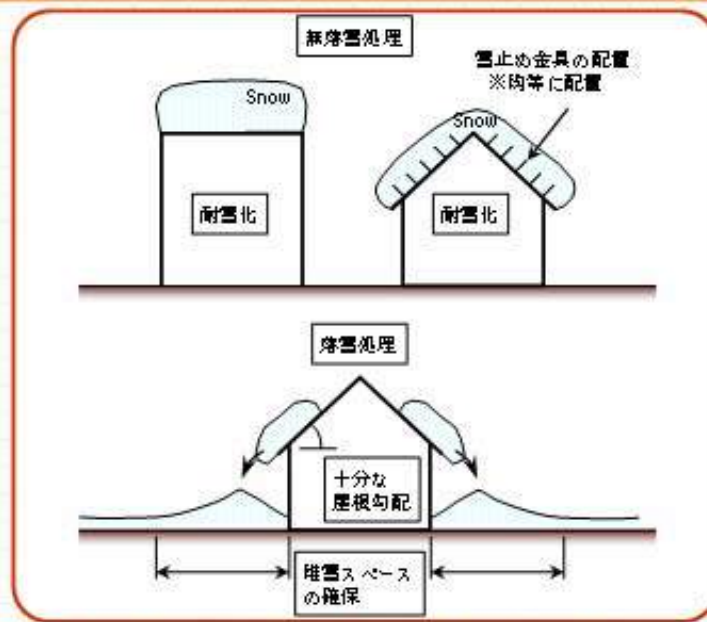


※日経アーキテクチャー 2006-7-24

資料 3-4-6



## 建築物設計時の留意点



資料 3-4-8

## 垂木ダクト集熱ー垂木ダクト屋根雪処理

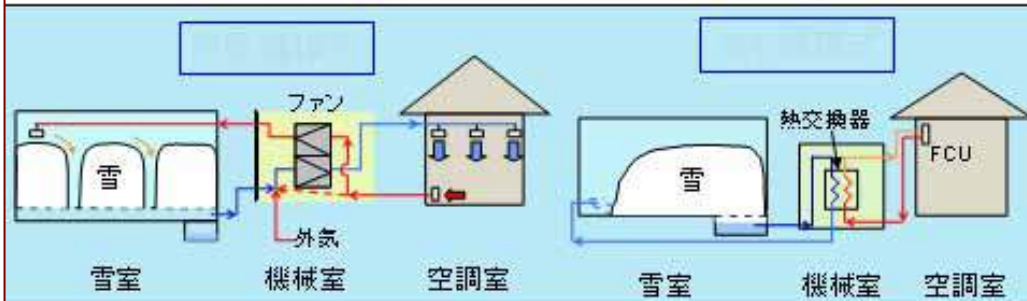
夏

冬



資料 3-5-4

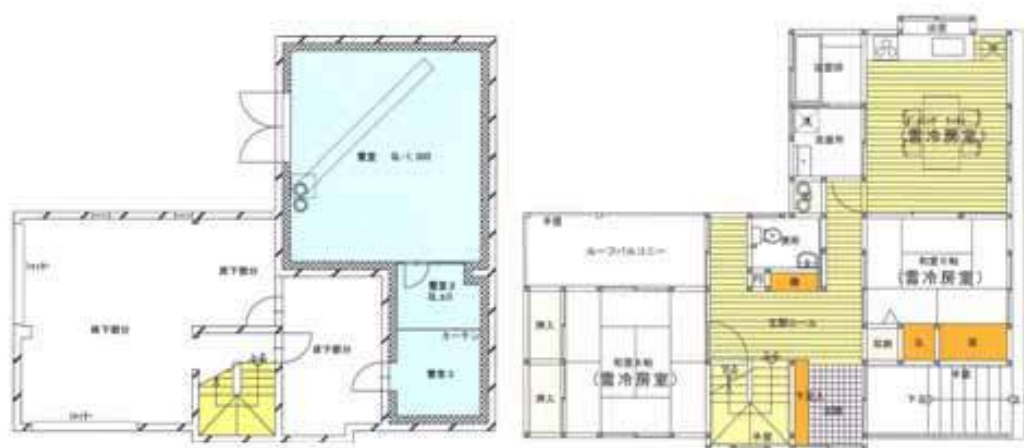
## 住宅雪冷房の基本形式



| 冷房形式  | 熱媒体 | 長所                                                                         | 短所                                                                                  |
|-------|-----|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 冷風循環式 | 空気  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気清浄効果</li> <li>・ 調湿効果</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 配管面倒（短距離のみ）</li> <li>・ 臭い、音が伝わる</li> </ul> |
| 冷水循環式 | 水   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 配管容易（長距離可）</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ “雪冷房らしさ” がない</li> </ul>                    |

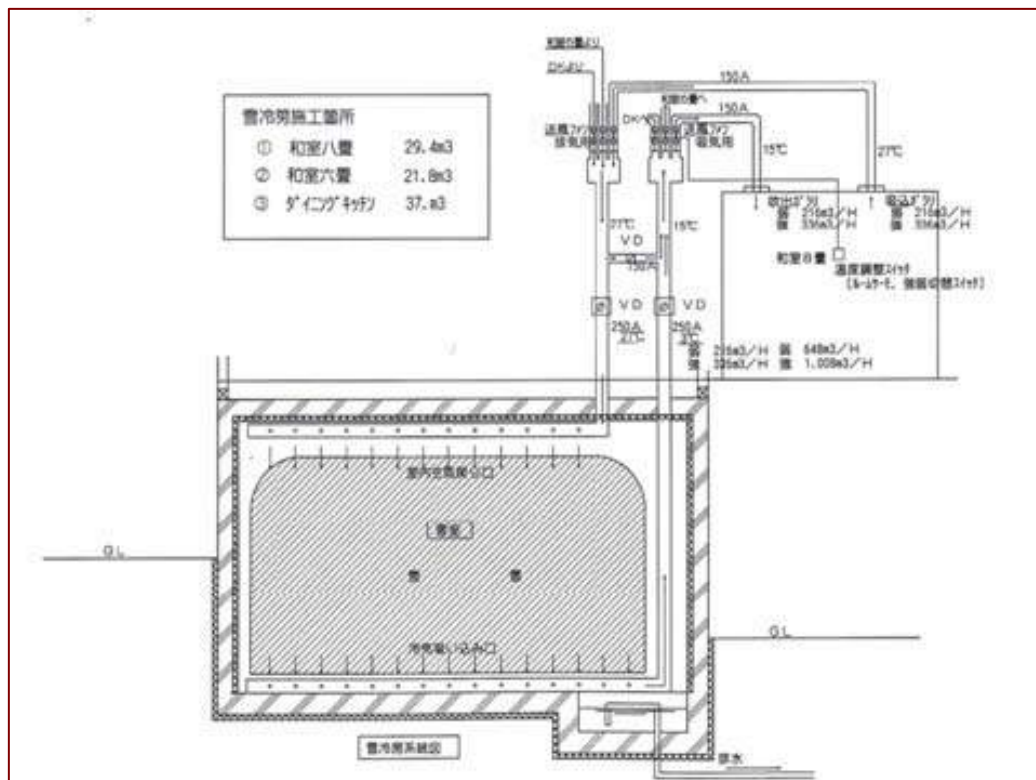
資料 3-6-4

## 雪冷熱エネルギー住宅



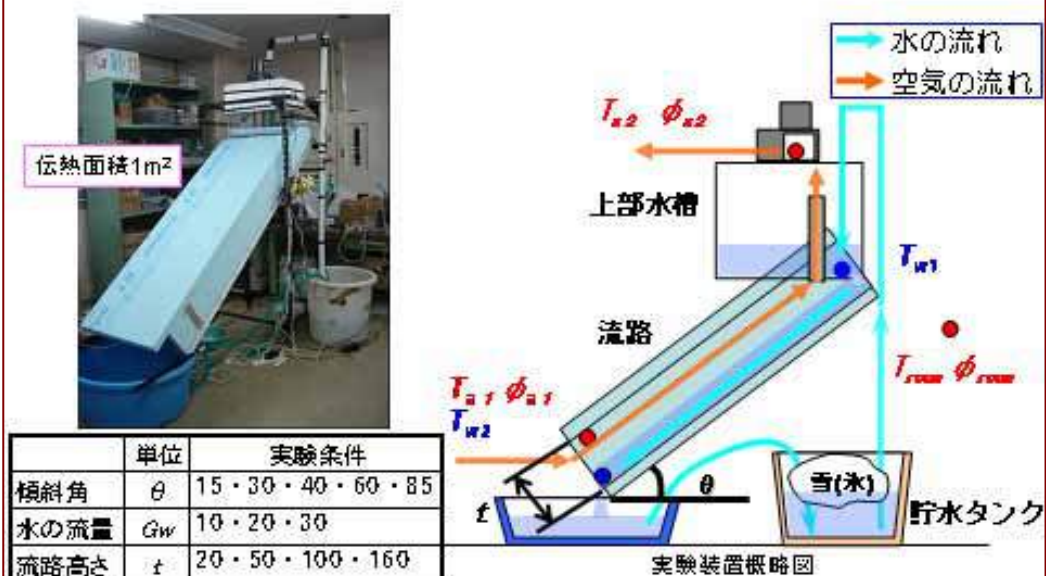
資料 3-6-5





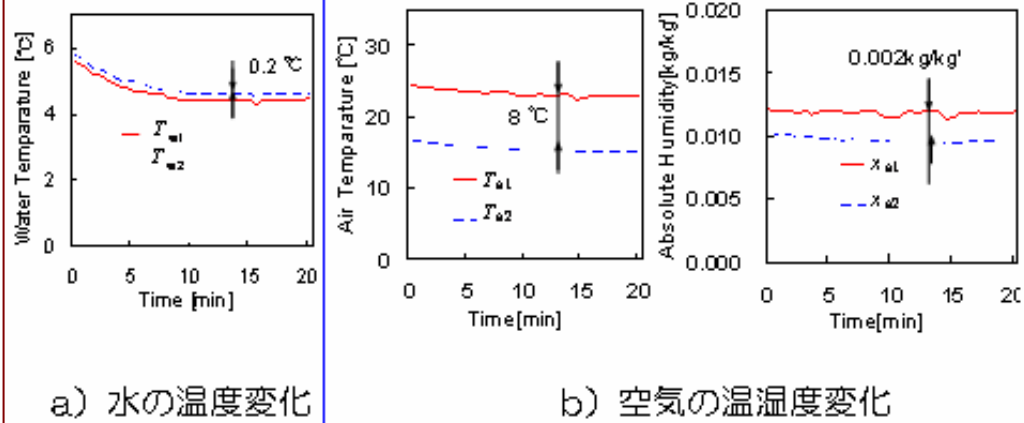
資料 3-6-6

## “せせらぎ”冷房実験



資料 3-6-11

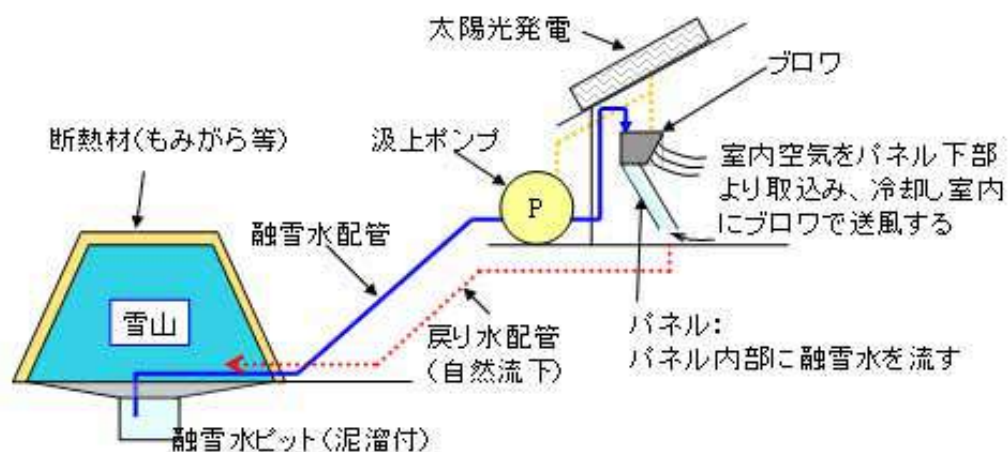
## 実験結果 - 温湿度環境測定 -



流路高さ： $t=20$  mm, 傾斜角： $\theta=15$  deg, 水の流量： $G_w=30$  l/minの場合

資料 3-6-12

## 完全自立型雪冷房システム構想



- 融水-空気直接熱交換装置の概念 -

資料 3-6-13

・セッションⅢ 「雪崩対策」

| 通行規制基準             |                                   |                                                   |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 国道453号 支笏湖畔道路      |                                   |                                                   |
| 札幌<br>(石狩・空知・後志支庁) | 注意報基準                             | 警報基準                                              |
| 雪崩                 | 24時間降雪の深さ<br>30cm以上               |                                                   |
| 大雪                 | 20cm以上<br>(12時間降雪、又は<br>12時間積雪の差) | 40cm以上<br>(山間部で60cm以上)<br>(12時間降雪、又は12時<br>間積雪の差) |

連続降雪20cm以上るとき、警戒態勢

連続降雪40cm以上るとき、通行止

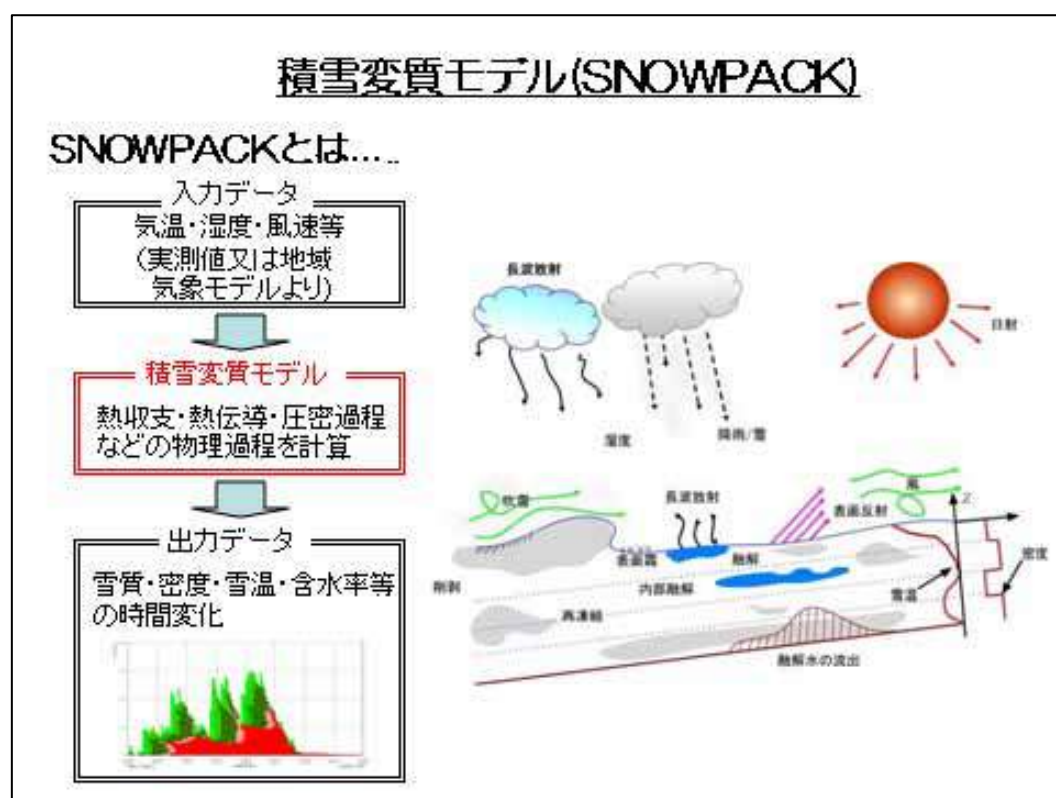
国道39号 24時間以内の積雪が

30cm以上(平地) → 警戒態勢

50cm以上(平地)、30cm以上(傾斜地) → 通行止め

**経験則 ⇒ 客観的判断基準(雪崩発生危険度指標)**

資料 3-7-4



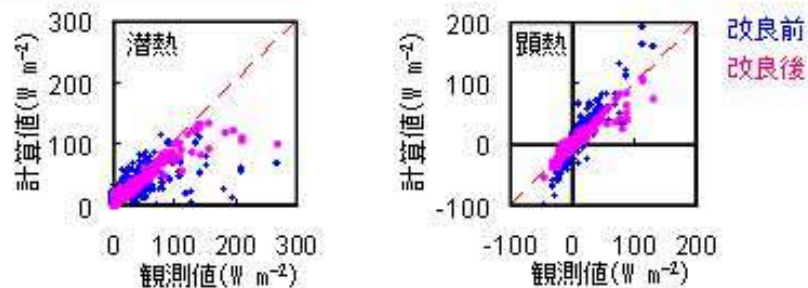
資料 3-7-5

## モデルの改良

- 熱収支の計算方法
- 積雪表面の日射反射率(アルベド)の推定式
- 新雪密度の計算方法

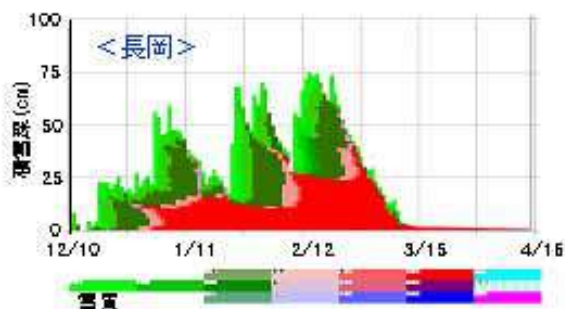


## 熱収支の計算の改良結果

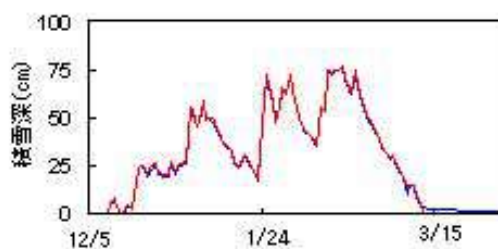


資料 3-7-6

## 〈改良したモデルによる計算結果〉



雪質の計算結果  
が改善



全冬期の積雪深  
の計算結果が観  
測値と一致

資料 3-7-7

## Snow Viscosity

### Old Dry and Wet Snow

$$\eta_s = \frac{N_3 \theta_1}{4} \left( \frac{r_b}{r_g} \right)^2 \left( \frac{l_n + 2r_g}{l_n} \right) \eta_o.$$

$$\eta_o = \frac{\sigma_1^3}{g_1(T_g, \sigma_1) F_\eta \sigma_{\text{max}}^2} e^{-\frac{Q}{R} \left[ \frac{1}{T_g} - \frac{1}{T} \right]} \quad (\text{Lehning et al., 2002})$$

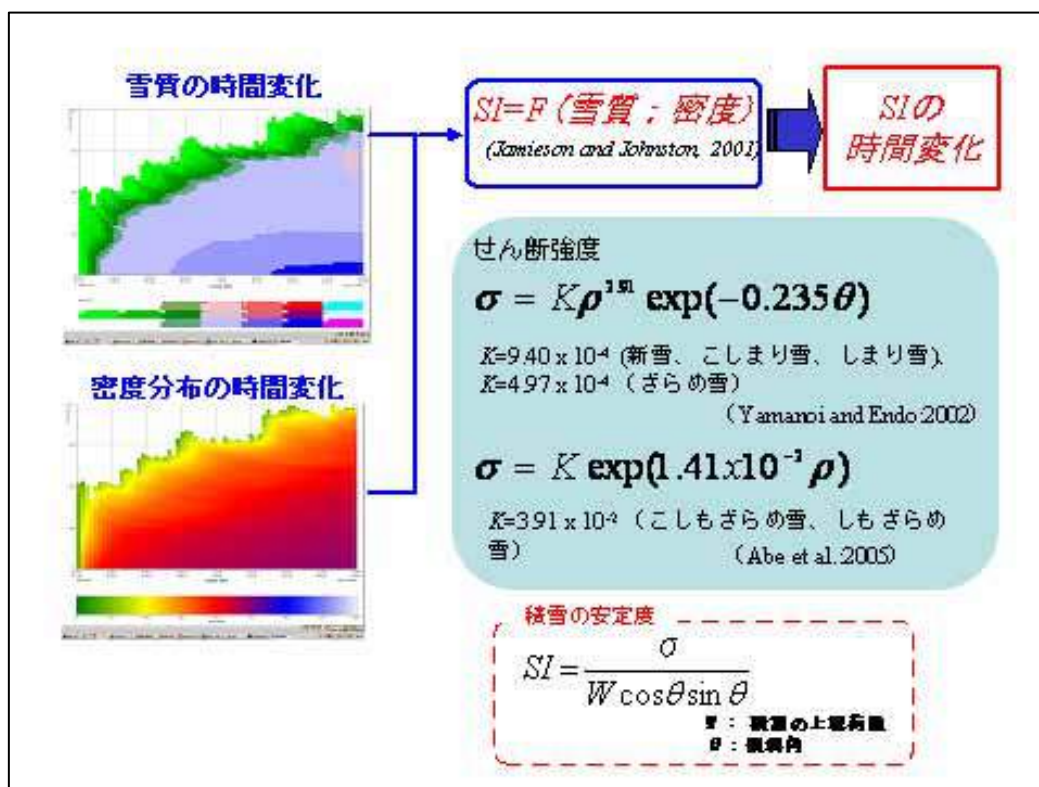
### New Snow

$$\eta_s = 0.007 \rho^{(4.75 - T_c/40)} \quad (\text{Kojima, 1975})$$

$$\eta = \eta_0 \exp(0.0253 \rho - 0.0958 T)$$

$$\eta_0 = 3.44 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad (\text{Shinojima, 1967})$$

資料 3-7-9



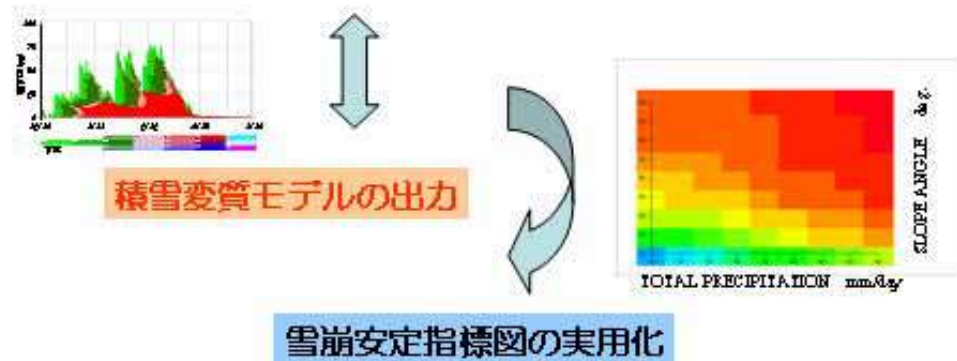
資料 3-7-10



- ・積雪の圧縮粘性係数の温度、密度依存性の詳細な検討

- ・対象地点における積雪特性の変化の把握

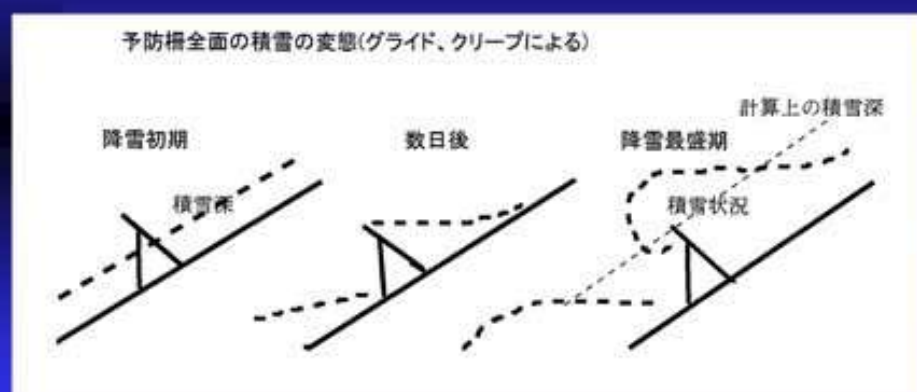
多量の降雪が想定される期間に、対象地点の気象データ、積雪の密度、温度、厚さの変化等を、雪の降り始めから数日程度にわたって測定  
特に安定化の進行速度に着目



資料 3-7-15

## 予防柵の堆雪状況

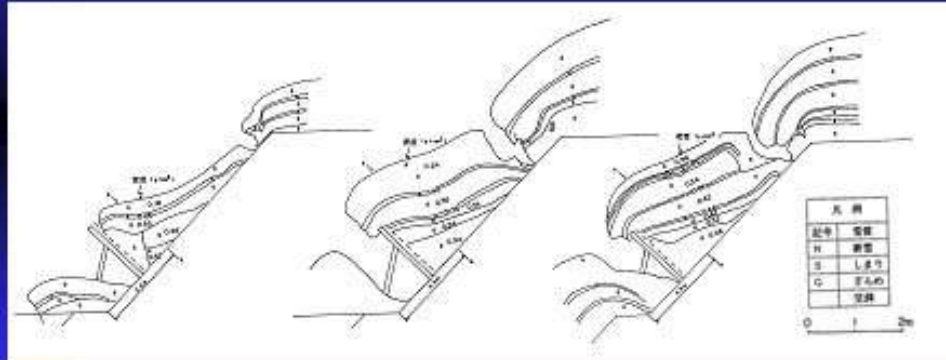
### ■ 堆雪変化



資料 3-8-5



## 柵の堆雪(積雪の層構成)

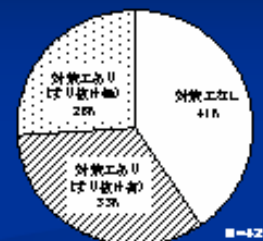


資料 3-8-6

## 北海道の雪崩事例(国道)

### ■ 平成17年度通行止を伴う雪崩事例

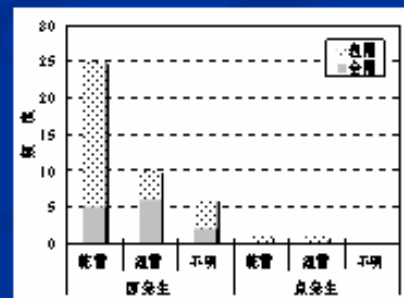
| No.   | 発生日(月・日)         | 路線  | 雪崩箇所 | 雪崩条件 |    |    |      |
|-------|------------------|-----|------|------|----|----|------|
| No.1  | 2005/9/25 1450   | 248 | 豊後峠  | 発生   | 湿雪 | 全層 | 白粉   |
| No.2  | 2005/12/17 19:00 | 39  | 石北峠  | 発生   | 乾雪 | 表層 | 決壊雪崩 |
| No.3  | 2005/12/17 19:00 | 39  | 三郎峠  | 発生   | 乾雪 | 表層 | 決壊雪崩 |
| No.4  | 2005/12/26 920   | 39  | 石北峠  | 発生   | 乾雪 | 表層 | 決壊雪崩 |
| No.5  | 2005/12/26 920   | 278 | 三郎峠  | 発生   | 乾雪 | 表層 | 決壊雪崩 |
| No.6  | 2005/1/9         | 229 | 後丹町峠 |      |    |    |      |
| No.7  | 2005/1/11 1740   | 229 | 後丹町峠 | 発生   | 乾雪 | 全層 | 白粉粉雪 |
| No.8  | 2005/2/14 2050   | 236 | 豊後峠  | 発生   | 湿雪 | 表層 | 決壊雪崩 |
| No.9  | 2005/2/29 2300   | 274 | 日輪峠  | 発生   | 乾雪 | 表層 | 沢    |
| No.10 | 2005/2/29        | 39  | 石北峠  |      |    |    |      |



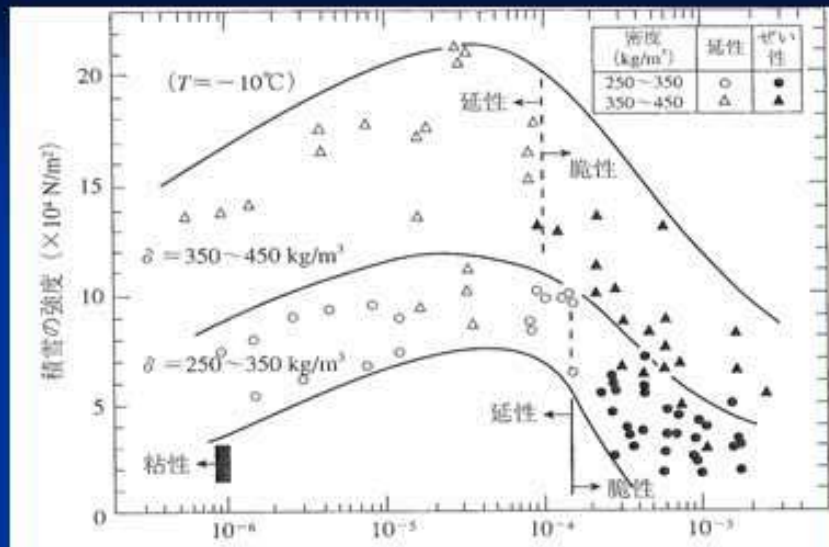
▶平成7年度～平成17年間に発生した、通行止を伴う雪崩諸元が記録として残されている42事例について、統計整理した。

▶一例を右図に示す、

(北海道道路管理技術委員会雪崩班)

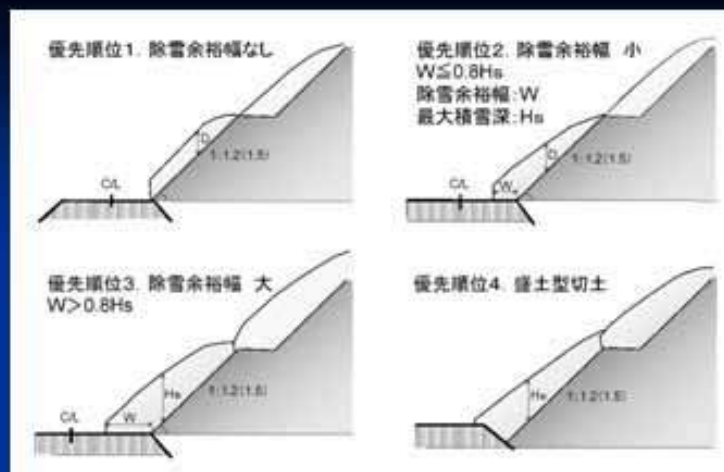


資料 3-9-2



積雪の引張速度と強度の関係 (Narita, 1983)

資料 3-9-8



### 雪崩予防柵の必要性の決め方

最下段の雪の滑溜は道路面(w)が小段の代わりになって抑止するが、wの幅が狭いと滑落する危険が生ずる。最近は縁石まで除雪するので縁石線から斜面の法尻までの距離をwとすると現実合う。

資料 3-9-10

### 積雪断面観測

- 法面積雪は**145cm**、積雪内温度勾配は約**-4.0℃**真冬の状態である。
- 積雪深**50cm**までの雪質はザラメ硬シマリに変態、この上層は硬シマリ、シマリ雪である。
- 成層構造内のすべり層となるような特に脆い層は無い。
- 積雪は柵天部を越えているが、巻きだれ雪が柵下側積雪に付着融合しているため崩落は無い。
- 柵天端上の積雪 **50cm**

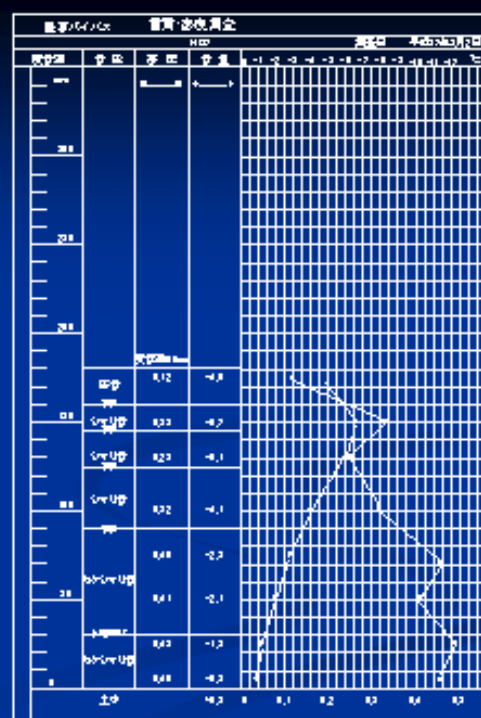
(稚内開発建設部・報告書より一部抜粋)

法面積雪深:110~195cm

柵下は一部でザラメ化

柵上はしまり雪と表面の新雪

グライドによる



(稚内開発建設部・報告書より一部抜粋)

資料 3-9-13

## まとめ

気象:平成16年の2月下旬は豊富アメダスの観測史上2位の積雪深**135cm**

- 積雪内の雪質は地表面から**80cm**程度までがザラメ雪、その上はシマリ雪でいずれも密度が高く安定している。
- クラック:巻き垂れによる空洞は見られたが、柵上下のグライドの差によるクラックの発生は観測されなかった。柵上下の雪の結合が支持力となって、グライドを十分に防いでいる。

## 低柵高のメリット

- 柵上下の雪が結合することによって雪崩を防ぐ支持力を増す
- 景観を損なわない
- 利用範囲が拡大する
- 経済的である

資料 3-9-14

