

### 3. TCワーキング

#### ◆セッションⅠ「雪崩対策」

中村 それでは予定の時間を少し過ぎておりますので、まだ何人か席にお戻りではないですけれども始めさせていただきます。ただいまから「TCワーキング」を開催させていただきます。

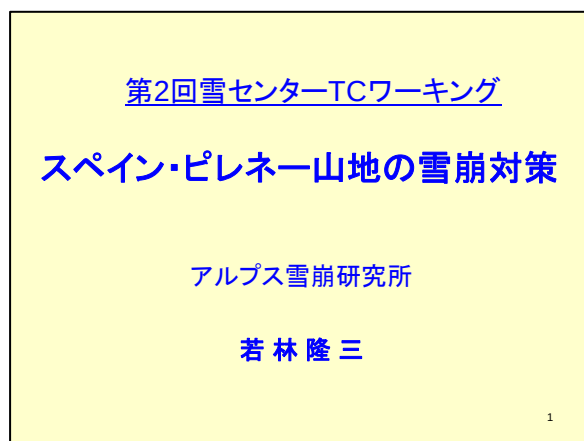
TCワーキングの進め方ですが、三つのセッションに分けて、それぞれのセッションを1時間程度で進行させていただきます。初めに各セッション3名のパネラーの方に1人7分程度で発表していただきまして、その後40分程度まとめて全体で討論ということで進めていきたいと思っております。討論では、この場で何か結論を出すということではなくて、さまざまな角度からいろいろなご意見をいただくという趣旨で進めていきたいと思っておりますので、よろしくお願いします。

それではセッションⅠを進めます。セッションⅠの進行は、私、雪センターの中村でございます。よろしくお願いします。セッションⅠは、アルプス雪崩研究所所長の若林先生、町田建設代表取締役の町田様、それから国際航業雪氷担当リーダーの松田様の3人のパネラーの方に発表いただきます。それではまず若林先生からよろしくお願いいたします。

#### 「スペイン・ピレネー山地の雪崩対策」

アルプス雪崩研究所 所長 若林 隆三 様

若林 こんにちは。現在、長野県白馬村に住んでおります若林です。今年6月にスペインのピレネー山地に視察に行っていました。そこで簡単にご報告したいと思います。



資料 3-1-1



資料 3-1-2

視察したところはピレネー山地。ピレネー山地はフランスの南部とスペインの北部の境にあります。私が行きましたのはこの丸印のヌリャとヴァルダラン。研究情報を交換したのはバルセロナです。このあたりはカタリョニャ州といいまして、フランコ政権下（1939～75）では地元のカタラン語が言語弾圧されスペイン語使用を強制されていました。独自文化の誇りが高く、いまはスペインの中でも自分たちのカタラン語第一で頑張っている地域です。

このカタリョニャ州のピレネー山地というのは、幅が145キロです。ヌリャというのはバルセロナから便利なところで、山岳観光地、スキー場として栄えている。それからヴァルダランというの

はフランスから大量のスキーヤーとか観光客が来るところで、流域はむしろフランス側を向いていて、言語もフランス語に近いアラネス語を使っているところです。



資料 3-1-3



資料 3-1-4

雪崩の死亡者は年に 5 人前後ですから、スイスなどの 10 人とか 20 人とは桁が違い、雪崩対策もやっと 20 年前ぐらいから本格化しています。雪崩については小国ですけど、一応他のヨーロッパアルプス諸国がやっているようなことはほとんどやっております。

そのカタルーニャ州の雪崩対策の中心は、州の地学研究所（[www.igc.cat](http://www.igc.cat)）です。そこのホームページを見ると、あらゆる雪崩対策が出てきて、これはカタラン語が先に来てスペイン語の説明が後に来る。英語の情報も一応あることにはなっているけれども、ほとんど空白です。



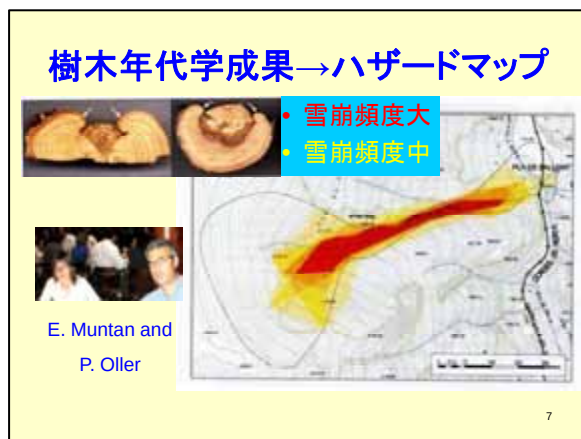
資料 3-1-5



資料 3-1-6

現在、20 年かけて縮尺 2 万 5000 分の 1 のハザードマップが 14 枚、それで一応雪崩危険地帯のハザードマップは完成したと言っております。それをカタルーニャの地学研究所の方がやっております。

フランスに CEMAGREF（セマグレフ）とか ANENA（アネナ）という研究所がありますが、フランスの隣国なので雪崩対策も雪崩防止等もかなりフランスの影響が強く、その方式でやっております。黄色から濃い赤色になるにつれて雪崩頻度が大きいということです。航空写真やら観察、樹木年代学的方法、いろいろな方法を駆使して、雪崩ハザードマップをつくってそれを公開しております。



資料 3-1-7



資料 3-1-8

左上にありますような雪崩で削られその後回復した樹木の年輪を解析していくと、雪崩は何年前に起こったかとか、雪崩の頻度がわかります。これは 30 数年前に私も用いた雪崩解析の手法です。この樹木年代学による解析を、現在、大規模に発展させてスペインでは使っているのです。薄い(黄色)のところは樹木の形から見た雪崩の境界として、濃く(赤く)なるほど雪崩頻度が高いところです。そういう研究をしています。

樹木を雪崩の記録計、センサーとして見ると、国土に数十万本以上の記録計がばらまかれるており、うまく使えばいいハザードマップができます。ある大きい雪崩道では数百本の樹木の解析をしなければならないということで、非常に金がかかり大変な労力も要る。けれども彼らはそれを実際にしています。

これ(資料 3-1-8)は人工雪崩 Avalhex です。右の破線のところを山岳鉄道がスリヤスキー場まで通っていて、その手前の急な岩だらけの斜面を人工雪崩で落として、鉄道を守ろうとしているわけです。それを酸素ガス・プロパンガスを使う Gazex とは違って、水素ガスを使ったバルーンをリモートで爆発させると、3m<sup>3</sup>の場合は TNT 火薬 3 キロ相当の威力が発揮される。2 シーズン順調に実績をあげたということでした。購入時は Gazex と同じぐらい値段がかかるけれども、メンテが非常に楽であると言っておりました。その急斜面現場やメンテ現場を見せてもらい、人工雪崩の情報を交換しました。

スペインのカタルーニャ州の雪崩対策の話を終わります。

**中村** 「スペイン・ピレネー山地の雪崩対策」というご発表でした。若林先生どうもありがとうございました。続きまして、「山を守る総合雪崩対策の検討」を町田様よろしくお願ひいたします。

#### 「山を守る総合雪崩対策の検討」

町田建設(株) 代表取締役 町田 誠 様

**町田** 町田でございます。「山を守る総合雪崩対策」ということで発表させていただきます。よろしくお願ひいたします。

## 山を守る総合雪崩対策の検討

町田建設株式会社  
町田 誠

資料 3-2-1

## わが国における防雪工の発展

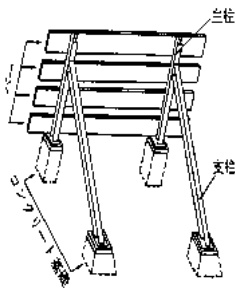
- 1960年代、38豪雪と初期の人工雪崩実験の成果を経て防雪工設置技術が生まれた。
- 56、59豪雪を経て防雪工は大型化し、基礎も巨大化した。(設計積雪深=30年確率積雪深はこの頃一般的となった。)
- 平成18年豪雪を経て、基礎工はますます巨大化する傾向にある。

資料 3-2-2

我が国における防雪工の発展につきましては、1960年代から盛んとなりまして、38豪雪あるいは(国道)17号の開通を機に、いろいろの実験等を踏まえて、そして基礎データによって設置技術が生まれてきております。その後56豪雪、59豪雪を経て、その豪雪を経過するたびに防雪工の大型化、それからあわせて基礎の巨大化が見られるようになりました。これは一つは設計積雪深のとり方が変わってきたというのも一部にあると思います。

また、近年では平成18年豪雪を経験して、現在でも基礎あるいは防雪施設の巨大化が進んでいる傾向にあります。

## なだれ予防柵の標準的タイプ



資料 3-2-3

## 1960年代に建設された予防柵



資料 3-2-4

これは初期の雪崩予防柵の標準的なタイプですが、基礎も単独基礎と称しまして本柱と支柱の単独基礎からなっております。これは1960年代に建設された予防柵でして、当初の予防柵です。今の防雪工にしてみると小型化ですけども、ちゃんと雪崩をブロックしているという写真です。

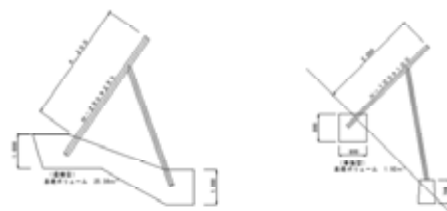
## 1960年代に建設された防雪工



資料 3-2-5

## 雪崩予防柵の設計例横断面図

現在 (56豪雪以後)      1960年代

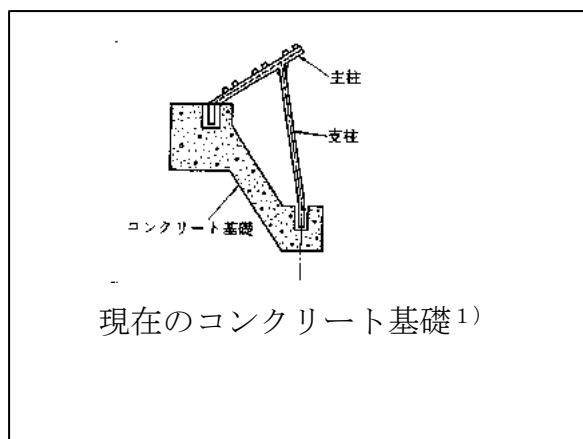


資料 3-2-6



近年、施設点検を毎年やっております、1960 年代に建設された防雪工が今もこういうふうにして機能を発揮している状況です。

これが現在の予防柵と初期の予防柵の違いですが、一つ大きく言えるのは、やはり設計積雪深のとり方によって柵が非常に大型化しております。これに合わせて基礎工も非常に大型化になっておりまして、当初、こういうふうに単独基礎という形がつなぎばりの入った一体化の基礎になってい



資料 3-2-7



資料 3-2-8

これが現在のコンクリートの基礎です。

これが施工の状況ですが、基礎の大型工とともに地山をこのように大がかりに掘削をし、そして物によっては鉄筋まで入れて強固な基礎工となっております。



資料 3-2-9



資料 3-2-10

これが 56 豪雪直後の雪崩予防柵ですが、こういうふうに本柱と支柱がつなぎばりで一体化されております。

次が今度は近年の防雪工ですが、本柱も支柱も 1 枚の大きなコンクリート板となっております。

### 最新防雪柵施工例



資料 3-2-11

### 最新防雪柵施工例



資料 3-2-12

これが現在施工されている防雪柵の施工例です。柵高も設計積雪深も 4.8m と、柵の高さも 5m 近いというような中で、この基礎工のボリューム自体も 1 基が当初の単独基礎ですと 2 立米から 3 立米ぐらいのコンクリートでしたが、今では 30 立米以上というような大型化になっております。対比していただくとわかるように、非常に大きな一体型の基礎になっています。

- ・ 防雪工とその基礎工の巨大化は雪崩危険度に対する安全性を著しく高めた。
- ・ 一方でこのような大型構造物の山腹斜面への設置は、山の自然環境と景観を損ねるのではないかとする危惧も否めない。
- ・ 雪崩に対する理解、新しい防雪技術の開発、総合的な雪崩防止対策、が求められている。

資料 3-2-13

### 防雪工技術見直しへの提言

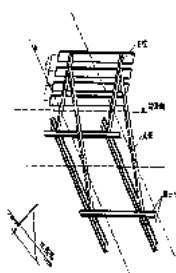
- ・ 基礎工の巨大化を避ける  
(根かせ式防雪工、防雪杭など)  
(フランス・スイスに学ぶ)
- ・ 総合的防雪工設置を  
(発生区、走路、堆積区)
- ・ 新しい技術の採用(スノーネットなど)

資料 3-2-14

防雪工と基礎工の巨大化は雪崩危険に対しては非常に安全性を著しく高めております。しかしながら、このような大型構造物の山腹斜面への設置は非常に困難を極めまして、あわせて山の自然環境と景観を損ねるという部分が危ぶまれております。雪崩に対する理解、新しい防雪技術の開発、総合的な防止対策が、やはり巨大化を阻止するということで求められているのが現状です。

防雪技術見直しへの提言ということで、ここに出させてもらっていますが、基礎工の巨大化を極力避ける。これには根かせ式という防雪工、それから防雪杭などもこれから紹介させていただきます。あるいは総合的な防雪工設置、諸外国はどんなことをしてあるのかというようなことをあわせてこれからお話しさせていただきます。

### 根かせ基礎 を見直そう。



資料 3-2-15

### 根かせ式防雪工



資料 3-2-16

これが根かせ式基礎ということで、コンクリートを使っておりません。こういうふうな根かせ工法によりまして地山を掘削して、そして主に山頂付近の発生区に設置することが多い柵です。これはグライド阻止ということが主目的です。

### 根かせ式基礎施工時の写真



資料 3-2-17

### 根かせ式防雪工施工状況



資料 3-2-18

こういうふうなT字型に根かせ式を入れまして、深さ 1m 前後の土砂を掘削します。そしてこの支え力によって、この柵をもたせるというようなやり方です。  
これが埋め戻しの状況です。

### 斜面に設置された根かせ式防雪工



資料 3-2-19

### 防雪杭を見直そう



資料 3-2-20

これが柵と杭を併用している状況ですけれども、やはり家の裏的な小規模なものにもこういうものが多く取り入れられております。

雪中の防雪杭



資料 3-2-21

積雪層を止めている防雪杭



資料 3-2-22

今度は防護杭。出てきた雪崩をここで防護しようということで行った防雪杭ですが、これも根かせ式工法でやられております。

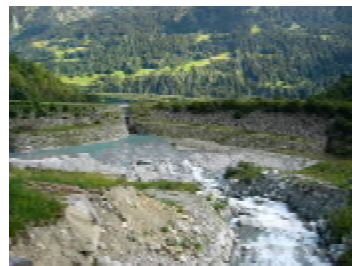
これが雪崩を阻止した状況でありまして、この上から雪崩が出てきて、そして防雪杭によって流出を阻止しています。

雪崩ダムと土塁の複合型防雪工法  
(スイス)



資料 3-2-23

雪ダムを上流側から見る



資料 3-2-24

これが先ほどの航空写真ですけれども、スキー場のコースに雪崩が出ないようにこういうふうに取り入れられております。

これは諸外国、スイスの例ですが、地形を利用しまして雪ダム、それからここにアースマウンドの起伏をつけて減衰効果を高めています。雪ダムという日本ではちょっと聞きなれないものですが、こういう工法も考え方、応用によっては我が国でも十分取り入れられるのではないかと。夏場はこういうふうにしたまった雪を農業用水とかかんがい用水に利用し、そして冬はダムという形の中で雪崩を防止するというようなことも提案できるのではないかと思います。



### 目立たないスノーネット (スイス)



資料 3-2-25

### スノーネットの設置例



資料 3-2-26

これは目立たないような工法ということで、景観に優しい。この破線の部分の中にスノーネットが設置されておりまして、現在、ここ2～3年日本でも活用されております。

これがスノーネットの設置例ですが、一つだけこれは諸外国と違った問題点がありまして、日本ではこういう森林限界線を越えたようなところの設置というのは見られないのですが、低地で設置しますとこれにツルものが非常に絡まって、毎年メンテナンスをしてくれないと防雪効果が薄れるというデメリットも発生しております。

### まとめ

- 最近の防雪工はその基礎と共に巨大化し、山腹斜面に林立する傾向がある。
- 防雪工、特にその基礎の、巨大化を避け、総合的な斜面对策、新しい技術への積極的な取り組み、が必要である。

資料 3-2-27

まとめです。最新の防雪工はその基礎とともに非常に巨大化しておりまして、山腹斜面に林立している傾向があると書いてありますけれども、実際は山すそなんですね。山すそその斜面に林立しているということです。要は1カ所でとめようという傾向が非常にあるのではないかと思います。防雪工は特にその基礎の巨大化を避けるためには、山全体、特に発生区、走路、堆積区というふうにきちんとエリアで区分をして、そして山全体を考える必要があるのではないかと感じられます。

以上で発表を終わります。

**中村** 「山を守る総合雪崩対策の検討」というご発表で、町田建設の町田様でした。ありがとうございました。続きまして、「RWM（ランダムウォークモデル）による雪崩流下範囲の再現」ということで、国際航業の松田様よろしく願いいたします。

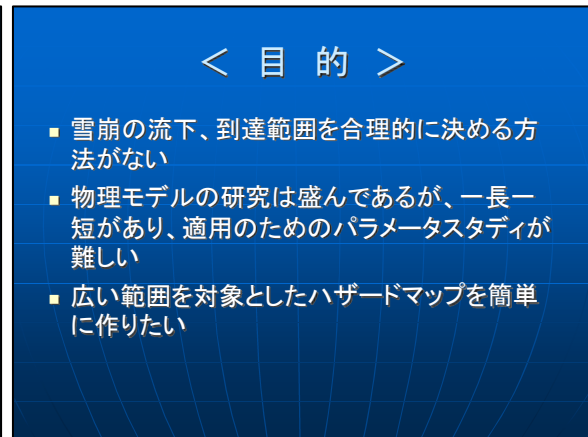
## 「RWM（ランダムウォークモデル）による雪崩流下範囲の再現」

国際航業(株) 雪氷担当リーダー 松田 宏 様

松田 国際航業の松田と申します。よろしくお願いいたします。

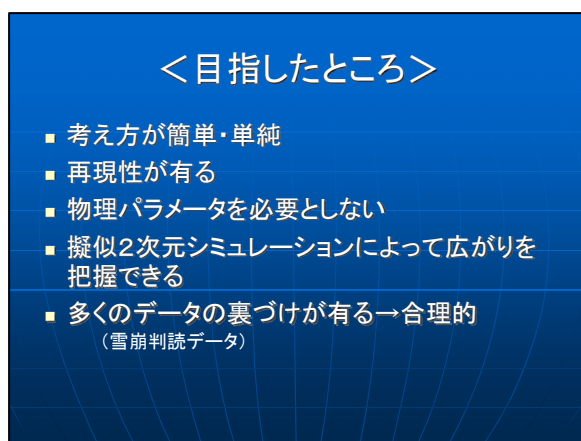


資料 3-3-1

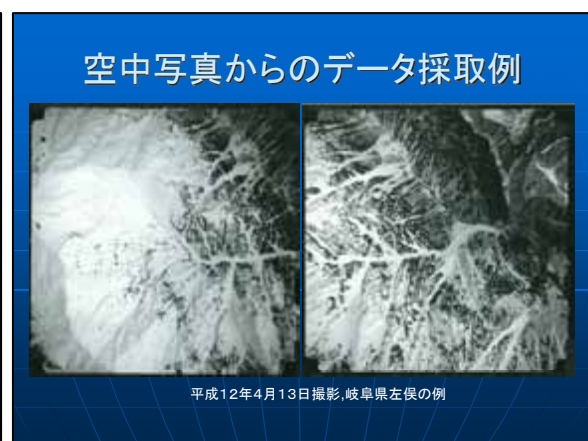


資料 3-3-2

「RWMモデルによる雪崩流下範囲の再現 (ハザードマップ試作)」というタイトルがついています。先ほど若林先生がスペインの例でハザードマップを出されましたが、日本にはああいう集落を頻繁に襲うような雪崩がないということで、一般的な雪崩ハザードマップというのはあまりなじみがありません。雪崩の事例もあまりありませんし、ハザードマップというものをつくるにはどうしたらいいかということで、簡単に手っ取り早くつくろうというのが目的です。そこに三つぐらい書いていますけれども、とにかく簡単にできるようなハザードマップを目指したのが最初の取っかかりです。



資料 3-3-3



資料 3-3-4

目指したところとしましては、考え方がシンプルで、それが再現性がある。シミュレーションなどでよくいろいろ難しいモデルでパラメーター等を考えるけれども、そういったことも必要としない。けれども、何となく2次元的に広がりを再現できるといったようなところを目指しました。

会社が航空写真を撮ることが専門ですので、よく冬になると飛行機を飛ばして写真をいっぱい撮ってそこから雪崩データを採取したということです。



資料 3-3-5

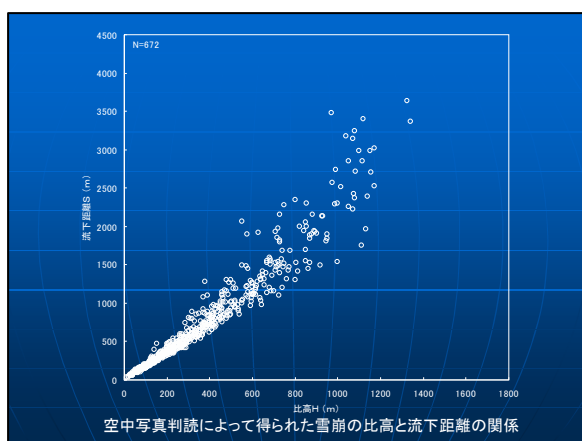


資料 3-3-6

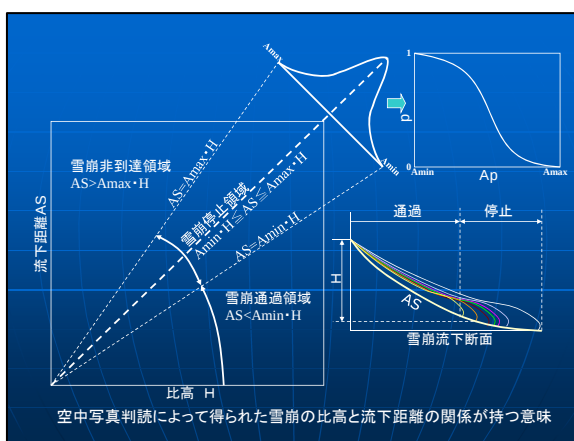
これは平成 12 年 3 月に岐阜県の左俣（ひだりまた）で起こった、3 キロぐらい流下した非常に大きい雪崩で、多分日本では最大ではないかと思いますが、そのときの雪崩の左側が発生区で右側が堆積区です。発生区と走路、堆積が非常によくわかる雪崩です。

これは一つの例ですが、これが実際に流下した範囲を 2 万 5000 分の 1 の地形図に落とし、主径路をプロットして、その雪崩の地形データを採取してデータを 600 ほど集めました。

これは昭和 61 年の柵口（ませぐち）の雪崩ですが、左のこのあたりが発生区で人家はこのあたりです。ただこの雪崩についてはどこを通ったかというのは非常にわかりにくくて、写真からはどうも判然としない。このあたりにデブリが見えるけれども、走路から堆積区については全くわからない状況になっています。私は現場に行っていないので、現地に行かれた方の雪崩流下範囲をもとにここについてはデータを採取しました。



資料 3-3-7

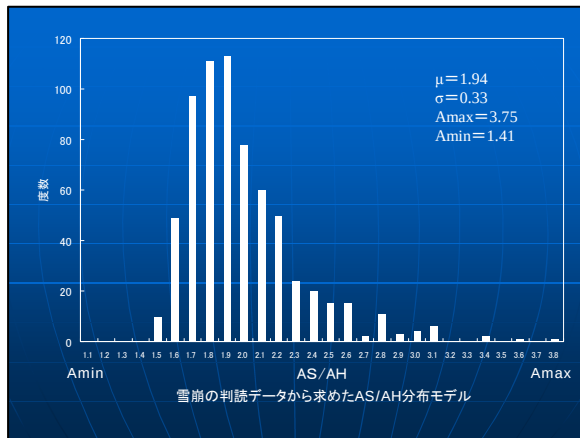


資料 3-3-8

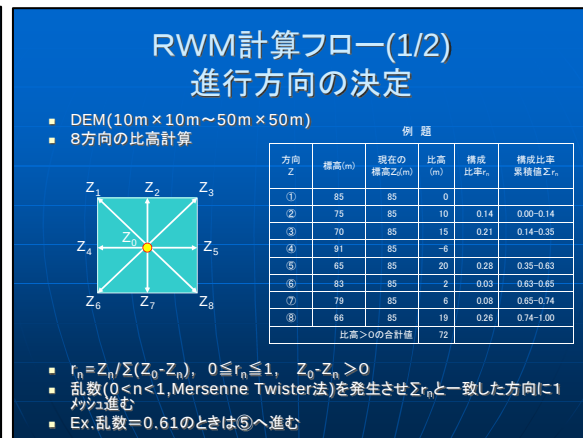
日本全国、東北、北陸を中心に 670 個ぐらいの先ほどのようなデータを対象に、雪崩の発生点から堆積区の端までの比高と流下距離をプロットしたものです。これを見ますと線形的な関係があるけれども、大きな雪崩については比高に対して流下距離が少し長くなるというような傾向があります。ただ、ここは線形に比高と流下距離は単純に比例していると考えます。

どういうふうに雪崩の堆積範囲、停止区域を求めていくか。先ほどのプロット範囲というのは、

こういうふうに散らばるんですけども、この散らばりの確率を求めてやろうということで、比高と流下距離の比をとることによって、例えばこのあたりが2だったりしますけれども、1.5 ぐらいのところでは非常に雪崩の流下距離が短い、逆に3 ぐらいまで行くような非常に流下距離が長い雪崩もあるわけです。先ほどの 670 個の確率密度関数を設定し、その確率に応じて雪崩の停止位置を決めてやろうという概念になります。実際に起こった雪崩のサンプルをもとに確率密度関数を決めて、アトランダムにその停止位置を決めるという方法です。



資料 3-3-9

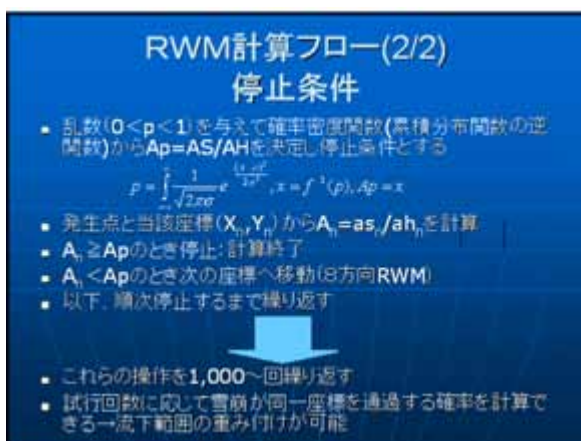


資料 3-3-10

これが先ほどの 600 個の雪崩のデータの流下距離と落差の比の度数分布です。自然現象はよく正規分布になると言われますけれども、正規分布とは違いまして、対数正規分布あるいはガンマ分布に近いようなものだと思います。ここでは正規分布を仮定して停止位置を決めるということを行いました。

先ほどのは停止条件ですけども、今度はランダムウォークモデルといいまして、地形データを格子点上にとりまして、今いる位置を中心に単純に標高の差でもって8方位どっちへ行くかということを決めていく。物理性も何もなく単純にこの比高に応じて位置エネルギーの大きいところにより高い確率で流下していくといったような、非常に単純な考え方で方向を決めています。

先ほどの停止条件と今回の進行方向を確率的に出すことによって、雪崩の流下範囲を決めるというシンプルなモデルです。



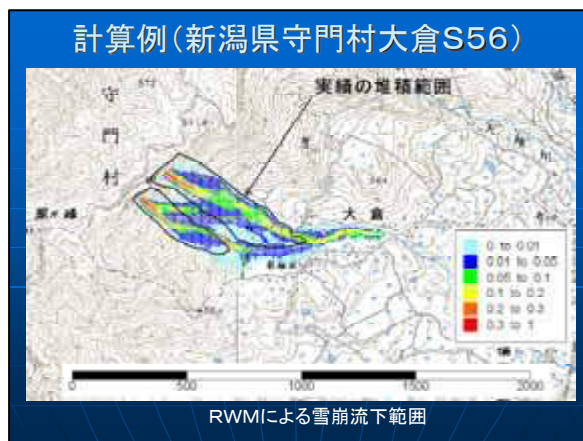
資料 3-3-11



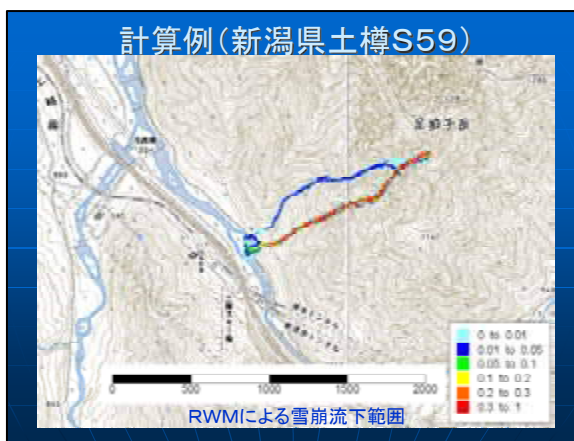
資料 3-3-12



ここは省略しまして、先ほどの停止条件とランダムウォークの8方向の乱数的な進行方向へ。これはさっき写真を出しました左俣の例ですけれども、画面の関係で逆ですが、これが発生点を決めた場合にどういうふうに流下していった堆積するかということで、この黒いところが実際の堆積範囲です。シミュレーションのほうが短くなっています。こちらはさらにポイントを1点追加して範囲を出したものです。大体合っているのかなというところです。



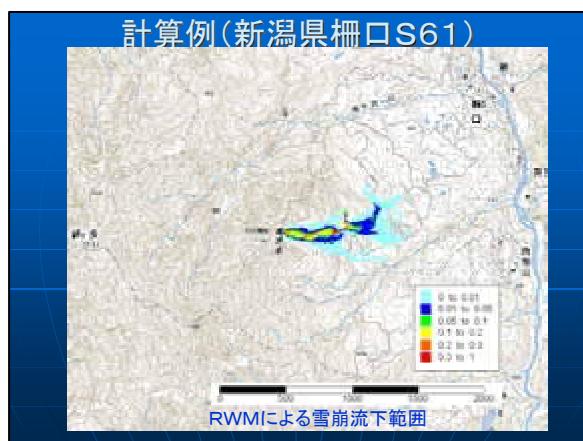
資料 3-3-13



資料 3-3-14

同じようにいろいろな例です。これは守門村の大倉の雪崩ですけれども、再現性を試みてみました。

これは 59 年に起こった土樽（つちたる）の雪崩です。59 年の例は道路公団の高速道路よりあふれるのですが、ここは川があって停止しているということです。



資料 3-3-15

課題、その他

- 簡単なモデルではあるが、ハザードマップ作成に有効と考えられる。
- ただし、慣性力が勝り逆勾配(小尾根や川の対岸など)を駆け上がるような雪崩は再現できない。この点は改良する必要がある。

資料 3-3-16

これは柵口です。これはあまりよくはない。原因がわからないんですけども、こういう例もあります。簡単なモデルで割と早くハザードマップがつくれるのではないかな。ただ、物理性を考慮していないので、実際の面とは合わないところがあるというところです。

以上です。

## 【意見交換】

〔中村〕 「ランダムウォークモデルによる雪崩流下範囲の再現」ということで、国際航業の松田様でした。ありがとうございました。

セッションⅠ「雪崩対策」では、今までのお三方に発表していただきましたが、この雪崩対策については全部で16件のレポートを寄せていただいております。大変ありがとうございました。

それでは今から、今のお三方の発表について討論に入りたいと思います。何かご質問等がありましたらお願いいたします。どうぞ。

〔竹内〕 竹内と申します。町田さんに今の発表したことについてですけれども、町田さんは基礎工の巨大化を避けるというところから3点ほど提言されています。私も非常にこれは同感で、ぜひそうしたいなと思います。さらに加えて、巨大化を支えている設計積雪深そのものも見直すべきではないかと思っています。

といいますのは、雪崩というのは必ず滑り面があるわけですが、滑り面は最大積雪深ではなくて、積雪値の中にあるわけですから、全体的に設計積雪深が必要だということにはならないと思います。

それで、走路とか堆積区を柵で防ぐということは非常に難しいとは思っているのですが、そういうことも含めると話が難しくなるので、発生区だけの話で考えたいと思います。まず全層雪崩は斜面と雪とのグライドで発生するわけですから、そのグライドを防止すればいいということであれば、そんなに大きな柵も必要ではない。そして、町田さんは防雪杭と言っていますけれども、杭でも十分防ぐことは可能だと思います。

ただ、特に最近、防雪柵の間でもすり抜けてくるような表層雪崩がありますけれども、それに対しては防雪杭はちょっと無理ではないかと思えますし、ある程度の高さの柵も必要だと思います。結局、今まで柵による雪崩対策の中には表層雪崩、全層雪崩と対象をはっきり意識したやり方をしなかったのではないかと。そういうことも含めてこれからの町田さんの提言されるようなことをやっていただきたいと思います。以上です。

〔中村〕 町田さん、何かコメントはありますか。よろしいですか。

〔竹内〕 それに対してご意見をお願いします。

〔町田〕 仰せのとおりだと思います。積雪深云々で大型化している。今の実際の施工事例を見ますと、そういうものを発生区でも斜面でもみんなやろうとしているんですね。それで非常に困難が生じてくる。ですから、やはり山の上に行けば施工も困難になるのであるから、もっとやりやすい、要は物で勝負するのではなくて数、基数で抑えるような方法。それからいま言われたような柵だから問題だけれども、発生区で雪面から顔を出すようなもので動きだけ抑えたり、斜面に変化を与えてくれば、面発生的な大きなものが出ないので、そういうものは軽量化されたもので十分対応できるのではないかと。

それから実際に国道17号で施工した成功例ですが、これは稜線に雪庇防止柵をつけました。17号の開通当時は国有林で営林署の山だったのですが、それが今度、風上側が全部伐採されてしまっ

て、非常に大きな雪庇が発生しました。急遽、風下側に国道が走っているということで、雪庇防止柵を施工しました。そのときは今みたいな機動力もありませんでしたので、山の斜面に上げるのに人間の肩しかなかったものですから、当時では画期的なアルミ製の非常に軽い、FRP製と合わせたようなもので雪庇防止柵をやって、そして雪庇の発生と同時に吹きだまりも防止して発生区対応しました。

またあわせてつり柵あるいは減勢工ということで、斜面全体を抑えて雪崩の発生を阻止したような地域もあります。これは過去の 56 も 59（豪雪）も、現在はスノーシェッドがかかっていますけれども、平成 18 年のときにも発生はしておりません。昔のものがそのまままだ機能を発揮している状況です。以上でよろしいでしょうか。

〔竹内〕 どうもありがとうございました。

〔中村〕 ほかにご質問等はございませんでしょうか。どうぞ。

〔小川〕 アジア航測の小川と申します。若林先生に質問させていただきたいのですが。スペインの雪崩防止のハードの対策について、集落雪崩対策というのが資料 3-1-3 にありますが、最近、日本にはないおもしろいのはこんながあるよとか、すごく現地で工夫したものがあつたとか、そんなトピックがありましたら教えていただきたいと思います。

〔若林〕 今回の駆け足視察では、ユニークなものを見ておりません。スペイン独特のものではなくて、フランスとかイタリアの製作によるものを施工しているとのこと。雪崩ネットを見たりダムを見たりしただけですが、それほどスペインでは独特のものはないという感じがしました。

〔中村〕 ほかにご質問はございますか。どうぞ。

〔花岡〕 先ほどの質問、町田さんの話にかかわりますけれども、雪崩の予防柵の積雪深とかの話です。巨大化している一番の理由は、道路と砂防とそれぞれ違いますけれども、設計積雪深をどう考えるかということで、道路のほうだと 30 年確率とか 50 年確率というのがあるけれども、スラッシュ雪崩の場合は既往最大をとるものですから、昭和の初めのころの大きなものに引きずられてどうしても大きくなってしまいます。逆に長野県などでは 7m の設計積雪深ができないから、4m までやってあとは計画外でやらせるという話があるわけです。

設計積雪深をいじくるほうが問題であって、大きなものをつくるためにつくっているわけではないという原則があるんですけども、ただ、もし設計積雪深以下のものをつくって上部を超えられた場合、部材とかにあまり変形はないのですか。よく治山の施設などを見ますと、上部の部材が相当変形を受けたりということはあると思います。現場のほうで実際に大きなものをつくらなくても問題ないということであるならば、そうすればいいと思います。これが私も経験がないのでよくわかりませんが。

〔町田〕 部材の変形という部分につきましては、その多くが雪崩方向に直角に出たか、つけていない。要は側圧のかかるような施工のやり方、変形雪圧もかかるようなやり方で壊れることが多いで

す。

それからもう一つは、雪崩が来て乗り越える。全層雪崩の場合については、氷みtainな土砂と一緒に巻き込んできたようなときには、柵の変形はありますけれども、表層雪崩で乗り越えた場合については、その多くがすり抜けであって柵自体の損壊というのは非常に少ない。私の知る限りでは、件数はほとんどないように思います。

**花岡** 私の話は予防柵のほうなので、防護柵とかそちらのほうの話とは（違います）。防護柵であれば、走ってくる速度の差で大きくなったりしますよね。いろいろな問題が出てくると考えますので、それはちょっと置いておいて予防柵のほうです。

**町田** 予防柵自体は全層雪崩での基礎の移動や何かでの損壊は見ますけれども、柵自体、上部材がやられることはほとんどないです。

**下村** アルゴスの下村でございます。今の予防柵の天端の破損というのは沈降力だと思います。小さいやつと大きいやつと違うけれども、逆に日本の雪というのは積もり方によって沈降力などかなり雪庇みたいのが固まりますね。今の質問は多分沈降力の影響だと思います。雪崩というのは予防柵を斜面上部につけなければならないと思うので、それかなと思っています。

**町田** 仰せのとおりでして、上部材の変形というのは巻き垂れといいますか、雪庇です。雪崩予防柵で道路の近隣の部分については、ほとんど巻き垂れの雪庇を折ってそれが誘発して道路に出るというようなことで、一冬に何回かはそういう雪庇とかそういうものをやっているんですけれども、斜面の奥のほうについたものについては、ほとんど手がかけていないというのが現実です。そういう巻き垂れによる引っ張りとかで変形するというのが多いです。

**下村** 私もそう思います。答えていただいたついでに提案ですけれども、特にスラッシュ雪崩をやりますと非常に金がかかってしょうがないということを考えていまして、また工事でも地山を開削してしまうことがあります。現在、大口径ボーリングが大分進んでいますので、鉛直式といいますか、大きなボリュームで鉄柱を垂直に埋め込む方法がかなり有効です。また、この間の雪工学会のセッションの中で地震の話がありましたね。山古志（村）とかで大分壊れた予防柵は、ほとんどが地盤と一緒に動いていますので、それも考えたときに鉛直式でやったら非常に有効だと思います。

**町田** 私もそういう部分ではそう思います。そういうものができないということになると、例えば地質ボーリングでアンカーで基礎を軽減する、アンカーと組み合わせてやるという方法も考えられると思います。

それから今、言い忘れたんですけれども、ただ施設を入れるだけでなく、最終的にはやはり木を育ててやる。特に 17 号の事例をいいますと、元橋というところで開通当初は表層雪崩の本場でありました。一冬に何回か出たんですが、その後、今 40 年ぐらいたっていますけれども、非常に杉林（が多く）、山全体を木で覆って防雪林として活用している。今ではもうそういう痕跡すらも見えない。やはり木が機能しているといういい事例だと思います。



中村 ほかにコメントはございますか。

上石 雪氷防災研究センターの上石です。今の件ですけれども、去年まで雪崩設計とかに携わっていたコンサルタントにいたので、今の問題は非常に大きな問題だと思います。結局、指針とかそういうもののにとらないと設計できないというのが大前提としてあるので、例えば指針の中にそういうローカルな中でいろいろな条件があるはずですから、そういうローカルルールをある程度許容してもオーケーだというような考え方を取り入れていくのも大事かと思います。

町田 私も現場の人間としてそのとおりだと思います。

中村 ほかにご質問・ご意見等がございましたらどうぞ。

佐藤 防災科研の佐藤です。松田さんにお伺いしたいのですが、最後に柵口の計算例で合わないとおっしゃいました。このときの雪崩というのはたしか権現岳のふもとでくぼ地に普通の雪崩はとまるけれども、豪雪年のときだったものだからそのくぼ地が埋まって、そこをあふれ出るような形で下のほうに流下したと聞いています。この松田さんのモデルで、そういう積雪深に応じて新たな地形が生まれたと。そういうところでこのモデルが動かせれば、かなり現実に近いシミュレーションができるのではないかと思ったのですが、そういうことは可能でしょうか。

松田 佐藤所長のおっしゃるとおりで、これは2万5000分の1の地形図から10mメッシュが市販されていますけれども、現在の地形データです。ですから積雪表面ではありません。したがって、このあたりに大きな溝があって、このあたりを中心にこちらのほうに流れていくという結果になったわけです。さらにここに雪崩対策用の防護柵ができていまして、その辺の微妙な地形データの影響があって、とまっているのかなとはひそかに考えていますけれども、柵口についてはもう少しいろいろパラメーターの研究が必要だろうと個人的に思っています。ですから、積雪表面のデータがあればより実態に近いシミュレーションができると考えています。

中村 佐藤さん、よろしいでしょうか。では、ほかにご質問・ご意見等はございませんでしょうか。どうぞ。

酒井 雪センターの酒井ですが、昨年も下村さんとか竹内さんから同じような防雪柵あるいは予防柵の議論が出されました。全体として大きくなり過ぎているのではないかと、必要以上に大きくなり過ぎているのではないかとというのは僕も非常に感じております。当然、雪質によってもいろいろ違うし、どうやってうまく検証して先ほど言ったようなローカルルールがもっとつくっていけるかどうか、そんなことをしていかなければいけないと思います。全体としては何か必要以上に行き過ぎているなという感じがするので、それを何とかこういうところでもつのではないかと、こういうふうに整備がついているのではないかとという部分をうまく検証して低くしていけるような方向を、いろいろ知恵を出していただけたらありがたいと思います。今後ともひとついろいろ提案をしていただけたらありがたいと思います。

若林先生にお聞きしたいのですが、水素ガスの爆発で雪崩を落としたという例がありますけれども、これは一冬に何回ほどやっていたとか、あるいは幾らぐらい金がかかったとか、そんな情報は何かございますでしょうか。

**若林** 1 基当たり Avalhex の機械は 1000 万円ぐらいですか。Gazex とそんなに変わらない。けれど 1 基に 17 発分のバルーンがセットされメンテが 1 発当たり千円前後です。一つの雪崩道に対して 17 回ぐらい爆発させることで一冬十分対応できている。現場の基礎が簡単なのでメンテはすごく楽だそうです。それから夏には、基地のほうへヘリコプターで運んでメンテする（資料 3-1-8 左）というやり方です。Gazex よりもお得と彼らが言うので興味を持っていたのですが、値段等はアバウトでご勘弁下さい。

**早川** 3 年ぐらい前にフランス、スイスにご一緒させていただいたのですが、そのときにそこで、ピレネーの山の雪は日本の本州の雪とちょっと似ていると聞きました。その点は本当でしょうか。

**若林** ヌリアという地域は地中海気候のところですから割合暖かめである。それからもうちょっと内陸のほうに行けば内陸型、それから大西洋・北海の気候型。ピレネーには三つの気候型がありまして、この人工雪崩をやっているヌリアの雪は割合日本に似ているが豪雪地ではありません。

**早川** それで、もう一つだけお聞きしたいのは、私たち日本の爆薬を使つての人工雪崩のやり方は今までずっと町田建設さんのところでやってこられて、これは雪層の中に爆薬を埋め込んで爆発させるというやり方ですが、ところがヨーロッパは雪層の上でダイナマイトを爆発させるということで、たしかそのときダボスか何かでその違いが話題になりました。向こう側のコメントとして、ピレネーのほうではどうやら日本と同じことをやっているらしいという声がちらっとあったのですが、その辺は何かお聞きにならなかったでしょうか。

**若林** ヴァルダランのスキー場アクセス道路対策では、ダイナマイトによる雪崩処理を小規模にやっているようでしたが、テロ対策で火薬使用は面倒だと聞きました。ヌリアは非常に急斜面でなかなか発生地帯まで行くのが困難な場所です。だから Gazex や Avalhex のような仕掛けでやっているの、どうも人が行って埋めるということはやっておりません。

**中村** ほかにございませんでしょうか。どうぞ。

**松澤** 寒地土木研究所の松澤です。町田さんに教えてほしいことがあります。今回、資料の中で最近の予防柵は横ばりのところが角管を使っているんですけども、従来の昔のものと板ですし、今回、紹介された根かせ式防雪工も板を使っていますよね。これは何か理由というか、そこら辺の使い分けはあるんですか。ちなみに北海道の場合は丸太がほとんどなものですから、使い分けみたいなものがあるのかどうか教えてほしいんです。

**町田** 当初はほとんどみんな鋼矢板、板だったんです。それで、角パイプになったのが 56 以降で、柵高がだんだん大きくなります。そうやって取り入れられたというのは、標準設計というもの

ができたんですけれども、そういう中での角パイプ、要は柵に堆積する部分を極力少なくしようと。板ですと面で抑えるということで角パイプに変わってきたというのが大体の今までの経緯だと思います。

ほとんどスノーブリッジでやっています。角パイプを縦に使う方法も両方取り入れられていますけれども、日本ではほとんどスノーブリッジが主流になっているような状況です。だから、先ほどの竹内さんですか、やっぱり軽い雪のすり抜けは上部のほうはそういう板で押さえてもいいのではないかと。

その組み合わせでもいいと思うんですね。下は角パイプを使って、大事なところだけ板を使うという方法だって実用的ではないか。何でも一つの種類でなくても、雪崩をとめて何ぼの世界ですので、とまればいいのではないかと思います。

**松澤**    ありがとうございます。

**町田**    それとすみません、板の厚みで先ほど下村さんの言われた上部の柵の変形が板の場合非常にあったのです。それで板ですとある面で支えますから、私らも非常に柵がたわむんですね。20cmぐらい横にたわんでいるんです。上は雪庇を切ってきて、ある程度でその板が一気にバーンとはねる。そういう現象も見られました。ところが角パイプになってからは、そういうものは非常に少なくなった。

**中村**    他にございませんでしょうか。ないようですので、セッションⅠ「雪崩対策」を終わります。アルプス雪崩研究所の若林先生、それから町田建設の町田さん、国際航業の松田さんの発表でした。ありがとうございます。もう一度拍手をお願いいたします。

次のセッションⅡですが、準備ができ次第始めますのでよろしくお願いします。

oooooooooooo (準備・休憩) oooooooooooooo

## ◆セッションⅡ「消・融雪対策等」

**小長井** それでは、ただいまよりセッションⅡ「消・融雪対策等」を始めますので、よろしくお願いいたします。このセッションⅡでは初めに3名の方、株式会社興和の池野様、金沢大学の高山様、北海道大学の長野様から7分程度で話題提供をお願いしたいと思います。

初めに株式会社興和の池野様より「消雪施設の維持管理と更新」について発表をお願いします。

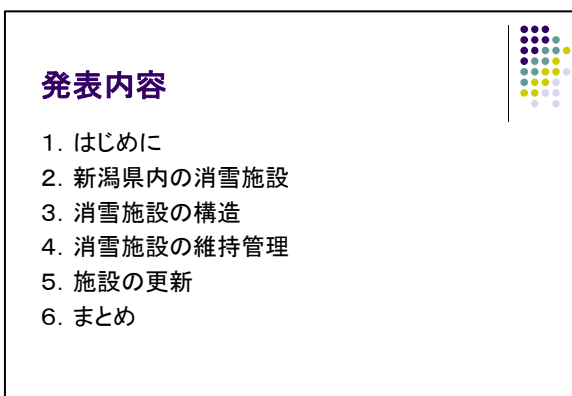
### 「消雪施設の維持管理と更新」

(株)興和 水工部長 池野 正志 様

**池野** 株式会社興和の池野でございます。先生方の前で僭越ではございますが発表させていただきます。



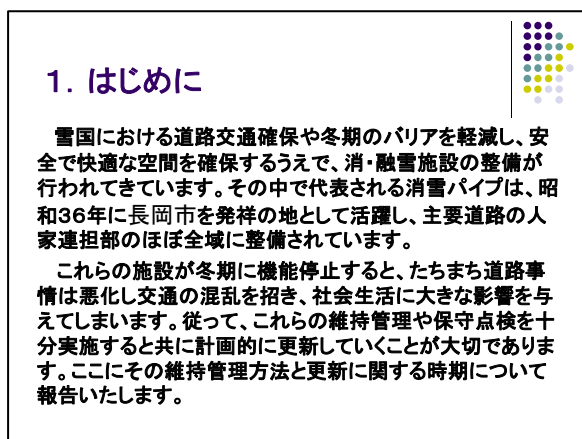
資料 3-4-1



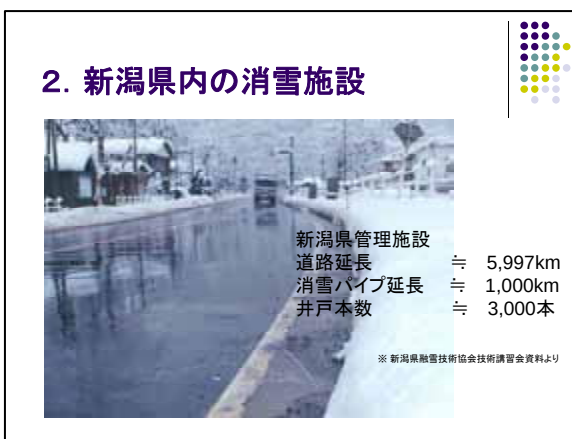
資料 3-4-2

近年、公共事業も減ってきてまして、消雪工事といいますと維持管理、そして更新ということが主体でございます。そこで、維持管理の方法と更新についてここで少し述べさせていただきます。

発表の内容としましては、新潟県内の消雪施設、それから消雪施設の構造、施設の維持管理、施設の更新ということでございます。



資料 3-4-3



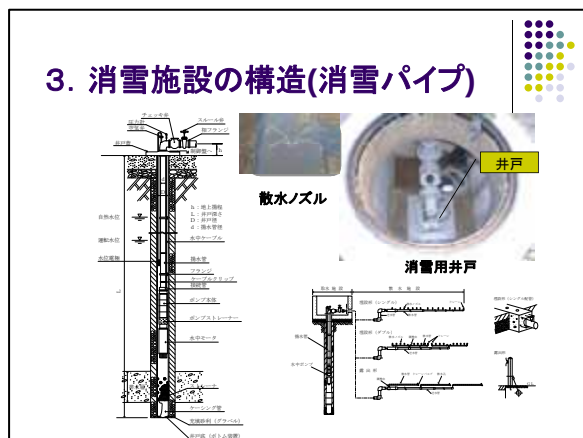
資料 3-4-4

消雪パイプにつきましては皆さんご存じのとおりでございます。道路交通確保、それから冬期の

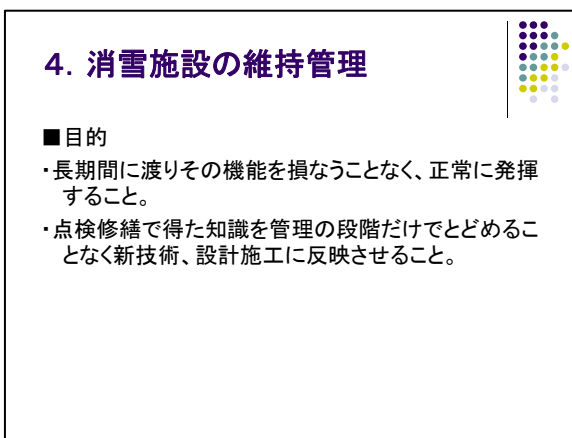
バリアを軽減し、安全で快適な空間を確保する上で消雪施設（の整備）が行われている。その中でも代表されているのが新潟県では消雪パイプということです。

この施設が冬期に機能停止されますと、たちまち道路事情は悪化してしまい、交通の混乱を招きます。そして、当然ながら社会生活に大きな影響が出てしまうということでございます。これらの維持管理の方法、保守点検を十分に実施して、計画的に行っていかなければいけないと思います。

新潟県管理施設としましては、道路延長が約 5900km、その中で消雪パイプというものが約 1000km あります。消雪パイプの井戸としましては約 3000 本あるということで、300m に 1 カ所の施設が存在するという構図でございます。



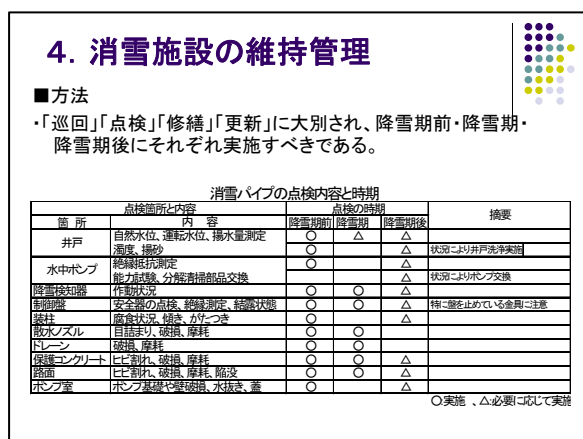
資料 3-4-5



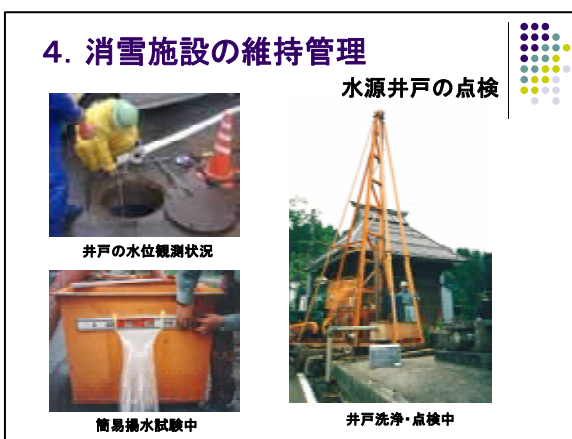
資料 3-4-6

消雪施設の構造について少しおさらいしておきます。消雪パイプは取水設備と散水施設に分かれております。取水設備には井戸が含まれております。井戸は所定の帯水層まで掘削し、その中にケーシングと称する鋼管を挿入致します。取水する帯水層の箇所には、ストレーナーを設けます。そして、その鋼管とストレーナーの周りに防砂効果を上げるために砂利充填致します。その鋼管の中に水中ポンプを挿入しきれになった地下水を汲み上げます。それが路面に散水され消雪する構造です。

それでは、この消雪施設の維持管理について説明致します。目的としましては長期にわたりその機能を失うことなく、正常に機能を発揮することです。そのほかに点検・修繕で得た知識を管理の段階でとどめることなく新技術、設計等に反映させていくことです。



資料 3-4-7



資料 3-4-8



維持管理の方法は巡回、点検、修繕、更新と分けられています。その時期としてはやはり降雪期前、降雪期、降雪期後それぞれに実施していくべきだということです。ここにしめす表のとおり、丸印（○）がついているものは実施すべき事項です。三角印（△）の部分は必要に応じて実施すべき事項です。つぎに、主な箇所の説明をいたします。

井戸につきましては、降雪期前にマルがついており自然水位と揚水量、濁度、揚砂といった項目を点検しますが、揚砂がひどい場合などは水中カメラによる点検も実施します。

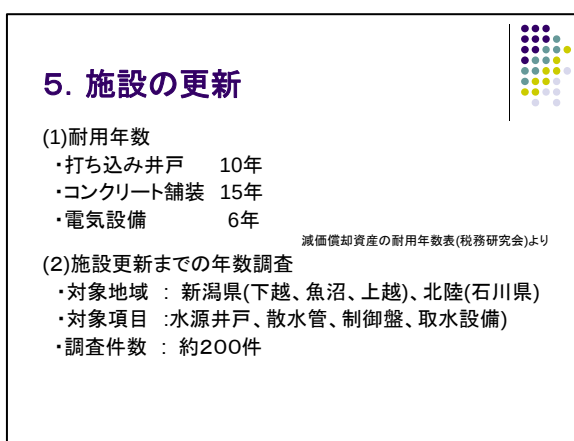
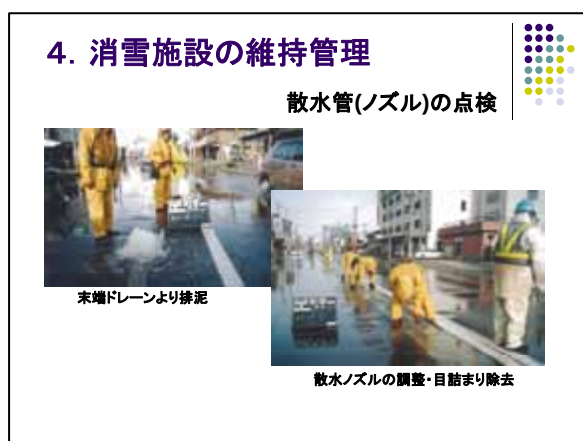
ポンプにつきましては能力的なもの、それから降雪検知器の作動、制御盤、の動作関係を点検致します。散水施設につきましては、散水ノズルの目詰まり除去、ドレーンで散水管内泥吐き、保護コンクリートのひび割れ点検、です。

ここに点検中の写真がございます。簡単に説明いたします。初めに井戸の点検中の写真です。やぐらは見えていますが、実際何をしているのか判りづらいと思います。



この写真は、井戸の中に水中カメラを挿入しケーシングと言われる鋼管のところの腐食を調べているところです。腐食により鋼管の継ぎ目に穴が開いている様子です。

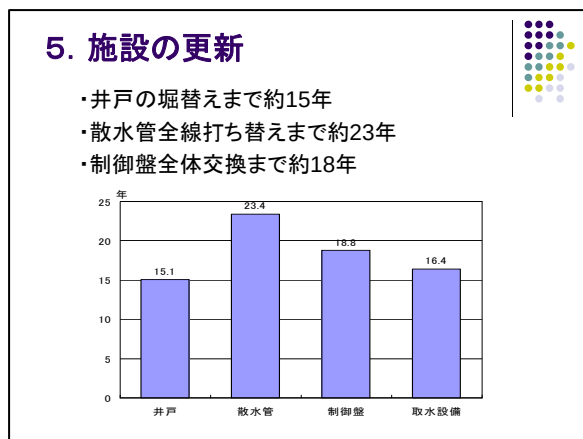
これが水中ポンプの点検です。能力が衰退したため井戸内から引き上げて点検するところです。



散水施設の点検で、道路の真ん中でノズルを点検調整しているところです。

昨日、『新潟日報』にも載っております、長岡では既にノズル点検調整が始まったということです。

つづいて施設の更新の件ですが、現在、更新を進めている中で、何年もつのだらうということが問われております。それで中越沖地震のときにも問い合わせがありました。実際に壊れている施設がある、これはもともと壊れていたのではないのかとか、何年もつのかということ問われたことがありました。



資料 3-4-13



資料 3-4-14

そこで、施設の更新について 200 件程度調査した結果を報告致します。井戸についてですが掘替えするまで平均 15 年でした。散水管については、全線打ち替えまで平均約 23 年後でした。制御盤については全体交換まで平均約 18 年という結果になりました。

そこまで使用している施設が実際どうなのかといいますと、次ぎの写真を見ていただきたいのですが、修繕を繰り返して保護コンクリートがこのような状態になっております。もう継ぎはぎだらけなわけです。ノズルも交換されていますが、基礎コンクリートが減り浮き上がったノズルという状況です。



資料 3-4-15

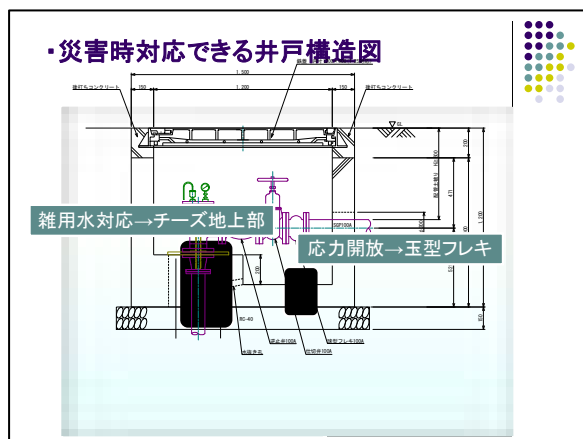
- ### 6. まとめ
- ① 定期的に施設の点検を行い、異常を早期発見する。
  - ② 異常が発見されたら早めに修繕する。
  - ③ 施設の点検や修繕の履歴をDATAベース化し、修繕・更新などに役立てる。
  - ④ 施設の機能低下や老朽化を判断し適正な時期に更新する。また、その判断をする技術者の育成。
  - ⑤ 更新される施設は災害時に対応できる構造とする。

資料 3-4-16

次ぎに、点検はしているがその期間中に破損し道路の真ん中でノズルが噴いている状況写真です。こういった状況ですと住民から、「ノズルが噴いているからすぐに直してくれ」というような電話がかかってきます。

更新が進んでいる路線の例として、右側の写真です。きれいに散水されています。

まとめとしまして、定期的に施設の点検を行い、異常を早期に発見する。異常が発見されたら早めに修繕する。施設の点検、修繕の履歴をデータベース化し修繕更新に役立てる。施設の機能低下や老朽化を判断し適切な時期に更新する。また、判断をする技術者の育成も必要と思います。最後ですが、更新される施設は災害時に対応できる施設構造としていきたいと思っております。



資料 3-4-17



資料 3-4-18

その構造として、このように井戸の構造を考えております。雑用水対応型、チーズ地上部となっております。それから応力開放型ということで、要するに地震などの揺れに対して強い施設を提案いたします。

補足ですが、中越沖地震のときに活躍した消雪井戸でございます。今回の中越沖地震で井戸が自噴し、その井戸が多くの住民に雑用水として利用されました。雑用水というのはトイレ用、清掃用、洗濯といったものに利用されたということです。先ほど提案しました構造にすると、災害活用できる施設と考えています。 時間が超過しましたが以上で終了致します。

**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、金沢大学の高山様より「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」について発表をお願いいたします。

#### 「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」

金沢大学 大学院 教授 高山 純一 様

**高山** 金沢大学の高山でございます。「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」と題して報告させていただきます。この研究は、下にも書いてございますが、株式会社キクテックとの共同研究でございまして、技術開発そのものはキクテックのほうでやっております。私の専門はどちらかというと交通ですので、歩道上での歩行者の挙動とか、融雪状況に対する感想とか、そういうものを研究する役割をしております。

第2回雪センターTCワーキング  
平成19年10月4日(木曜日)

## 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

金沢大学大学院自然科学研究科  
教授 高山 純一  
株式会社キクテック営業本部  
環境事業推進部長 竹内利幸

2007/10/4 会場: 人形町区民館 1

資料 3-5-1

## 発表報告の概要

1. 研究の背景と目的
  - (1) 歩道除雪・融雪の必要性
  - (2) 歩道除雪・融雪の方法
2. 電磁波を活用した融雪技術
  - (1) 「電子レンジ」の仕組みの応用
  - (2) システムの特徴
  - (3) 金沢大学におけるバス停周辺での実証実験
  - (4) 今後の課題

資料 3-5-2

一昨年は非常に大雪で、金沢も例外ではなく、たくさん雪が降りました。金沢大学の工学部はちょうど移転した年に当たりまして、山の中へ移転したんですけれども 1m50cm ぐらい降りました。車道は除雪してありますので車で通学ができるけれども、毎日毎日スキー場へ行くような感じですかね。それぐらいたくさん雪が降って大変でした。当然そうなりますと、歩道の上なんていうのはほとんど除雪ができなくて、学生は大変困っていたようです。大雪でしたから非常に大変でした。

ところが昨年は逆に記録的な暖冬で、ほとんど雪が降りませんでした。大学が山の中ですから、暮れの 28 日には 30cm ぐらい降りましたが、それ以降ほとんど降りませんでしたから、雪よけは全くありませんでした。今回実験をするために、融雪装置は入れたんですが、残念ながらなかなか実験ができず、うまくいかなかったというのが今回の報告です。今年もう一度、その成果をきちんと調べてみたいと思っております。

## 1. 歩道除雪・融雪の必要性

1. 積雪期における歩行者の安全確保
  - 歩道堆雪による車道歩行の増大
  - 積雪期における歩行者事故危険性の増大
2. 冬季バリアフリー
  - 積雪時におけるバリアフリーの確保
  - バス停周辺の歩道除雪
  - 公共施設周辺の歩道除雪

2007/10/4 3

資料 3-5-3

## 2. 歩道除雪・融雪の方法

1. 人力除雪
  - …労力と排雪問題、路面管理
2. 小型機械除雪…排雪問題、路面管理
3. 散水融雪(消雪)
  - …地盤沈下の影響、適用地域が限定
4. 路面加温(加熱)融雪
  - …ランニングコスト
5. 薬剤散布…環境への影響、塩害問題

資料 3-5-4

まず、歩道上の除雪がなぜ必要なのかという話は当然のことですけれども、歩道上に雪がたまりますので、場所によっては車道を通る人が随分出てきます。当然、車道を歩けば事故の危険性が大になりますから、そういう意味でも歩道の除雪は非常に大切だろうと思います。ただ、歩道上に雪が堆積していなくても、車いすの利用はやはり積雪時には難しい状況です。あるいは雪があれば滑るということもありますから、足の弱い方、お年寄りの方は転んで危険だということがあります。特に人が集まるようなバス停の周辺であるとか、公共施設の周辺の歩道上は何とか除雪をしないといけない状況にあります。



ただ、除雪を見ていると、これまでほとんど人力による除雪が主体でして、労力もかかりますし、排雪の問題も当然（あります）。常時監視できるかという、なかなかそれも難しいということがあります。最近では小型の除雪機を使って排雪したり除雪をしておりますが、それでも結構大変だと。もちろん場所によっては散水しているところもあります。先ほど消雪パイプがありましたが、あれはほとんど車道でして、中には歩道上も地下水で消雪するところもあります。ただし、地盤沈下への影響だとか、北陸では適用が可能ですが、東北の北部とか北海道では凍結の問題があって、やはり散水消雪パイプは万能ではありません。

一方で、路面加熱による方法というのは非常にいいけれども、そこにも書いてありますが、ランニングコストの問題があって、効率性を考えると重要性の高いところに限られることになります。薬剤散布も塩害だとか地下水への影響とか、環境への影響がいろいろありますから、どこでもここでも使えるわけではないと思います。

3. 電磁波を活用した融雪技術(1)

(1) 発熱の原理

「電子レンジ」の仕組みの応用  
マイクロ波(2.45GHz)を電波吸収体に照射することにより、発熱させる。

(2) システムの特徴

舗装の中に「電波吸収材料」を混合  
…舗装本体が発熱する(舗装表面温度が融雪必要温度への到達が早い)  
…融雪装置のON-OFFの制御が容易

資料 3-5-5

3. 電磁波を活用した融雪技術(2)

(2) システムの特徴

舗装の中に「電波吸収材料」を混合  
…構造が単純であるため、道路の振動等による破損や断線などによるシステムダウンが起こりにくい。  
…照射されたマイクロ波は表層内部の電波吸収材料に吸収されるので、人体への影響が少ない。

2007/10/4

6

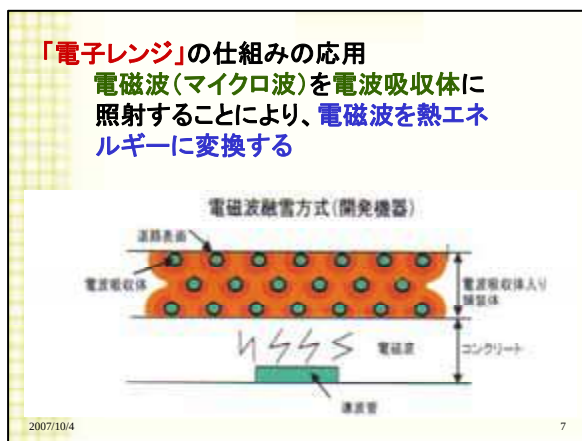
資料 3-5-6

そこで今回は、電磁波を使って発熱する。言ってみれば電子レンジの仕組みを応用して、その原理で雪を溶かすことを考えています。マイクロ波 2.45GHz を電波吸収体（発熱体）に照射することによって発熱させる。舗装の中にまぜてありますので、ある意味では舗装表面からでも熱が出るところが特徴になります。言ってみれば普通これまでは例えばこういう加熱式でも温水パイプを循環させて、それで歩道上の雪を溶かす、あるいは電線で雪を溶かすというようなことは使われていたのですが、どうしても限られた場所といいますか、舗装表面までの距離が結構あるものですから、温まるまで立ち上がりに時間がかかるという課題があったといえます。

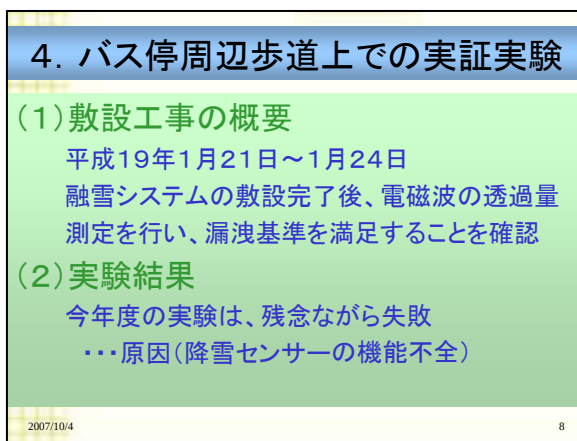
今回は舗装の中にまぶしてあるという言い方は変ですが、そういう発熱体が埋まっていますので、ある意味では直接的に舗装体が発熱するところが非常に大きな特徴ではないかと思います。しかも、それを降雪の状況に応じて ON-OFF が制御できるところに特徴があると考えています。

いま言いましたように、舗装の中に電波吸収体をまぜてありますので、非常に構造が簡単で道路の振動によって、例えば電熱線が破損したりするということがないということで、非常に効果があるわけです。それからマイクロ波そのものは人体への影響を考えると、まだちょっと危険ではないかという意見もありますが、舗装の中にあるので直接表層にまで出てこないということで、人体への影響も小さいと考えています。





資料 3-5-7



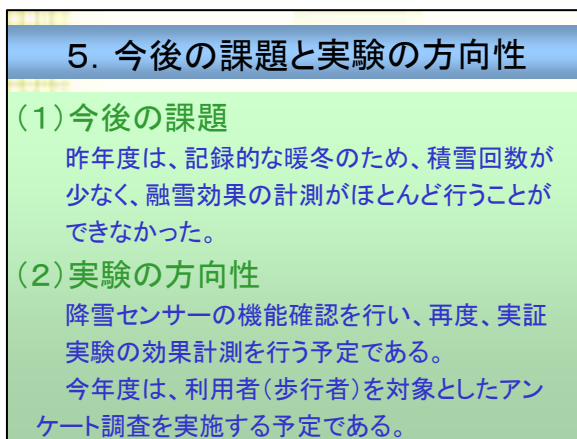
資料 3-5-8

具体的には、この図のように、こういう形で、ここから電磁波が出て、この舗装の内部にある吸収体に当たるわけです。そうすると、この吸収体から熱がでて、舗装表面に伝わるわけです。少し赤くなっていますが、そういう点では非常に効果的ではないかと思います。

今年1月に施工して雪が降るのを待っていたのですが、残念ながらほとんど雪が降りませんでした。したがって、結果的には実験は失敗してしまったわけです。



資料 3-5-9



資料 3-5-10

この原因の一つには、降雪センサーが機能不全で、うまく働かなかったのが理由です。残念ながら、今回は大失敗の実験だったということです。

今年は雪が降ることを願っておりますが、今後はそれに向けていろいろ準備をしているというのが現状です。それから、実際に歩行者にもアンケートを行って、融雪状況に対する感想や降雪時の歩道の利用状況などを調査したいと考えています。以上です。

**小長井** どうもありがとうございました。それでは続きまして、北海道大学の長野様より「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」について発表をお願いいたします。

## 「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」

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。私は土木屋ではなくて、環境工学といいまして熱を伴う設備工学ということで、特に最近ではCO<sub>2</sub>削減の技術についてあらゆることをやっています。

### 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

北海道大学大学院工学研究科  
長野 克則

1

資料 3-6-1

### 背景

屋根からの雪おろし作業とそれに伴う降ろした雪の除雪作業は、多大な労力と危険を伴う

**例えば、平成17年～18年の冬期間の大雪による死者**

- － 雪による死者は130名以上
- － 中でも、屋根の雪下ろしや除雪作業中、そして屋根からの落雪による死亡事故の割合が88%と非常に大きい
- － 特に65歳以上の高齢者による死亡事故が全体の64%以上であった

**安全と安心を第一優先**

- － エネルギー消費は伴うが屋根融雪設備の設置は進めていく一つの方向

2

資料 3-6-2

今回は太陽電池と屋根融雪ということで、以前から融雪機能が附帯した太陽光発電システムがありますが、その現状と課題についてご説明させていただきたいと思います。

釈迦に説法ですけれども、一昨年の大雪による死者は130名以上で、その88%が屋根の雪おろし、そして、さらにおろした雪の処理、特に65歳以上の高齢者の死亡事故が非常に大きいです。北海道に住んでいる人間は、屋根から雪をおろす作業というのはそんなにしていないんですが、屋根に雪を載せたままにしておく、または勝手に落ちるとかが一般的です。ただし、やはり高齢者がお住まいの古い住宅の方々はまだやっているのを見かけます。それが南下するに従って、もともと雪をおろす構造で建っている家が東北・北陸、また中部には多いのではないのでしょうか。そういったことで、安全・安心を第一優先にするのであれば、エネルギー消費はある程度やむを得ないという考え方もあろうかと思います。

### 太陽電池モジュール上の積雪処理方法の分類

#### (1) 載せたままにしておく

- ・陸屋根中心の大手ハウスメーカーで実績

#### (2) 積もった雪を滑り落とす

- (a) 太陽電池モジュールのフレームと表面ガラスとの段差を無くする→フレームレス化は種々の施工面、耐久性に心配
- (a) ガラス表面を疎水性に保つ：シリカ微粒子が配合されたテフロン塗料コーティング、ただし、耐候性、寿命とコストが問題
- (b) 太陽熱の効果を最大限に生かすため、黒色のフレーム、バックフィルムの採用
- (a) 設置角度：落雪のためには、55度前後がよい(北海道の場合)。ただし、実際の屋根の角度は35度以下が多い

#### (3) 降ってきた雪を融かす

- ・裏面に電気ヒーターを設置して加熱
- ・裏面に温水パイプを敷設して加温
- ・太陽電池セルに逆電流を流して、セル自体を発熱させる

3

資料 3-6-3

### 太陽光発電システムの普及状況

#### 1. 我が国の太陽光発電システムの導入件数：

系統連携システム制度が1994年に整備されたから急速に普及拡大  
2007年春には太陽光発電システムを設置した住宅：全国で30万軒に達したと推定  
戸建て住宅における普及率：1.1%強（戸建て住宅総数は約2,642万棟に対して、世帯当たりの普及率では0.7%程度）

#### 2. 積雪寒冷地のPVの普及状況：

北海道をはじめとして、青森県、秋田県、山形県などの積雪寒冷地においては、設置軒数および普及率は全国平均に比べて未だに非常に低い。

#### 2. 1低い普及率の理由：

(1) 冬期間の降雪という気象条件：雪に加え、鉛色の空に覆われた長い冬の期間の日照が極めて小さいこと  
“北国に太陽光発電はダメだ”という先入観 → 夏を中心に考えたモジュールの設置を行うとこのような積雪地域でも年間発電量は発電容量あたり900kWh/kW以上は確保できるので全国平均の1000kWh/kWp強に比べその差は、一割程度しかない

(2) 無落雪屋根と呼ばれる“フラット屋根”の普及  
陸屋根の上に架台を組んで太陽電池モジュールを載せることへの抵抗感、コスト高、屋根材の耐久性や構造に対して無理を強いる

#### 3. 積雪寒冷地において太陽光発電システムの普及拡大のために必要な要素：

積雪地のニーズに即した太陽光発電システムの開発が必要

(1) 施工しやすく、メンテナンスフリーで長寿命、信頼性の高い建材一体型太陽光発電モジュール（BIPV: Building Integrated Photo Voltaic）、さらに屋根回収にも使用できるもの

(2) さらに、太陽光発電システムに屋根雪の落雪制御機能、融雪機能が有している

4

資料 3-6-4

ただし、やはりCO<sub>2</sub>削減ということで何らか、自分で発生して自分で消費するぐらいは賄いた

いということで、太陽電池モジュール上の雪処理の方法としては、載せたままにしておく方法、例えば、セキスイハイムさんなどが採用しています。このハウスメーカーはいま一番太陽電池を多く売っているメーカーだそうです。次に、積もった雪を滑り落とすということで、例えばフレームレスにする方法があります。なぜならアルミの厚さ数ミリのフレームでひっかかって落ちないからです。またはガラスの表面にフッ素コーティングとかシリカの微粒子を入れる。ただし、これは寿命の問題で塗りかえなければいけない。非常に高価です。NTTさんなどもこれはパラボラアンテナにたくさん開発しております。

それからもう少しプリミティブなのは黒く塗るとか、それから角度をつけてしまう。ただし、これは架台設置で場合はいいのですが、屋根の設置にはちょっと無理だろうと思います。それから降ってきた雪を溶かすというのはまさに融雪、ロードヒーティングと同じで、電気ヒーターとかパイプを使うシステムです。それなりの初期投資とランニングコストがかかります。ただし、太陽電池システムが載っている屋根であれば、太陽電池に逆に電流を流して発熱させる方法は有効であるということです。

日本はご存じのように太陽光発電システムでは世界一の普及率を誇っていますが、現在では戸建て住宅の普及率は 1.1%強、目に見える数値になってきました。ただし、北海道、青森、秋田、山形では、これの 4 分の 1 以下ぐらいしか普及していない。なぜかという、やはり雪が降るとか寒いとか、冬は暗いとかそういうような理由でつけられないと考えられます。または陸屋根が多いとか。ただし、そういった地域でも年間大体 1 キロワットの発電容量(kWp)をつけると、全国平均では 1000 kWh/kWp ぐらい発電しているんですが、こういった地域でも 900kWh/kWp ぐらい、ですから 10%減ぐらいで発電するというのが今までの新エネ財団(NEF)などの数万件ぐらいのデータからわかってきています。

ですからもう少し工夫してあげれば、もう一つの機能をつけてあげれば、またはここにありますように屋根材一体型にして、改修時にこういった屋根でふいてしまうとかということであれば、別途先ほどのようなヒーターとか温水パイプを回すとか、屋根の上に上るとかというようなことをしなくてもいいのではないかと思います。

**太陽電池モジュールの加温による融雪**

(a) 裏面に電気ヒーターを設置して加熱

(b) 裏面に温水パイプを敷設して加温

(c) 太陽電池セルに逆電流を流して、セル自体を発熱させる

下: 2003, 2004 年度の経済産業省地域新生コンソーシアム事業での研究例  
(伊藤組、伊藤組木村、ミサワホーム北海道、オムロン、北大・長野、北海道工業大学・苫米地、北海道立工業試験場などのコンソーシアムで実施)

上: 石川県工業試験場敷設設備  
太陽光発電システム(合計発電容量 200kW、ただし融雪機能付は 60kW、平成 10 年度から運用開始)

北海道大学大学院工学研究科 長野 茂樹

資料 3-6-5

**太陽電池に逆電流を流して、セル自体を発熱させることの問題点**

(1) モジュールの最大加熱量

- ・モジュールの加熱量は最大でも 1m<sup>2</sup>あたり百数十 W 以上大きくはできない  
→ 発熱密度は北海道では不十分
- ・ただし、ある程度の積雪や極寒日の融雪日の再凍結を許すということであれば、晴天の日中を迎えられれば、この程度の発熱量でも時間を掛けて融雪が進むことが計算だけでなく実証実験から確かめられている。

(2) 市販のモジュールのセルが、長時間、繰り返し掛けられる逆電流に耐えるか?

- ・現在の太陽電池セルの JIS 規格では、長時間の繰り返し掛けられる逆電流を想定した試験はされていない。
- ・したがって、現在の市販のモジュールに逆電流を流した場合にはメーカー保証は受けられない。
- ・過去に行われた実証試験においては電流を流すようなモジュールには、耐電圧などの物理的性能が最高ランクと選別されたセルが用いられていた

6

北海道大学大学院工学研究科 長野 茂樹

資料 3-6-6

これを世界で一番初めてやられたのが、石川県の工業試験場の実験棟です。トータル 200kWp のシステムで、平成 10 年度から運用開始のうち、10kWp の 6 系統が融雪機能で全体の屋根の雪を制御していると。それからもう一つは、私どもは経産省の地域コンソーシアムの産官学連携で 2003

年、2004 年の 2 年間にわたって北海道工業大学の苫米地先生なども入られて一緒にやりました。こういったタイル状の屋根材一体型のフレームの中におさめるタイプのもので、逆に電流を流して制御するというようなことをやりました。いろいろな問題点があつてなかなか製品化は難しい。

例えばここを見てください。つららがたくさんできており、また軒に雪が残ってしまうとか、そういうような問題が起きました。あと、フレームのところに雪が残り、キャラメル状に溶けていくとか、いろいろな課題があることはわかろうかと思います。

特に北海道と東北 3 県においては、1 平米当たり 100W ぐらいの発熱量では雪は溶けるけれども、つららができてしまうという問題があります。大体ロードヒーティング、路面の融雪の設計発熱量は北海道が 230W/m<sup>2</sup> から 300W m<sup>2</sup> ぐらい、青森でも 150W/m<sup>2</sup> ぐらいですから、本来、それでは不十分です。ただし、少し溶かしてやりつつ、日射で補助をもらうというような制御方法を考えれば何とかいけるかもしれません。

それからもう一つ市販のモジュールのセルが、本当に電流を流しても保証を受けられるかというところ、なかなかメーカーはそんなテストをして出していないというようなところもあります。

もう一つパワーコンディショナーと呼ばれる電気をやりとりするもので、逆に電気を流せるようなものが住宅用では市販されていないというようなマーケット上の問題もあるということです。

| 太陽電池に逆電流するためのシステム                                                                                                                                   | 両者の比較                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>【晴天時】<br/>【発電】<br/>【逆電流】<br/>【降雪、または積雪時】<br/>【双方方向パワーコンディショナー】<br/>【充電メーター】<br/>【系統へ】<br/>【系統から】<br/>【買電メーター】</p> <p>【双方方向パワーコンディショナー使用システム】</p> | <p>(1) 双方方向パワーコンディショナーを用いる方法<br/>問題点：各電力会社に認証を受けた融雪制御機能付きのパワーコンディショナーが一般には市販されていない。<br/>また一般には特注品は無理である(製作費、認証など)<br/>利点：認証品があれば、設置費用、設置場所などでメリット</p> <p>(2) パワーコンディショナーと融雪用電力供給装置を用いる方法<br/>問題点：二重投資によるコスト高<br/>(1) 電力供給装置 (AD-DCコンバーター)<br/>(2) 発電・融雪切り替え制御装置<br/>利点：異なる電力料金メニューが使用できる<br/>発電は時間帯別契約、融雪は融雪用電力契約など</p> |

資料 3-6-7

資料 3-6-8

電気を流すシステムというのは、双方方向パワーコンディショナーという AD コンバーターと DC コンバーターが双方方向にやりとりをするものが実は金沢でも使われています。これはシャープが製作したものですけれども、これは特注品の技術であって市販はされていません。我々が地域コンソーシアムでやったときも、オムロンが特注してくれたのですが、こんなものは一般の人は手に入れることはできません。では一般の人はどうしたらできるのか、現実性があるのかというのは、市販のパワーコンディショナーで DC を AC に変換して売りますよと。では融雪のときは電気を電力会社から買って、直流にして流すというシステムであれば実現性があります。

このシステムはメリットとデメリットがあります。まず、デメリットですが、二重投資になりイニシャル・コストは高くなるということです。逆に、メリットとしては異なる電力料金のメニューが使用できる。つまり、売電は高い料金のメニューを選べます。北海道では、ドリーム 8 と呼ばれる昼高くて夜安いという時間帯別電力メニューがあります。また、融雪用の逆電流を流すのには、昼夜使える融雪電力という安い電力メニューが使えるというメリットがあります。



| 融雪のための通電制御                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p><b>(1) 手動ON-OFF:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メリット: スイッチだけの装置でありシステムが単純でコスト</li> <li>・ただし、スイッチOFFのタイミングを計るために監視が必要であること、またスイッチの切り忘れの危険性があることがデメリットとしてあげられる。</li> </ul> <p><b>(2) 通電、遮断の自動化</b></p> <p><b>(7) 通電は手動、遮断の自動化</b></p> <p>(a) 一番簡単な方法は、スイッチとタイマーを連動</p> <p>(b) 通電時のモジュール上の積雪は、通電後、ある時間が経てば融けてなくなる。最初0℃付近のモジュールの温度（一般にはモジュール表面温度）は、発熱により雪が無くなればプラス側の温度になるとの考え方である。</p> <p>検知方法 1) 温度センサーの指示値と温度調節器による方法</p> <p>2) セルの抵抗値が温度により変化する原理を用いて温度を予測</p> <p><b>(4) 通電の自動化</b></p> <p>(a) 1時間毎に数分間のダミー通電を行い、通電後の温度変化によりモジュール面の積雪の有無を判断する方法</p> <p>(b) 降雪センサーとの連携: 単純に、降雪センサーが降雪を検知すればONとする方法</p> <p>また、降雪感知後すぐにONにするのではなく、ある時間連続感知の場合のみON</p> <p>加えて、降雪終了後もある時間、運転を続ける遅延タイマーも有効(感知時間に比例)</p> |  |
| 北海道大学大学院工学研究科 長野 克則                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |

資料 3-6-9

| 融雪用の電源供給機器に利用できる電気料金メニュー                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気料金メニュー <ul style="list-style-type: none"> <li>－従量電灯</li> <li>－時間帯別契約 <ul style="list-style-type: none"> <li>・二時間帯(ドリーム8)</li> <li>・二時間帯+ピーク型(ドリーム8エコ)</li> <li>・三時間帯(eタイム3)</li> </ul> </li> <li>－深夜電力</li> <li>－融雪用電力 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ホットタイム22</li> <li>・ホットタイム22ロング</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>など</li> </ul> |  |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| 北海道大学大学院工学研究科 長野 克則                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |

資料 3-6-10

最後に、制御方式ですが、いつ ON にして、いつ OFF にするのかという自動化についてはいろいろなことが考えられます。ただし、センサーをなるべく使わないで ON-OFF をかけるというのが理想的だと思います。セル自体が温度によって抵抗値が大きく変わるといようなことを利用する方法も一つです。ダミーで1時間に1回、数分間だけと流した場合、雪が載っていないときは温度が5℃以上まで上がっていくけれども、雪が載っている場合には潜熱がありますから0℃以上からはあまり上がらないというような、非常に簡単な原理で、特別に温度センサーなどを使わないで制御できる方法があります。

あと使用者を悩ますこととしては、どの電気料金メニュー契約を使えばランニングコストが安くなるかということです。先ほど紹介したように従量電灯を使うのか、時間帯別契約を使うのか、深夜電力を使うのか、融雪用電力を使うのかなどです。使用者が気になるコストですが、年間にわたって発電と融雪を使ったときに、使用者の電気使用とのかね合いもありますが、どの組み合わせが一番支払額が安くなるのかというのは、現実問題としては、なかなか判断が難しいと思います。

| まとめ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>1) 太陽電池モジュールの発熱させることによる屋根積雪の制御は、積雪寒冷地で、自然エネルギーから貴重な電気エネルギーの創出によりCO<sub>2</sub>排出量削減という地球環境への貢献ばかりではなく、より身近で深刻な問題である屋根雪処理の一方法として安全、安心面で貢献できる技術である</p> <p>2) 融雪機能付き太陽光発電システムは大規模なものでは実例が数例あるものの、北海道のような寒冷地や住宅用のシステムでは実施例もほとんどない。加熱・融雪に必要な加熱量や省エネルギーなど、要素技術の開発や検証が必要である</p> <p>3) 普及への課題と技術開発要素:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・住宅用システムで利用できる認証を受けた双方向インバーターはない <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 別途AD-DCコンバーターを設置する方法</li> </ul> </li> <li>・加熱・融雪に必要な発熱量が十分に得られない場合がある <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 北海道、北東北3県</li> </ul> </li> <li>・通電の制御方法が確立されていない <ul style="list-style-type: none"> <li>・通電開始・終了</li> <li>・使用パラメーター(降雪、気温、モジュール温度、時間など)と使用センサー</li> <li>・融雪と清雪の関係、ユーザーのニーズ</li> </ul> </li> </ul> |  |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| 北海道大学大学院工学研究科 長野 克則                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |

資料 3-6-11

今年は、これに関して実験を行っていく予定ですけれども、双方向インバーターが認証を受けたものが市販にないということで、別々方式、すわなち、インバーターと融雪用電源の方式で実験をする予定です。制御方法については、未だ確立されていないので、特に寒冷地においては、どの制御方法に優位性があるかという判断を付けられるような結果を出したいと考えます。

以上です。ありがとうございました。



## 【意見交換】

**小長井** どうもありがとうございました。ただいま3名の方から発表をいただきました。このセッションⅡの「消・融雪対策等」につきましては、あらかじめTCの皆様からレポートを提出していただいております。資料の4の37ページからありますが、計8名の方から11件のレポートを提出していただいておりますので、後ほどまたご参照いただければと思います。

それではこの3名の方の発表に対しまして、ご質問・ご意見等があればお願いいたします。

**酒井（興）** 池野さんにお願ひですが、私は長岡の酒井と申します。雪国では消雪パイプを活用して大変良いですけれども、近年地球の温暖化ということで非常に取り上げられております。生活用水、下水、雨水、消雪パイプの水、全部下水に流すものですから、地球が乾き切って肌が荒れてきているように思われます。それでせめて消雪パイプの設備をなさったときは、貯水升兼浸透升でその付近の土層を湿らせてもらう対策をひとつ運動していただきたいと思います。いかがでございますか。

**池野** 湿らせるということですね。以前、長岡のほうで下水の工事があったときに、ディープウェルを数多く行いました。そのときに細い、φ200mm ぐらいの浅い井戸を幾つか掘ったのですが、その時、浸透についての話が出ておりました。取水した水を3面コンクリート水路で流すのではなく、ディープウェルした浅い井戸があるのだからそこへ返してみたらどうだというような話もありました。

それから一部では河川の水を上流のほうに浸透させるという話もありました。このように地下に浸透させるということは環境面でも良いことですので、近隣に土側溝や浸透枡があれば散水した水が流れ込むような事も今後考えてみたいと思っております。地下水の保全といった観点からは大量に散水しないように、いま節水型というようなものがありますので、そういった方法を取り入れて散水量も控えていきたいと思っております。

**酒井（興）** 節水型も10何年前に私が試作をやりました。私はわき水の豊富なところで育ったものですから、竹筒を利用して道路へ引き出して消したりした。それから昭和28年ごろ、家庭用ホームポンプというのができ上がりまして、それを利用してビニールパイプに穴をあけて雪を消した。そういういきさつがあります。余計な話ですけども。

それで、消雪パイプの出始めのころは、長岡でいいますと5mから7m掘るだけで、冬は雪消しができました。今は倍の深さにしないとだめです。昭和20年代は1人当たり水の消費量が20リッターと言われていたのが、今はその15倍ぐらい使っているのではないかと。それで、乾き切ると地表が改変してくるのではないかと考えています。それが気象の異常現象を起こす一端になるのではないかと考えて見ております。そういう生活用水、雨水、それから消雪パイプの水等を家庭ごとにしっかり浸透するようにする、常に打ち水するようになると地下水も豊富になる、温暖化もきっと軽減されてくるのではないかと考えています。

ぜひ消雪パイプの販売とあわせて、そういうものも運動していただきたいと思います。お願いいたします。ありがとうございました。

**丸山** 道路排水については、地下浸透型の排水升が開発されていまして、雨水についてはできるだけ地下に還元しようということも、道路の設計では進められておりますので、だんだん改善されていくと思います。

関連して一つ質問させてください。最近、排水性舗装と消雪パイプを組み合わせて排水性舗装を地下水の温度で温めて雪を溶かすという舗装が、試験的ですがかなりふえてきています。それは車の水はねがなく、非常に乾いた感じで路面の雪が消えますので、多少効率は悪いかもしれませんが非常に快適です。（ただ、）これは地下水の中に砂が含まれていて、排水性舗装が目詰まりをするのです。それでストレーナーとかでかなり土砂は排除しているようですが、ノズルが詰まることがあります、例えば排水性舗装と消雪パイプを組み合わせるときのその辺の構造は少し改良する必要があるかと思うのですが、いかがでしょうか。

**池野** 排水性舗装と消雪パイプというのは最近ふえてきまして、排水性舗装のところに消雪パイプの水をまくと。果たして水の量がどのぐらい要するのかということもいま研究されておりますし、また近いうちにはその辺の数値的なものも発表されてくると思います。

それからいま出ました地下水の砂などにつきましては、本来くみ上げて砂が出るというのは井戸として非常に良い井戸とは言わないものです。私は施工（側）として見れば砂が出ないように工事していくのが大切なことと考えております。その辺のところから技術的に今後、協会等の中でも研修会をしながら「砂が出ない井戸」を目指していこうということで取り組んでいます。

**丸山** 技術的にはそう難しいことではないですよ。地下水の水質そのものによるわけですから。

**池野** そうですね。

**丸山** わかりました。ありがとうございます。

**福原** 福井大学の福原です。この消・融雪の維持管理の中で僕は一つ今後検討していただきたいと思いますのは、場所によっては特に道路勾配のきついところ、曲線部のようなところは、流末との関係を考えていかないと、一つは融雪はできるけれども水を処理できないとか、そういったようなことも起きてくると思います。ですから、こういった消・融雪の施設の場合には流末の管理維持という面からも考えて、現実には検討されているのかどうか。そこら辺の話をコメントでもいいですがいただければと思います。

**池野** 新潟県内の話を申しますと、流末が凍結してしまうということで、散水した後に薬液を散布して凍結防止しようというような施設が現在あります。それから排水をよくしようということで、排水側溝を設けたりした施設もあります。

他県のほうですが鳥取方面に行きますと、河川水を利用した散水消雪があります。そういったものですと温度が低く融雪能力が小さくて、水量をふやして押し流そうとしているものですから、どうしても流末があふれてしまう。それで流末の処理について大きな側溝をつくろうとか、勾配を変えて流すようにしようというようなことを実施しているとか聞きます。

総括して、流末の方法処理をきちんとしていないと、走行に及ぼす問題、それから流末での人家

における浸水というものがありますので、そういうものも今後検討していくことも大切かと思えます。

**福原** どうもありがとうございました。いま言われているように、最後の凍結防止という形で薬液をまくというものもありますけれども、そういったようなところも本当にどこまで効果があるかをいろいろ調べていただければありがたいと思います。

高山先生にお伺いしたいのですが、この種の電磁波による融雪というのは、結構多いわけでもないですけども目にしますよね。それで、今後こういったものを整理して、今からデータをとられるということなので、一つはもちろん舗装の中に電磁波を吸収するようなものはほかにもあるわけですが、これの特徴というものが、もし何かあるのであれば、もっとアピールしていただきたいということです。それから、例えば類似のものとの比較ができるだけできるような形でのデータどりをしていただければ、この製品のいい点、悪い点、いろいろなことが見えてくるのではないかと思いますので、ぜひほかの装置との比較検討ができるような形のものをとっていただければと思います。

**高山** ありがとうございます。貴重なご意見で参考にさせていただきたいと思います。実際、私はこの辺のメカニズムは専門ではないのでよくわからないんですけども、事前にプレ実験はきちんとやっております。実証ではなくて実験室的な実験になっておりますけれども、どれぐらいの電磁波の強さのものをどういう形で照射すれば、熱がどのように拡散していくかというような実験もちゃんとやっています。その中では、例えば電熱線を入れた場合で、電力を同じ程度の場合にどちらのほうがあるか、効果がないかという特徴も含めて実験をやっております。あるいは温水パイプを入れたりとの比較等もやっているとします。

特に、この特徴は先ほども申し上げましたけれども、電波吸収体がありますのでそこから熱が直接表面に行くわけです。ですから、表面温度で見たときに非常に効率がいいというのが、このシステムの特徴です。普通ですと電熱線にしる、温水パイプにしる、表面近くには持ってきたいんですけども、やはり破損だとか施工上の問題とか、いろいろ事情があって難しいわけです。ある程度5cmなり10cmぐらい下にしないとイケない。そうするとある一定以上、雪が溶ける表面温度になるまでにどうしても時間がかかってしまうわけです。あるいはその分のロスがあるという特徴があることになります。そういう意味で、このほうが効果が大きいのかなと思っています。

ただ、よくわからないのは、この実証実験で調べたいのは、そういう意味ではやはりどれぐらいの間隔で電磁波を入れたり切ったりすればいいとか、それが気温との関係でどれぐらい効果があるか。あるいはよく言われるのは、先ほどもありましたが雪が積もってからですと、どうしても溶けにくく効果が薄いので、雪が降るのに合わせて表面温度がある程度あれば溶けてしまう、そういうことを目指していますので、どういう制御方法が一番効率的か、というのを明らかにしたい、というのが今年度の本来の実験の目的になります。

**村國** 池野さんのところのまとめで、施設の点検・修繕の履歴のデータベースというお話が出ましたが、私もデータベースというものは非常に大切だと思います。今の消雪施設に限らず、吹雪の防雪柵とか雪崩の関係の柵とかこれらについても同じようなことが言えます。何とかデータベース化して、今の時代のパソコンの中でシステム化するという状況になると思いますけれども、

我々のほうでもやろうとしているのですが、古い図面とかを掘り起こして電子化するというのがなかなか困難な状況です。

新しいものは電子媒体にされるので比較的よろしいけれども、古い図面をシステム化するのは非常に困難になっている。現状を見ますと、舗装とか橋梁とかという個々の土木の施設がそういうマネジメントシステム化されてきていて、雪の世界の施設にはほど遠いのかなという感じがします。ほかの方でも結構ですけども、これについていかがでしょうか。

**池野** データベース化は私も判っているのですが、本当にそうなのですね。データがないものですから、修繕の履歴がわからない。そうすると、この施設が過去にどういうことがあって、どこが悪いのか弱点がわからない。それで修繕に非常に手間取ってしまうというのがあります。

それと企業もそうですけれども、自治体のほうも担当が3年ぐらいてころころとかわっていき、そのデータベースがないために過去のことがわからないということもありました。ですから、データベース化を進めているのですが、古いデータを電子化し取りまとめようと以前見積もり依頼しましたら、いかんせん金額が高額になりまして断念したケースもあります。しかし、施設の管理の面からやはりデータベース化は必要ではないかと思っております。

**新藤** 池野さんにお尋ねします。今そこにも出ていますように、点検と更新という観点でお尋ねしたいのですが、そのとおりで定期的に施設を点検して、それをどうするかということを意思決定するということでしょうけれども、先ほど点検票みたいなものがございましたが、あれはどういう意味になっているか。ふだん管理者みずからかあるいはだれかにそういうふうな点検を義務づけて、ちゃんと点検をやっているのかどうかというのが1点。

それと、更新時期あるいは更新年限というのでしょうか、それについてアンケート調査でやってみたら我々が考えていたより比較的長い時間で更新されているということについて、専門家から見て更新時期が適当であるのかどうか、もう少しこういうふうにしたほうが例えば全体の費用は安くなるのか、そういうようなトータルの評価があるのかどうか。その辺のことをお尋ねしたいと思います。

**池野** 点検につきましては、新潟に融雪技術協会という協会がありまして、そこでも勉強会や研修会をやりまして、点検方法等について統一して実施しています。企業が点検業務として自治体から委託され、路線別や地区別にシーズン前から、シーズンの終わりまでずっと業者が1シーズンという形で請け負っています。その間に何かあればすぐ巡回・点検・修繕、といった維持管理を行っています。

委託されている中で例えば更新したばかりの施設を受け持っていれば、管理をしやすいですが、非常に古くなってきたものを受け持っていますと、消雪パイプがとまると地元から電話が来まして、今すぐに来て直してもらいたいというのが非常に多く、費用が嵩んできます。

更新の年数につきまして、私が税務研究会のある資料を見ましたら、井戸としての耐用年数は10年、コンクリート舗装は15年と載っていました。これを基準に使用年数や更新の時期を決定するとやや短いと思います。これはこれとして、私のほうで200件調べてみました。200件で更新の時期を決定することが妥当かと言われると困るのですが、現在まだ引き続き調べている最中であるということでご理解していただきたいと思います。

その結果、井戸は平均 15 年となりました。場所によっては 20 年以上も活躍しているもの、最高で 36 年使っているもの、最短で 4～5 年というところもありました。やはり使っている環境、施設の設置場所、管理の方法などで変わってくるかと思いますが、平均 15 年は妥当性があるように思われます。

それから消雪パイプの平均 23 年というものですが、先ほど写真にあったように継ぎはぎだらけで大変です。こういった状況で管理していると点検や調整、修繕が多発して費用も多額になると思います。従って、現場打ちコンクリートの消雪パイプの場合は、もう少し短くてもいいかと思います。ただ、この辺は今まだ調査していますので、すみませんがまた統計が出ましたら機会があったら報告したいと思います。

**酒井** 長野先生、ちょっとお願いしたいのですが、いわゆる太陽光発電システムを使って逆電流を流して処理できるということ自体は、物理的に特段の問題なしに処理できるという状況になっているのでしょうか。もしそうだとすると、いろいろな制約条件があると思うのですが、このくらいの規模でちゃんとやったら、このくらいのコストが必要でランニングコストがこのくらいかかるのか、そういうようなことは何かシミュレーションした例はありますか。

**長野** まずどのくらいかかるかという話は、実はまだどこもデータは出していないと思います。この石川県の例も年間どのくらい流してどんな効果があったのか。その結果は見たことがありません。また、富山でもシャープがやっているのですが、データは発表されていません。

それで、通常 3 キロワットの太陽光発電を既設屋根に載せて材工込みで平均で大体 150 万かかります。安いところで 130 万円、高いところで 180 万円ぐらいかかります。もしこのパワーコンディショナーをそういった双方向でさらに例えば冬モードとかにすると、日射が出ていなくて気温が下がったときに自動的に電流を逆に流す、逆に、いま雪が載っているなと判断したときには、流すといったようなものをつけると、多分いま定価でいくと 25 万ぐらい、売り値で 20 万とかが 15 万ぐらい高くなるのではないのでしょうか。ですから、それが 15 万円プラスかかる。たった 15 万円でそういう機能がつくのであれば、非常にメリットがあるのではないかと考えています。

それで例えば、屋根にヒーターとか温水パイプをはわしても、足場を組んだり大体 100 万以上は当然かかってきます。ですから、このメリットというのはまず大きい。ではどれだけ電気を使ってどれだけゲインがあるかということは、いま実際オートマチックにはほとんど運転されていないようです。つまり管理者が目を見て、いま積もっているからいま落としたいなと落ちるまで入れてパチッと切る。そういう非常にプリミティブな制御しかなされていないのが実際です。

ではそれが悪いかといいますと、例えば屋根雪でいま積もったから上に上らなくても例えば 5 時間ぐらい通電すれば落ちますよとか、歩行者に対しても北海道でもよくあるんですが、子供が帰ってこないと実は隣の屋根の中に埋まってしまっていたという事故も防げますよね。今、落としているからと。5 時間通電して幾らかかるかということですが、大体これは 3 キロのシステムで出力として 2 キロワットぐらいしか流していない。2 キロというと 1 時間大体 50 円です。ですから、50 円掛ける 5 時間で 250 円。それを 10 回やったとしてもたかが知れてますよね。ですから、安全を考えれば電気代なんてほとんど安いものだと思います。それを自動にやるとまた昼間とか夜とかが入ってしまうものですから。

ただ、さっき申しましたように、数十 cm 積もったよとか昨日の晩 80cm も積もったから今日は



落としたいんだというときに滑雪ということであれば、1万もかからない、数千円ぐらいしかかからないものだと思いますので、15万円プラス数千円ということであれば非常にメリットが高い。ちょっと長くなりましたけれども。

では、別途つけたら幾らかかるかというと、AC-DCコンバーターから融雪制御ボックスみたいなものをつけると、別途センサーをつけなければいけないですし、やはり30万から40万ぐらい、倍ぐらいのコストは見なければいけないでしょうね。

**酒井** 何かもっと積極的に行政も後押しするような方向で開発させる、そういう形が当たり前にしていこうと。そうすれば、平成18年の豪雪で一番の問題は何かというと、高齢者が自分のうちの屋根雪の処理をできなかったということです。いろいろ話を聞いていても、屋根雪さえ何とかなれば本当はここに住んでいたいというのが一般的な声です。今の数字は非常に小さい数字しか出てこなかったのも、もっとかかるだろうと思いますが、これに努力してこういうふうにしたらこの程度の屋根を処理するにはこのぐらいの金がかかって、このぐらい管理費がかかる。そういうデータが欲しいなという気がします。

**長野** 力強いお言葉をありがとうございます。いろいろやってみて、やはり電力会社さんが一番出してくれないと、これは動かないことです。多分北陸電力とか東北電力とか、北海道電力も含めて、まず認証がとれているパワーコンディショナーしか使えない。例えば私の経験でいくと、ちょっと話がずれますけれども、5年前ぐらいに発売されたパワーコンディショナーが倉庫に埋まっていました。それを実際のどこかの実験住宅に使いたいと申したら、私どもが箱から出していない、ただのストックしているものが、5年前のものでもう認証が切れているから使えませんと。もうそういう世界です。では、どうすればいいんですかと尋ねますと、メーカーに仕様書を出して貰い、個別認定を受けなくては使えないと言われました。

つまりは、電力会社がメーカーに指示して、双方向のインバーターを開発させ、認定品として流通させるということが、一番の早道だと思います。少しは安全のために力を貸しなさい、誰かから言っていただければ一番(いい)。だれがプレッシャーをかけるかですが例えば、雪センターとか国交省がこういったものは非常に重要だということで、電力会社に話をするというのは効果がありますね。例えば富山県というのはすごく太陽電池が入ってきているんですね。普及率はものすごく高いです。そういうようなところからスタートされるのがいいかと思っています。

**貴堂** 富山の話が出ましたのでコメントまでは行きませんがちょっと。エコ発電ですよ。太陽電池。一番問題になるのは蓄電池の問題です。蓄電池が今のような使い方をしますと、かなり疲労するわけです。疲労すると何が起こるか、これが重大です。

**長野** 今、太陽電池システムは蓄電池は一切持たない、系統連携システムになっています。平成7年からそのようなシステムに移行していますから、通常の使われている電気メーターでつながっているシステムは、蓄電池は一切使わないです。

**貴堂** ということは別に太陽電池を使わなくてもできるということですよ。僕は蓄電をしているところにメリットがあると思うんです。電気をためるということは売れるということにつ

ながる。

**長野** 電気は家庭内に一切ためません。電力会社に瞬時に買ってもらっているということです。ですからここに書いたように売り電、買い電メーターというのがあって、余った分は瞬時に買う値段と同じに売るということです。

**貴堂** わかりました。そうすると直流型分散システムになっているということですね。そうすると、これは個人だけではできないはずですよ。ですから、それは市が買い上げるようにしないと。

**長野** 平成7年から日本の法制度で、家庭用というか電力会社が認定した太陽光発電システムはすべて売った値段で買い上げなさいという法律ができています。もうそれは市とかそういうレベルではなくて日本全国の電力会社ではそのようなシステムにしています。ですから一軒一軒、発電所登録になります。そういうシステムが平成7年から（始まって）、日本が世界一の太陽光発電王国になったというのはその制度のおかげであります。

もしおわかりにならなかったら、制度については最後の懇親会の席上で。

**貴堂** はい、わかりました。

**酒井** 長野先生がおっしゃるのは、要するにそうやって太陽発電でつけたものが裏返しにというか、要するに融雪にうまく使えたら相当メリットがあるのではないかという世界ですよ。

**長野** そうです。

**酒井** だから、そのままにしていると。

**長野** 150 万円のシステムがプラス 15 万円で融雪機能も本当はつくはずなのになぜつかないんだということが私が言いたいことです。ご意見をいただいたのも多分そういうところでございます。

**酒井** 太陽電池はとにかく今の状態で逆電流を流しても大丈夫だということのはしっかりしているんですね。

**長野** はい、そうです。大丈夫ですが、一つだけ。メーカーもそれに対して保証をつけてくれよということです。

**酒井** もうそういうものにしなければ出せませんよという仕組みにすればいいわけですね。

**長野** そうですね。

**沼野** 今の件に関連して長野先生にお伺いしたいのですが、先ほどモジュールの加熱量の限界があるというお話でした。さっき富山の話が出て、富山はそれで十分だと思うんですけども、やっ

ぱり北海道や北東北というところ、つららができたり、下手をすると、すがもりの弊害があるというよう  
なことがあります。多分それがさっきのお話でもネックになるのかなと伺ったのですが、これを  
どうやったら解決できるかという方法はあるのでしょうか。

**長野** そこを私はご説明するのをすっぱり抜けていまして、溶かすのではなくて、やはり滑雪だ  
ろうと。滑雪ということで、一つの例としては夜中の一番寒いときにちょっとだけ通電して表面を  
若干溶かす。その後通電をやめると氷とガラスの界面ができます。それでもう一回1時間後ぐらい  
に加温するとすると落ちるとか。

例えば写真を先ほどお見せしたのは、すごく晴れている日なんですけど外気温度はマイナス 10 度  
ぐらいです。太陽が出てきたからゲインを得るために通電して表面をあらわにしてなんていう制御  
を考えてしまうと、これはおっしゃるように失敗で、つららができてすがもりなんかも危険性があ  
る。そういう点ではやはり北国向けで 100 ワットで屋根の雪をある程度コントロールできるんです  
ね。融雪というよりも滑雪に重きを置いて、落ちた雪はやはり住民が処理するしかないのではない  
かと思いますが、それが許されないところではやはりじわじわ溶かし切るしかないかとは思いますが。

ですから私が言いたいのは、それぞれ 100 ワット程度の発熱量に応じた雪の処理というか、雪対  
策と言ったほうがいいのかもしいかなと思っています。

**小長井** ありがとうございます。ではもう一方どうぞ。

**桑原** 新潟県融雪技術協会の桑原でございます。高山先生にお聞きしたい。電磁波の活用による  
歩道融雪ということで説明をいただいた中で、福井の福原先生からも質問があって、その辺のことは  
少しわかりました。実際に吸収剤として使われる材料についてもいろいろ検討されて、それによ  
る融雪効果の違いなども確認されるのかどうか。先ほどピッチの問題とかいろいろお話がございま  
したけれども、そういう材質的に変化を与えた中で効果にどれだけの影響があるのか。それが1点  
目の質問です。

それから融雪の場合、特に歩道ですから拡散作用とか、そういうものはほとんどないのではない  
かと思っています。まさにカロリーと降雪強度との関係になってくるわけです。その際に、いわゆるど  
の程度の電磁波によって降雪強度に対応していくのか。時間当たり降雪量は変化してまいります。  
それに対してどういう形で流すことによって、発熱に伝わっていくのか。あるいはまた大事なことは、  
やはり立ち上がりだと思っています。立ち上がりが遅いと、どうしても雪が残ってしまう。それによ  
ってせっかく施設をつくっても初期対応をうまく対応しないとできていかない。それはやはり整備  
の問題だと思っています。その辺どのようにお考えになっているのか、ということをお尋ねしたいと  
思います。

もう一点は価格の問題です。やはりいろいろな工法が出ておりますけれども、この工法による一  
応の価格の目安は、例えば平米当たり（幾らかかる）とかは、まだ初期段階、実験段階でなかなか  
難しいかと思いますが、どの程度を想定されてやるのか、もしおわかりでしたらお聞かせいただき  
たいと思います。よろしくお願いします。

**高山** 幾つか質問をしていただき、ありがとうございます。まず吸収剤の材料のことについては  
私は伺っていないので、もし連絡していただければ、何らかの形でお知らせできたらと思います。

現状では承知しておりません。申しわけございません。

それからカロリーと降雪強度の関係については、まさに実証実験をやらないとよくわからないというのが正直なところ。実験室でやった分にはわかっている、それはどういう形で通電の強度に応じて温度がどう上がっていくかというのはグラフになっていますから、それはわかっています。けれども表面温度との関係であるとか、実際に降雪強度との関係でどうなるかということについては、まさに実験をやってみないとわからないので、今回実験をやってみようというわけです。これが今回の実験の目的になっています。

それから立ち上がりについては、先ほど申し上げましたけれども、実験室上では非常に早い立ち上がりを得ていますので、それほど問題ではないのではないかと思います。

価格については、このシステムそのものが片道 10m と言っていたと思うので、照射管というか、電磁波を照射してそれを拡散する管の長さが 10m ぐらいを折り返した分、20m ぐらいが大体ワンユニットと聞いていますので、それぐらいの価格になっているかと思います。まだ価格はちょっとわからないので、恐らくこれもきちんと実験を進める中で効果があるということがはっきりすれば、開発費も含めて幾らというのが決まってくるのではないかと思います。

わからないことばかりで申しわけございません。以上です。

**桑原** ありがとうございました。

**小長井** よろしいでしょうか。それではほかに何かございましたら。よろしいでしょうか。

それではこの辺でセッションⅡを終了とさせていただきたいと思います。3名のパネラーの方にまた改めて拍手をお願いいたします。ありがとうございました。

~~~~~ (準備・休憩) ~~~~~

## ◆セッションⅢ「冬期道路管理」

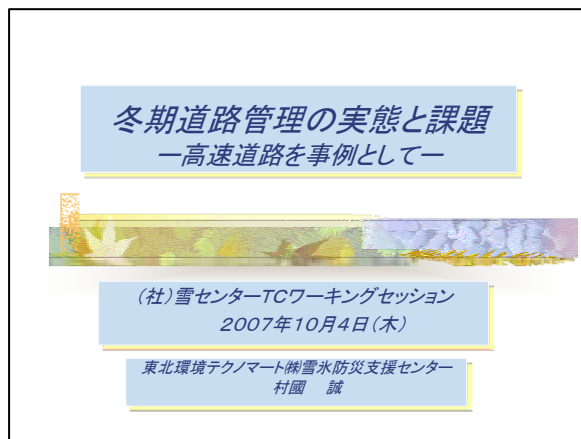
〔中川〕 それでは、3番目のセッションに移ってまいりたいと思います。冒頭でお願いしておきますが、私のリードで約1時間、その後全体を通してのセッションⅣもまとめて続けてやっていきたいと思います。そのときはほかのレポートのほうも、全体の意見交換をお願いできればと思います。

それでは、お三方のトップバッター、「冬期道路管理の実態と課題—高速道路を事例として—」ということで、東北環境テクノマート株式会社の村國さん、よろしくお願いいたします。

### 「冬期道路管理の実態と課題 —高速道路を事例として—」

東北環境テクノマート(株) 雪氷防災支援センター長 村國 誠 様

〔村國〕 村國と申します。こういうテーマでは昨年、石本さんからもお話があったように記憶していますが、今回私は高速道路の事例ということで、私がふだん考えていることをお話ししたいと思います。



資料 3-7-1

| 冬期道路管理に関する判例にみる<br>道路管理者に求められる対応    |                                                                                                                                           |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 判 例 要 点                             | 道路管理者に求められる対応策                                                                                                                            |
| ①薬剤散布等の対策を実施した場合は、その後の状況を監視する必要がある。 | 薬剤散布後の凍結監視は、薬剤散布によって氷点下がるため、気温や路面温度の測定では追跡できない。したがって、直接凍結現象を捉える凍結検知機器の整備やパトロールが必要である。                                                     |
| ②道路利用者への情報提供だけの対策は不十分である。           | 情報提供は、あくまでも副次的なもので現場対策を実施するまでの補完的なものとしての役割が必要である。                                                                                         |
| ③雪氷対策期間にとらわれない冬期道路管理が必要である。         | 情報収集機器の整備を進め、凍結予言情報や降雪情報の伝達などのシステム整備を行い雪氷対策期間外の初冬、春先の季節の変わり目での状況監視、対応体制の確立が必要である。                                                         |
| ④管理者内規のみにとらわれない対応が必要である。            | 基本的には内規で定めた管理水準を維持することは重要であるが、道路交通に依している限り安全の確保に注意を払う必要がある。また、管理者においては凍結管理基準がない場合は、あらかじめ定められているが、凍結管理については、ほとんど定められていない現状であり、今後の検討が必要である。 |
| ⑤昼夜間を問わない情報収集が必要である。                | 冬期道路管理では、特に夜間の道路管理が重要であり、24時間の情報管理が必要であり、情報の高度収集化が必要である。                                                                                  |
| ⑥道路種別によって要求される管理水準が異なる。             | 気温と湿度とは要求水準が異なる。高速道路においては、さらに高い管理水準が求められ、高水準化が必要である。                                                                                      |

資料 3-7-2

まず冬期道路管理に関する判例のまとめたものを見て下さい。これがそうですが、これは実は『道路行政セミナー』という小冊子に掲載されていたものです。大分前のものですが個々の判例ではなくて、それを要約してありました。これを見ますと、判例の要点というものと、この判例に伴って道路管理者側に求められる対応策というのがまとめられております。(資料 3-7-2)

まず一つは、薬剤散布の対策を実施した場合は、その後の状況を監視する必要があると指摘されております。なぜそういうふうに着目されるか、この対応策のほうを見ますと、薬剤散布すると氷点下がるために、路温を測定しても散布前の路温とは違ったものになり追跡できない面があるということで、直接凍結現象をとらえるか、もしくは凍結検知機器というものを整備する必要があるという指摘です。それからもちろん巡回(パトロール)も必要になるということです。

2番目は、道路利用者(ドライバー)への情報提供が必要なわけですが、それだけでは不十分だという判例になっています。この情報提供というのはあくまでも現場対策を実施するまでの副次的なもので、補完的なものだということが言われております。

3番目は、雪氷対策期間にとらわれない冬期道路管理が必要であるとあります。高速道路の例でいいますと、一応雪氷の期間というのがございます。それ以外のときもやっていますが、一応その



期間というのがあります。けれども特に初冬とか春先、こういう季節の変わり目ではいつ起こるかわかりませんので、期間にとらわれないでやる必要があると指摘されています。

それから（４番目）、管理者の内規、マニュアル等にとらわれない対応が必要であると。これも厳しいのですが、内規で定めた管理水準を確保することは重要ですが、道路交通に供与している限り、安全の確保に注意する必要があるということです。除雪についての管理基準は定められている例が多く、例えば高速道路では 5cm になる前に除雪しようということを言っているのですが、路面凍結管理についてはほとんど定められていないということで、今後の検討が必要であると道路管理者に言われていて、今後も凍結に関しては検討しなさいと指摘されています。

北海道の寒地土木からの説明ですと、滑りの抵抗値とかそういうもので管理しようという動きがありますが、非常に努力されていると思います。

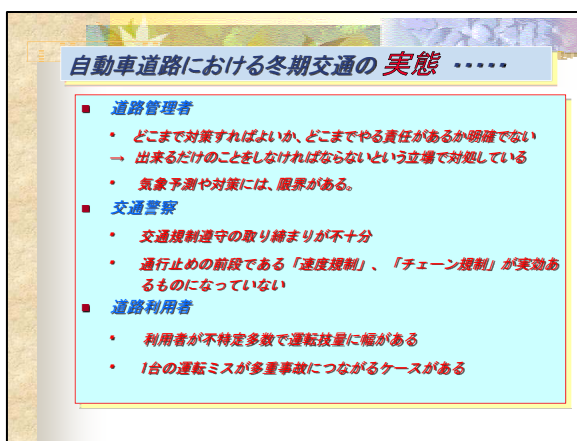
５番目が昼夜間を問わない情報収集が必要であるということで、要は 24 時間やりなさいということです。

それから（６番目）、道路種別によって要求される管理基準は異なるということで、もちろん県道、国道とは違って、高速道路においてはさらに高い管理水準が求められています。

要約するとこういうふうに管理者に求められていて、どれをとっても非常に厳しいものがございます。



資料 3-7-3



資料 3-7-4

それから、我が国の自動車道路の現状ということですが、高速道路の事例で、三位一体論ということをよく言われます。（資料 3-7-3）

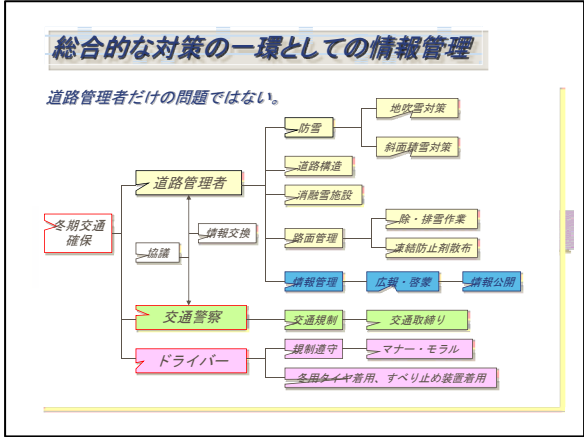
昔の道路公団の本社の URL にも書いてありますが、道路管理者と交通警察と利用する道路利用者（ドライバー）の方が三位一体となって、それぞれの立場で最善の努力をして高速道路をうまく使おうということです。

これはあくまでも理想でして、実態はどうなっているのかを見ますと、道路管理者についてはどこまで対策すればよいか、どこまでやる責任かというのが明確ではありません。ではどうしたらいいかというと、できるだけのことをしなければならないという立場で対処していくというのが実際です。それから気象予測や対策には限界があるということで、障害のあるところどこでもスノーシェルトーのように覆ってしまえばいいのですが、そういうわけにはいきません。

それから交通警察のほうを見ますと、規制をかけるわけですが、実際はその後交通規制の遵守の取り締まりが十分ではありません。また、通行止めを回避するためには、通行止め規制の前

段である速度規制とかチェーン規制というものが実効あるものになっていなければならないのですが、実際には、大雪とか豪雪時にはそれが実効あるものになっていない例が多いです。

ドライバー側のほうの問題点を見ますと、利用者が不特定多数で、運転技量に幅があるとか、1台の運転ミスが多重事故に至るケースがあります。1台のモラルのない人の運転が、良識ある車をも巻き込むということもあります。(資料 3-7-4)



資料 3-7-5



資料 3-7-6

言ってみれば冬期道路管理というのは道路管理者だけの問題ではありません。全体を見ますと冬期的高速道路の交通を確保するには、道路管理者と交通警察とドライバーの三位が一体となってやろうということですが、道路管理者側のところだけの対策を見ても、防雪（吹雪対策や斜面对策、堆雪余裕幅やUターン路などの道路構造上の対策）、消・融雪施設、作業面では除雪、凍結防止対策としての薬剤散布、それだけでなく情報管理、広報・啓蒙するなどがあります。それから業務の説明責任といいますか情報公開することも重要です。それから交通警察が規制をかけて取り締まりする。それを利用者が遵守する。このように全体がまとまって始めて安心・安全が成立します。(資料 3-7-5)

日本の冬期道路の対策を非常に難しいものになっているものに、これは前にもご説明がありましたけれども、非常に低緯度で凍結・融解を繰り返すという日本の（冬期気象の）特徴があります。(資料 3-7-6)



資料 3-7-7



資料 3-7-8

それから高速道路でいいますと、長大トンネル、これは関越トンネルの例ですけれども、向こう側は大雪、こちら側は雪がないという状況。そういうところではチェーンを着けてくると脱いでもらうというようなことが起こっております。



資料 3-7-9



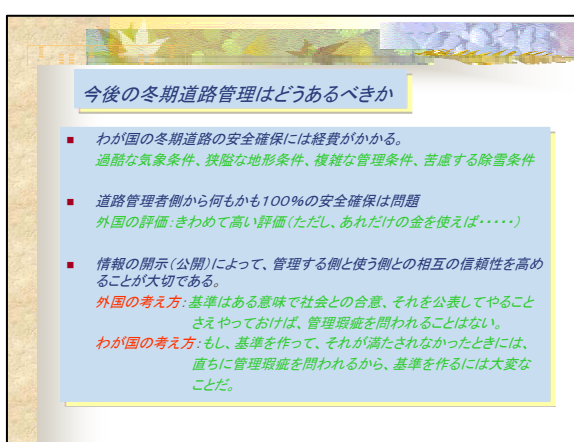
資料 3-7-10

これが関越トンネルの両坑口です。そのためにチェーン着脱場の大きな施設が必要になります。  
(資料 3-7-9)

それからこれが上下線が分離している札幌の高架橋の部分ですが、除雪する側方には道道が通っていますので、雪を投げられないという制約があります。(資料 3-7-10)



資料 3-7-11



資料 3-7-12

それからいま一つの制約として、関ヶ原付近だけ雪が降るというものがあります。関ヶ原付近の両側は無雪地域でして、そういうところでの雪対策も困難を極めます。(資料 3-7-11)

以上、数ケースのわが国の高速道路での冬期道路管理の特徴を述べましたが、それぞれ非常に問題を持っています。

諸外国と較べた場合、我が国の冬期の道路の交通安全には経費が掛かります。いま言いましたような、過酷な「気象条件」と「地形条件」と「管理条件」と「除雪条件」などがその根拠となっています。それから、なにもかも管理者側だけで 100%安全確保をしようというような対応をするといろいろな問題が出てきます。ですから、情報を開示（公開）して、管理する側と使う側との相互の信頼性を高めることが大切ではないかということです。



一つ外国と我が国の基準の考え方をここに書きましたけれども、外国では基準はある意味で社会との合意でこれを公表してやることさえやっておけば、管理瑕疵を問われることは少ない。それに対して、日本では基準をつくってそれが満たされないときには直ちに管理瑕疵を問われるから、基準をつくることは大変なことだ。このような認識の違いがあるように、北大の菅原（照雄）先生から指導を受けたことがございます。（資料 3-7-12）

以上です。

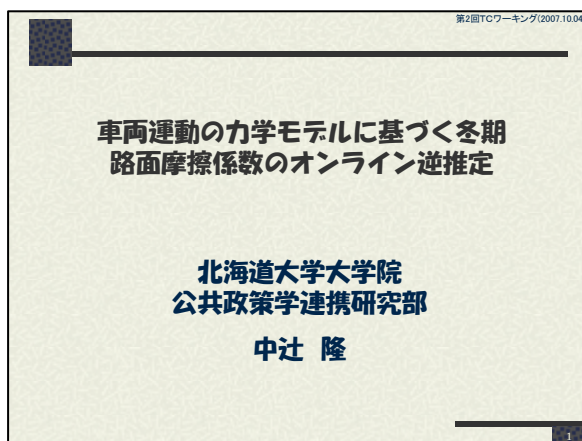
**中川** 村國さん、ありがとうございました。

それでは続きまして、「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」ということで、北海道大学の中辻先生よろしく願いいたします。

### 「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」

北海道大学 大学院 教授 中辻 隆 様

**中辻** 北海道大学の中辻でございます。今日は路面の摩擦係数ということに関しまして、今、村國さんから冬期の路面管理ということでやはり摩擦係数がキーポイントだと。あるいは会場の研究者さん初め、摩擦係数に基づく路面管理を私どもも一緒にやらせていただいておりますが、摩擦係数を知ることが非常に難しい。それで、従前は国土交通省の各地方整備局にすべて必ず測定車があって、今はもうほとんど絶滅技術といえますか、国土交通省で摩擦係数を測るということはほとんどできなくなっている現状にあるだろう。あるいは、高いお金をかけてというのは非常に時代にそぐわない。冬の路面の摩擦係数というのは車両運動と密接な関係があるので、車両運動から推定しようというのがアプローチ法です。

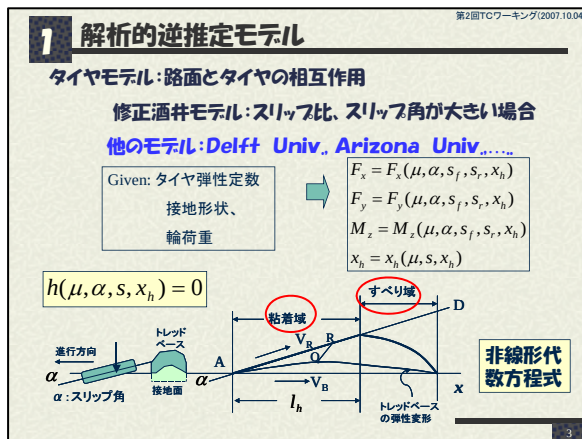


資料 3-8-1

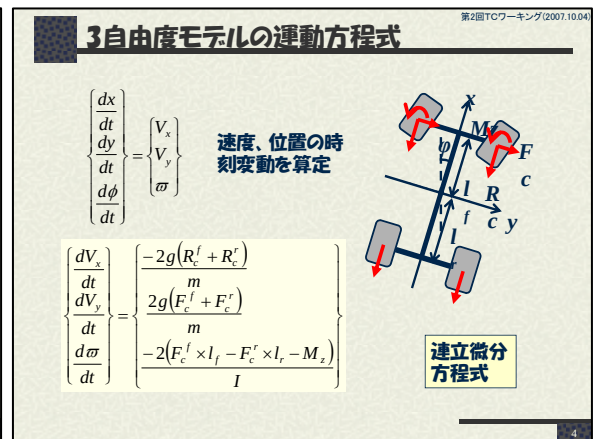


資料 3-8-2

この研究は過去3年間、国土交通省の助成をいただいて、現時点での摩擦係数の推定、それとあらゆる路面管理に使うということで数時間先の予測をしたいということと、それをいかに情報提供するかというような大きな三つの項目からなっております。基本的なコンセプトとしては、道路パトロールの車で測って、そして通常走行で、思い切りブレーキを踏んだりすることなく摩擦係数を推定したい。そして、作業時間は準備段取りを含めて8時間、12時間ぐらい先の予測をやりたいということです。

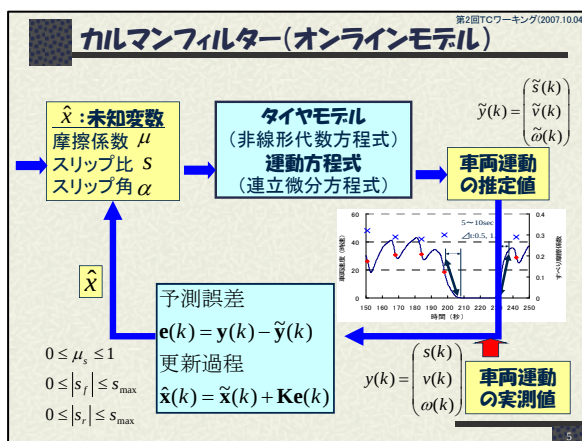


資料 3-8-3

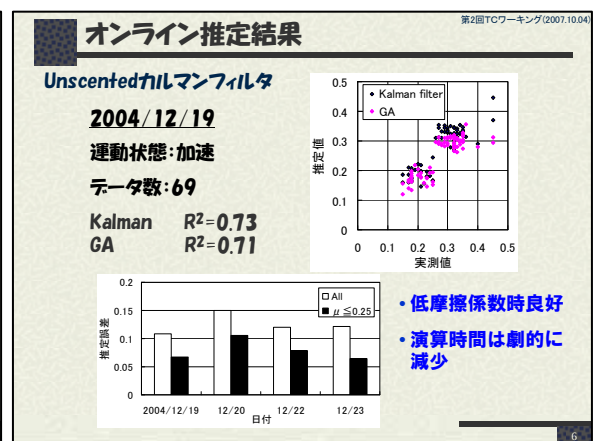


資料 3-8-4

逆推定、現時点の摩擦係数を推定するという方法で二つ試みまして、いわゆる力学的なモデルを組み込んでタイヤと路面の相互作用を考えてやる。2番目に統計的なモデル、説明変数を考えて、それから推定する。時間が限られていますので、簡単なコンセプトみたいな話で説明します。また、予測に対してもその基本的な考えを中心にして、どの程度の精度まで行っているかということをご報告したいと思っています。



資料 3-8-5

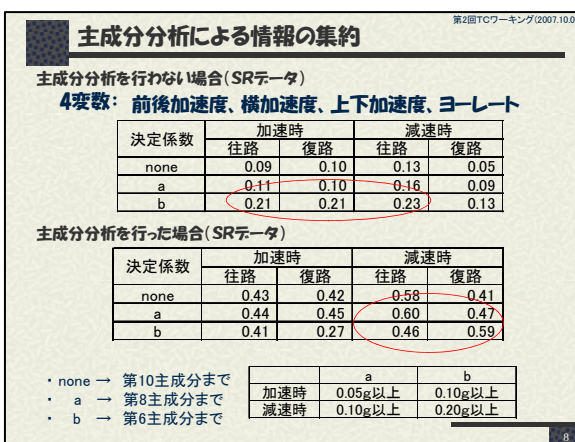


資料 3-8-6

まず解析的モデル。これは先ほど言いましたように、タイヤと路面の相互作用を考えて、ただ残念ながら摩擦係数がわからない、ハンドル操作もわからない、あるいはブレーキの操作もわからないということで、摩擦係数なり、そこにスリップ比と書いてありますが、どの程度ブレーキを踏んでいたか、あるいはハンドル操作、摩擦の大きさ、これを未知数にせざるを得ない。未知数において、とりあえず何かの形で仮定してタイヤモデルというのを使うと、タイヤと路面の力が想定できるので運動方程式がつくれて、それをここにも書いてありますが、例えば交差点でブレーキを踏んでいる 0.5 秒置きぐらいにデータを取り込みます。最初はこういう値は仮定せざるを得ないんですが、その運動方程式を解くと、車両の運動ができるので、実際の測定した運動と比べてその差がなくなるようにフィードバックをかけてやる。こういうのは基本的な考え方です。

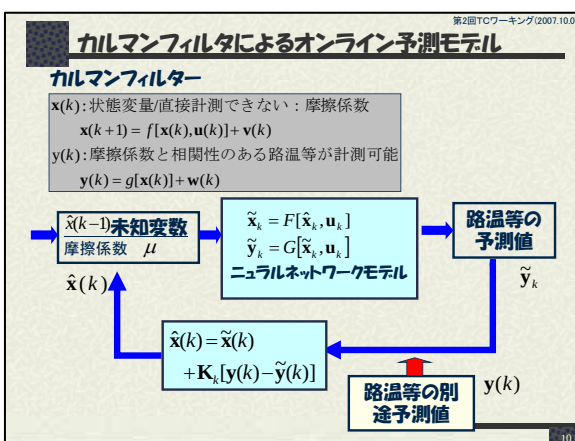
もう結果だけの紹介ですが、こちらに実測値と推定値、今のレベルからいうと、いろいろなパラメーターがわからないという部分もあるのですが、凍結と圧雪ぐらいの区別はできるかなという状

セツシヨンⅢ  
冬期道路管理



資料 3-8-8

そうするとやはりほかのデータや気象データを組み合わせていかないと、0.8 とかその辺まで行かないのではないかというのが、これをやった結果です。



資料 3-8-10



あと予測に関しましても数時間先を予測したいということなので、これもオンラインでやりたい。カルマンフィルタというモデルを使っていますけれども、基本的な考えとしては、いま特に寒地土木研究所とやっていて路温の予測をかなりの精度でできる。路温は路面摩擦係数と相関性が高いので、このデータを使おうと。6時間先、12時間先の路温の予測が出たら、そのデータの情報を使って推定してやろう。具体的にはいろいろな角度のデータから数時間先の予測をするんですが、もう一つ路温を別途予測してやって、最初に推定したやつをその実際に測った路温なりと予測したものとの差が小さくなるようにというような方法でやります。これもフィードバックというようなことで、路温の予測が入ってくるたびにフィードバックをかけている。

ただ、もう一ついろいろなインタビュー調査で、現場の実際に塩まきなどをやっている人にアンケートをとると、現場の人は3時間ぐらいだとわかるといいます。そういう実務の人の経験も何とか入れようということです。3時間先の例、6時間先の実務者の予測、それも情報だということで、それと実際の気象データから予測されたものの差をとって、それで補正するというのを考えています。

第2回TCワーキング(2007.10.04)

**予測された路面分類の的中率**

|       | 発寒西   |       | 発寒東   |       | 新川東   |       | 北郷    |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | Mdl 1 | Mdl 2 | Mdl 1 | Mdl 2 | Mdl 1 | Mdl 2 | Mdl 1 | Mdl 2 |
| 6時間先  | 77.6  | 77.6  | 86.3  | 86.5  | 86.6  | 86.8  | 75.5  | 75.8  |
| 9時間先  | 72.8  | 71.3  | 71.5  | 72.3  | 80.4  | 81.5  | 72.4  | 72.1  |
| 12時間先 | 79.3  | 77.8  | 74.9  | 75.7  | 81.9  | 84.4  | 78.5  | 79.3  |

(Mdl 1:実務者予測データなし、Mdl 2:実務者予測データあり)

11

資料 3-8-11



資料 3-8-12

結果ですが、いま札幌新道の幹線4カ所で気象データなりのデータがあります。ただ、路面の摩擦係数のデータがないので、実際ここで使いましたのは、2005年の冬期間100日間のビデオ画像、気象観測点で撮っている画像データから路面分類をやりました。ですから、この図は摩擦係数ではなくて路面分類の予測ですが、6時間先、9時間先、12時間先というのを、実務者の予測データがある・なしでやりました。

大ざっぱに言うと、的中率が7割、8割ぐらい。まだ実務というか、現場に持っていくにはもう一ひねりが必要な状況です。こういう推定されたデータというのは、例えばパトロールカーにつけて、交差点で加減速するとその摩擦係数がある限界になるとこういう危険マークなんかというのは。これはまだ実際車両がオンラインのシステムになっていませんので、データがワイヤレスで飛ぶようになっていないので、オフラインの結果を表示させているだけですが、技術的にはこういう表示がオンラインでできるぐらいにはなっています。

まとめ&課題

第2回TCワーキング(2007.10.04)

➤解析的手法による車両運動データからの摩擦係数逆推定

- ✓Unscentedカルマンフィルタによるオンライン化
- ✓モデル選定、パラメータのチューニング

➤統計的手法による車両運動から摩擦係数成分の抽出

- ✓主成分分析や閾値の設定による効果
- ✓CANデータ

➤気象データを考慮した路面状態の短期予測

- ✓ニューロ・カルマンフィルタによるオンライン化
- ✓GA+BP効果的
- ✓短時間先予測:路面分類予測による限界
- ✓摩擦係数データの集積

13

資料 3-8-13

詳しくは

第2回TCワーキング(2007.10.04)

1. 国土技術政策総合研究所・土木学会、平成16年度「実践的ITSに関する調査研究」報告書、2005
2. 国土技術政策総合研究所・土木学会、平成17年度「実践的ITSに関する調査研究」報告書、2006
3. T. Nakatsuji et. al.: On-line Estimation of Friction Coefficients of Winter Road Surfaces Using Unscented Kalman Filter, Transportation Research Record(掲載決定)
4. T. Nakatsuji: Inverse Estimation of Friction Coefficients of Winter Road Surfaces -New Considerations of Lateral Movements and Angular Movements-, Transportation Research Record No.1911, pp.149-159 (2005)
5. T. Nakatsuji et. al: Relationship between Winter Road-Surface Conditions and Vehicular Motions: Measurements by Robe Vehicles Equipped with Global Positioning System, Transportation Research Record No.1824, pp.106-114 (2003)
6. T. Nakatsuji, et. al.: Extraction of the Slipperiness Component from Weather and Traffic Data for Winter Maintenance Operations by Means of an Artificial Intelligence Technique, Transportation Research Record No.1794, pp.65-71 (2002)
7. T. Fujiwara, T. Nakatsuji et. al.: Prediction of the Slipperiness of a Road Surface in Winter Using a Neural-Kalman Filter, Transportation Research Record Special Report on Snow Removal and Ice Control Technology, pp.85-91 (1997)
8. 林、中辻他: 車両運動データによる冬期路面摩擦係数のオンライン予測、Proc. 第5回ITSシンポジウム, pp. (2006)
9. 林、中辻他: 車両運動データによる冬期路面摩擦係数逆推定法の拡張、Proc. 第3回ITSシンポジウム 2004, pp.8-13, 2004
10. 中辻他: Probe車の車両運動データによる冬期路面摩擦係数の逆推定、Proc. 第2回ITSシンポジウム 2003, pp.125-130, 2003
11. 川村、中辻他: 冬期路面状態におけるProbe車の車両運動データの周波数特性およびスリップ比特性、Proc. 第1回ITSシンポジウム2002, pp.311-317, 2002

14

資料 3-8-14

課題ですが、やはり解析的なモデルでは、冬タイヤのパラメーターがわからない部分がいっぱいありますので、そのチューニング。また統計的なモデルは車両のデータだけでは厳しくてもう少しほかの気象データなどを組み合わせる必要があるかなと。予測に関しましては、路面分類で利用できるニューロを使っているというのもあって、膨大なデータが必要だと。そういう点でまだまだデータの蓄積が不足の状況でございます。

雑駁ですが以上です。

中川 中辻先生、どうもありがとうございました。それでは、「少雪地域での異常降雪対策」ということで、土木研究所寒地土木研究所の小笠原さん、よろしくお願いいたします。

### 「少雪地域での異常降雪対策」

(独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ長 小笠原 章 様

小笠原 小笠原でございます。異常気象ということが最近言われて、それに伴う災害が発生しているというお話もよく耳にします。2年くらい前に、自分が北見の異常降雪の調査の取りまとめを担当していたことがあり、今回その内容をご紹介します。

少雪地域での異常降雪対策

(独)土木研究所 寒地土木研究所  
寒地道路研究グループ長  
小 笠 原 章

寒地土木研究所

資料 3-9-1

はじめに

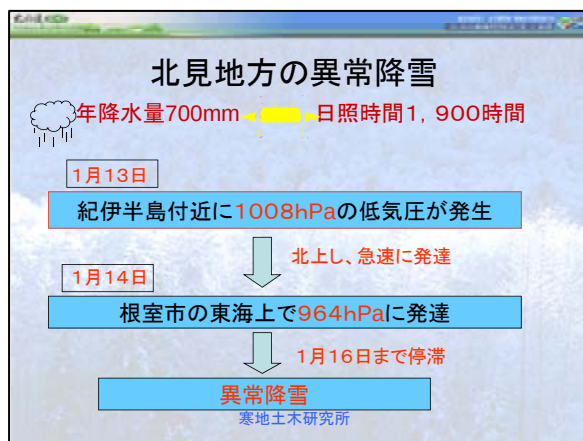
- 平成16年1月から2月にかけて、北見地方に100年に1度と言われる異常な降雪。
- 市民生活が大混乱し、除雪のあり方等が社会問題化。
- 多雪地域との比較等によって少雪地域での異常降雪対応策を減災の視点から提案。
- 火山における周辺地域の初動対応策も参考に。

寒地土木研究所

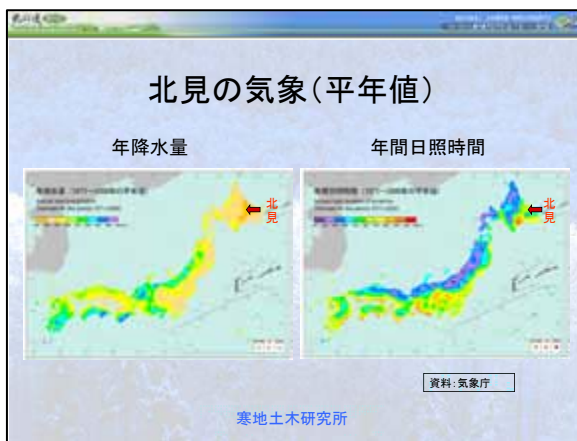
資料 3-9-2

「はじめに」ということで、平成16年1月から2月に100年に一度という異常な降雪があり、

市民生活が大混乱しました。パニック状態になったということですが、除雪のあり方等が社会問題になったということでもあります。このような問題に対して、多雪地域との比較で何が足りなかったのかということも検討してみました。それからこの調査を行うに当たっては、私の経験、駒ヶ岳とか樽前山の火山噴火、これも非常にまれな現象でございますけれども、そういったものも多少念頭に置きながら検討しました。

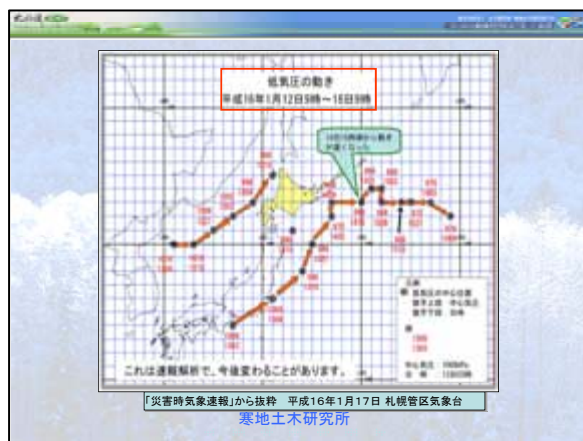


資料 3-9-3



資料 3-9-4

北見地方の異常降雪は紀伊半島沖にできた低気圧が1日で台風並みになってしまったところから発生しました。北見地方というのは降水量が日本でも最も少ないと言ってもいいと思いますが、年間700ミリぐらいしかございません。



資料 3-9-5



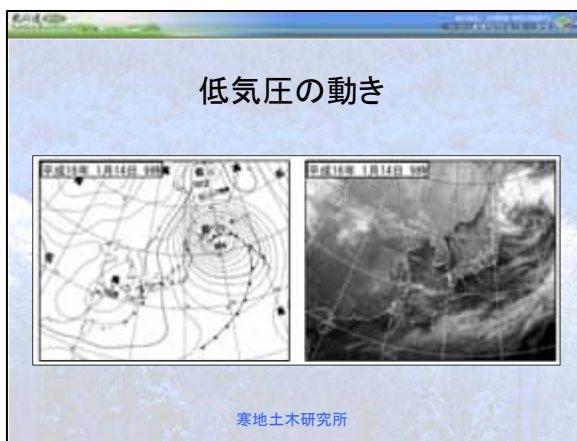
資料 3-9-6

これが当時の低気圧の動きですが、発生からほぼ1日で北海道の根室沖に達して、最も低い値が964hPaでした。この低気圧の東方に高気圧があってブロックしており、その勢力が強く、低気圧が3日間ぐらい停滞してしまったということです。この低気圧が急速に発達した理由は、湿った3月上旬並みの空気が日本海のほうから一気に供給されたということのようです。

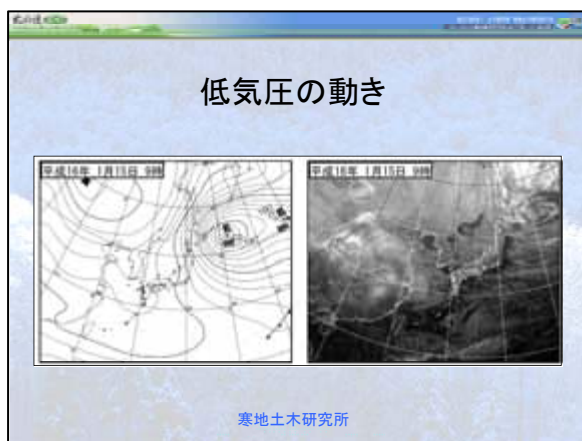




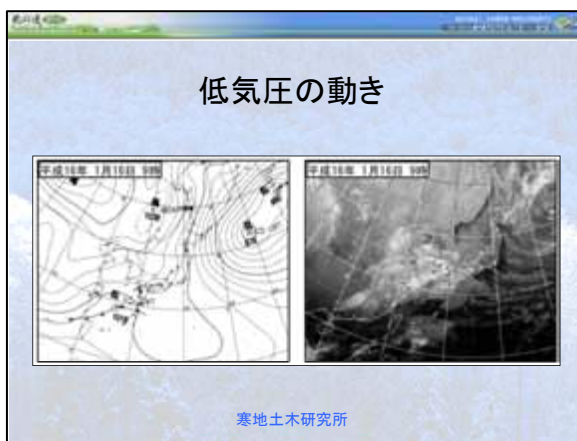
資料 3-9-7



資料 3-9-8



資料 3-9-9



資料 3-9-10

ここからは低気圧の動きを見ていただきたいのですが、どんどん低気圧が発達して、根室沖付近で停滞してしまいました。それで被害が大きくなったということです。



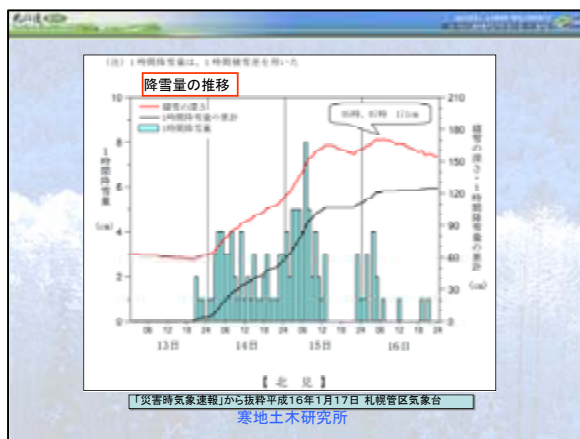
資料 3-9-11



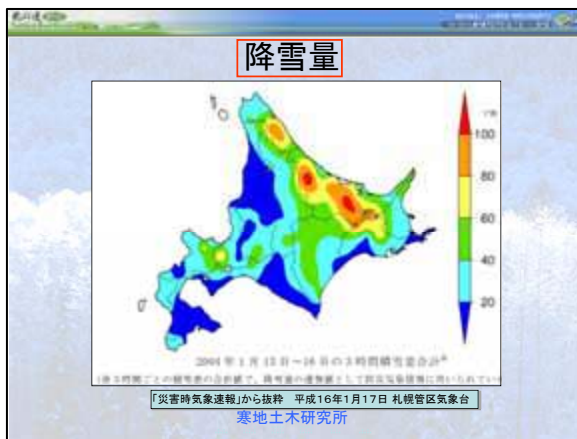
資料 3-9-12

国道だと思いますが、車が埋まってしまいました。北海道の雪はしんと降るというよりは、今回のように、あっという間に車が埋まってしまうぐらいの猛烈な地吹雪も伴った雪が降るということも多いのです。

北見駅前の電話ボックスがこんな感じで埋まってしまうというような雪でございます。

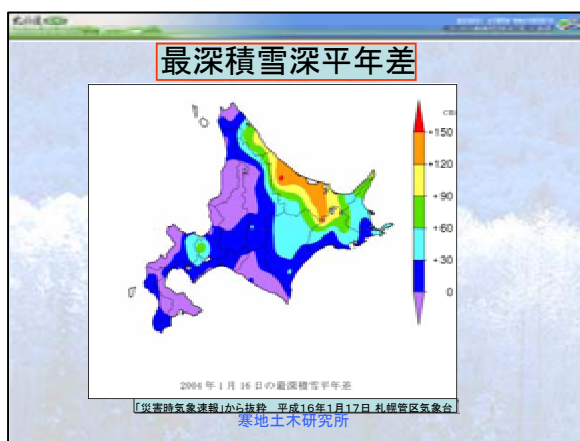


資料 3-9-13

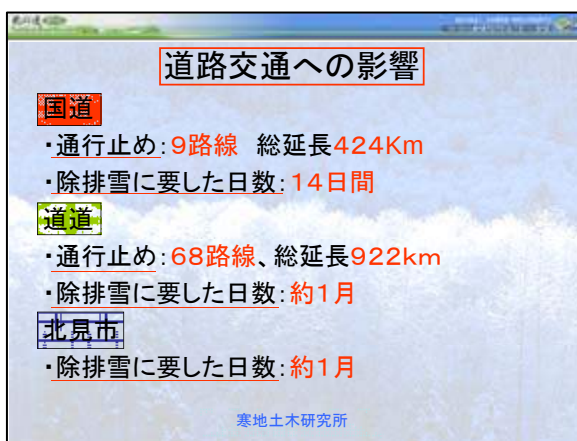


資料 3-9-14

北見市の降雪量の推移ですが、2 日間にわたって大体 1 年分の積雪がありました。当時の降雪量の分布を見ると、北見・網走地方を中心に降ったことがわかります。



資料 3-9-15



資料 3-9-16

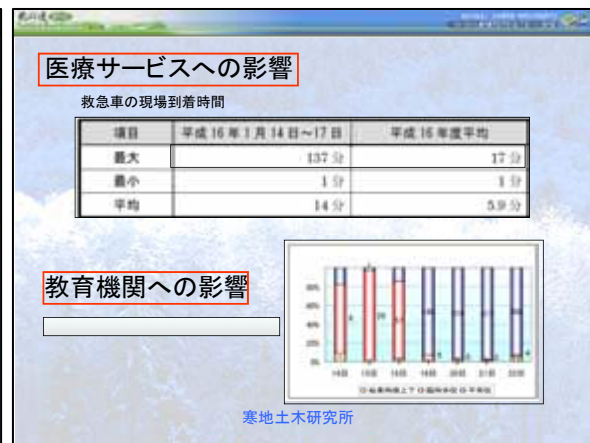
1 月 16 日の過去の平年差に対してどのぐらい雪が積もったかという、1m を超えるような雪が積もりました。北見地方はもともと降雪量、降水量の少ないところです。

道路交通への影響ですが、国道が 9 路線 424km、除排雪に要した期間が 14 日間ということです。この国道・道道の交通止めはほとんど吹雪による視程障害で、雪崩はほんの一部です。道道は 922km、除雪に要した期間は、1 月ということで、一次除雪、グレーダー、ドーザーの除雪でも 2 週間ぐらいかかっています。北見市で 1 ヶ月。これは幹線道路でも 1 車線確保するのがやっと、生活道路では歩道を確保するのもやっとというような状況の中で 1 ヶ月かかっています。断続的にその後降った雪の影響もありました。





資料 3-9-17



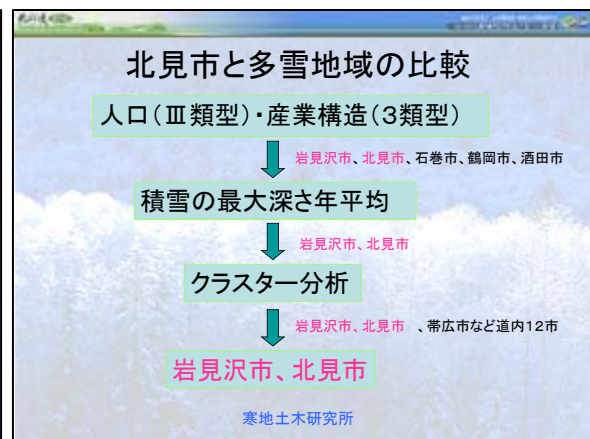
資料 3-9-18

15日の交通止めの状況ですが、国道が赤で道道が緑です。1市7町が交通途絶したような状況、それから4町7000人が孤立したような状況になったということです。

医療サービスへの影響としては、救急車が患者のところへ最大137分かかってしまいました。一部の地域では、除雪車を伴って救急車を走らせたような状況です。平均でも通常より3倍かかってしまったということです。



資料 3-9-19



資料 3-9-20

市民生活への影響については、降雪当時は、ほとんど生活道路の除雪ができなかったということで、買い物とか灯油が手に入らないとか、パニック的な状況になりました。

この地域のように、比較的雪の少ないところに雪が降ったときに、どのような対策をとればいいんだろうということいろいろ考えたのですが、まずは雪の多いところから学ぶこともあるだろう、雪の少ない地域に足りないところは何だろうということで、都市の規模が似たようなところを比較分析するために、岩見沢市と北見市を選定しました。

[illegible]

資料 3-9-21

東川町議会

第 10 期 第 1 回定例会

| 項目                 |             | 多雪地域（長野県市）                                                  | 少雪地域（千葉県）                                                    |
|--------------------|-------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 4. 情報<br>の収集<br>状況 | 市民の意見<br>収集 | ・除雪雪119番の設置<br>・除雪相談会の開催（市役、助産員が<br>主幹者が参加）                 | ・東河津町と同一の窓口（平成 16 年度<br>以降：「除雪センター」と「都市建設<br>部内」に主事務所を設けて対応） |
|                    | 情報伝達ツ<br>ー  | ・日系統                                                        | ・日系統                                                         |
| 5. 広報              |             | ・放送：広報車/町見視放送/町見はま<br>なす<br>・一軒：いりふろがた除雪<br>・一軒：ニコニコ除雪（計画書） | ・放送：広報車/サイレン/除雪 北見放送局<br>・一軒：ニコニコ除雪（計画書）                     |
| 6. 助成制度            |             | ・除雪機・除雪資材の助成金制度<br>・ロードヒーティングの設置資金の助<br>成金制度                | ・除雪機の貸与                                                      |
| 7. 雪対策施設（雪の<br>貯蔵） |             | —                                                           | ・ロードヒーティング<br>・スロウウェイ                                        |

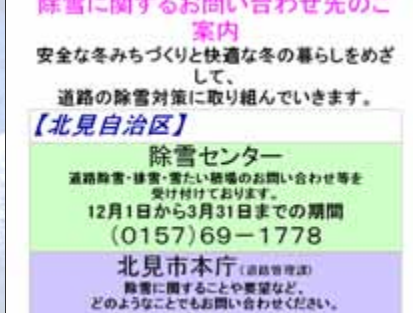
多雪地域と少雪地域の比較（その2）

寒地土木研究所

資料 3-9-22

雪の予算、除雪作業の契約や基準、雪対策本部がどのようになっているか、雪堆積場がどうなっているかなどを比較しました。これから、北見市では雪堆積場が非常に少なかったというのが大きなポイントになっていたことがわかりました。

もう一つは、市民の意見収集で、1 万件を超える苦情が来たということで、市役所の中も、市民と一緒にパニック状態になってしまったということを聞いています。この辺の対応も必要だろうと考えました。



除雪に関するお問い合わせ先のご案内

安全な冬みちづくりと快適な冬の暮らしをめざして、  
道路の除雪対策に取り組んでいきます。

**【北見自治区】**

除雪センター  
道路除雪・修雪・雪たい積場のお問い合わせ等を受け付けております。  
12月1日から3月31日までの期間  
(0157) 69-1778

北見市本庁（道路管理課）  
除雪に関することや要望など、  
どのようなことでもお問い合わせください。  
(0157) 24-9311

寒地土木研究所 [北見市ホームページから抜粋](#)

資料 3-9-23



資料 3-9-24

今は、北見市のホームページにこのような窓口があり、除雪状況がわかるようになっていますが、運営上まだまだ課題があるというお話を聞いております。

[illegible]

資料 3-9-25

# 有識者へのヒヤリング

○高橋 清 北見工業大学土木開発工学科助教授

専門：交通安全政策、交通政策評価、交通政策、交通行動など

- ・行政の福祉部門と除雪部門の**連携**強化→減災
- ・短期的にはVSP、町内会・コミュニティとの**協働**→ソフト施策が重要
- ・道路管理者間の通行止め**情報**→正確かつ一元化が必要。
- ・国道→**物流**確保の観点から早期確保が必要。防雪林、防雪柵、視距確保などのハード対策も必要。

資料：「異常降雪対応及び除雪の効率的な実施に関する事業推進調査」平成17年3月北海道開発局開発管理部開発課課長

寒地土木研究所

資料 3-9-26

除雪機械については、国道、道道、市道、やはり少雪地域というのは多雪地域に比べ、2 分の 1 から 3 分の 1 ということで少ない実態にあります。ないものねだりをしてもしょうがないし、無理を強いてもしょうがないのだろうといった中で、どう対応していけば良いかということを検討しました。有識者へのヒアリングでは、福祉部門との連携の強化、町内コミュニティとの協働、それから情報、物流の確保といったご意見がありました。

# 勉強会

- 座長:五十嵐日出夫 北大名誉教授  
(出席者)開発局関係6課

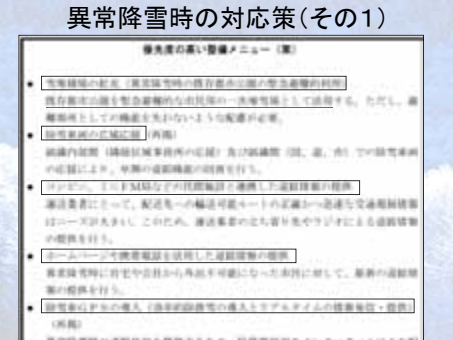
## ○主要な意見

- 都市公園の緊急雪積場としての利用。災害時の避難場所としての調整が必要。
- 除雪機械の融通には、費用負担などを事前にきめておく必要がある。
- 将来的には教育などのソフト施策が重要。

資料:「異常降雪対応及び除雪の効率的な実施に関する事業推進調査」平成17年3月北海道開発局開発総監和開発課調査

寒地土木研究所

資料 3-9-27



寒地土木研究所

# 異常降雪時の対応策(その1)

## 降雪度の高い豪雪マニュアル(Ⅱ)

- 降雪時の対応（異常降雪時の降雪量に起因する豪雪時の対応）
 

降雪量の多い豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。ただし、豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。
- 降雪時の対応（降雪量の多い豪雪時の対応）
 

降雪量の多い豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。ただし、豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。
- 降雪時の対応（降雪量の多い豪雪時の対応）
 

降雪量の多い豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。ただし、豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。
- 降雪時の対応（降雪量の多い豪雪時の対応）
 

降雪量の多い豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。ただし、豪雪時の対応は、降雪量の多い豪雪時の対応として対応する。

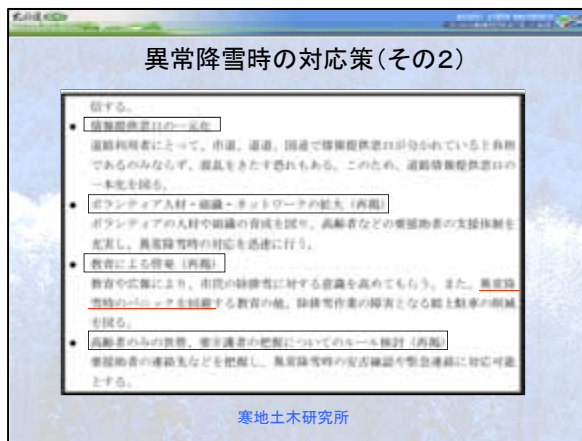
寒地土木研究所

資料 3-9-28

開発局の関係課を集めて勉強会も行いました。この中で都市公園の緊急雪の堆積場としての利用とか、除雪機械の融通だとか教育などのソフトが重要だという意見が出されました。

このような検討を踏まえ、異常降雪時の対応策として、優先度の高い、少雪地域でもすぐにもある程度できるであろうというメニューを掲げました。先ほどもありましたように、都市公園の緊急利用とか、除雪車両の広域応援、コンビニ、ミニFM局などの情報提供とかホームページや携帯電話を利用した情報提供、それから除雪車のGPSの導入。これは実際に北見市で携帯電話のGPSを使って、先ほどご紹介したシステムで運用しています。





資料 3-9-29



資料 3-9-30

情報窓口の一元化は、正確な情報がなかなか得られないということがパニックの一つの原因になったということです。ボランティア人材・組織・ネットワークの拡大、教育による啓発。それから高齢者のみの世帯、要介護についての把握ルールの検討。少雪地域でお金がなくても人があまりいなくてもある程度は対応ができて、市民のパニック的な混乱を防げるのではないかとされるメニューを一通り提案したものです。

以上で終わります。ご静聴ありがとうございました。

#### 【意見交換】

**中川** どうもありがとうございました。このセッションⅢについては、「冬期道路管理」ということで全体で 11 件、11 名の方から応募がありました。いろいろな関係で今 3 人の方のプレゼンテーションをいただいたわけでございます。

それではどなたに対してでも結構でございますが、ご質問・ご意見がありましたらお願いいたします。

**松沢** 中辻先生にご質問です。最後のほうで路面分類の予測というのがありますが、この路面分類は何種類の路面分類か教えてください。

**中辻** 寒土研からデータをいただきまして、お聞きしたのはテレビのモニター画面から見て、一冬終わって夏場になってから、その画面のデータ起こしをやって、乾燥湿潤、圧雪路面、凍結路面の 3 種類に分けてあります。

**松沢** わかりました。ありがとうございました。

**中川** ほかにございますか。

**福原** 福原です。非常におもしろいお話をありがとうございました。これを聞かせていただきまして、今、中辻先生がやられている、現時点でのミューというのがあるべく非常に簡単なやり方で出せるというところが、今やられているアプローチとしては最大のメリットではないかと思います。

それで、できれば車から簡易的に出てくるというのが最高ですけども、ただやはり将来的な予測という形になりますと、これは車側からの予測というのは当然難しいところがあって、先ほど言われましたように路面の雪氷状態がどうかというところとの結びつきというのは出てくると思います。

したがって、できれば現状のミューがどうなっているのかということがこれで出せて、同時にそのときの路面の雪氷状態もピックアップできて、そこら辺の対応がうまくいけば、もっと精度が上がると思いますし、同じようなことを研究されている方や、僕なんかにしても非常に欲しいようなデータもたくさんいただけるのではないかと考えて期待しております。そこら辺をまた一緒にデータを集めていただければありがたいと思います。

**中辻** 私まさに福原先生がおっしゃいましたように、先ほど申し上げましたように、車のデータだけでは厳しい、どんなに頑張っても7割、8割かなと。不足する部分は気象のデータとか路面の状況のデータとか、そういうデータで補足していかないとなかなか厳しいかと思っています。

**福原** でも、本当に道路管理者からすると、例えば道路散布車にこういう装置がついて、ある程度の値がわかってくるということは非常にメリットがあると思いますので、ぜひこのアプローチでもどんどん精度を上げていっていただければという気がしております。よろしくお願いします。

**中川** ほかにご質問等はございますか。

**新藤** 雪センターの新藤でございます。村國さんにお尋ねします。まさに道路管理者あるいは交通警察、利用する側と、いろいろ勝手な言い分といいますか、それぞれ言い分があったりやり方があったりということで、相互に信頼感がないというのは当たっているのかなと思っています。

村國さんはそのためにはやはり情報の開示をもっとうまくやって、そういう関係者が腹を割って話すような方法が必要ではないかと言っているのではないかと私は感じたのですがいかがでしょうか。

**村國** まさにおっしゃるとおりで、具体的に一つ事例を申しますと、前にも言った覚えがありますが、関越トンネルができたときに、今ほどスタッドレスタイヤが普及する前でチェーンをつけている車が多くありました。そうすると10キロのトンネルがありますから、そこで脱いでもらうということをやるわけです。湯沢に入ったら当然またつけなければいけない。ドライバーには道路公団は何をやっているんだというような不評を買いました。けれども、やっている側からすれば、お客さんの安全のためであって、不評を買うということは非常によろしくないことです。我々はこういう趣旨でこういうことをやっているんだということを説明しました。

説明するとドライバーの中には、あ、そういうことですか、それならば次回はスタッドレスタイヤを履いてくれば事は済むんでしょう、じゃあ次はおれはスタッドレスタイヤを履いてくるよということも起こったわけです。それは説明不足であって、そういうこともやらなければだめということです。事業の説明をしなければいけない。広報とか啓蒙と一般的に言うものと違って、いま何を調査しているかとか何をやっているのかという説明が必要だということです。

**中川** ほかにご質問等はございますでしょうか。



**福原** 村國さんの発表は非常に感銘しました。やはり今後ともこういった情報公開あるいは道路管理者、道路ユーザーも巻き込んだ形での冬期道路管理をしていかないと、公共事業費というのが非常に圧縮されている中では当然、今から必要になってくるのではないかとということで、今、ターニングポイントにあるのではないかという感じがいたしました。それと先ほども言われましたけれども、例えば長大トンネルの場合だったら、こちらが積雪地域で向こうが非積雪地域といったようなところでの事故というのは非常に多いわけで、やはり広域にわたる情報公開というか、情報の伝達というのも非常に重要になってくると思います。いま国のほうでも少しずつやられておりますけれども、パートナーシップ型のそういった情報交換という形で、一般の方もある程度巻き込んだ形で情報の収集というか情報の公開を産官学といったような形で全体に推し進めていかないと、この問題は解決しないのではないかとという感じがいたしました。これはコメントというか感想です。

**中川** ほかにございますか。

**上石** 雪氷防災研究センターの上石です。小笠原さんに質問したいのですが、少雪のところたくさん雪が降ると非常に大変だということで、特に先ほどのスライドでもご紹介されたと思うんですが、現状の除雪がどのぐらい終わっていて、どこが終わっていないという情報はすごく大事だと思います。北見市の場合は、この情報をどういうふうにして集めて、どういうふう to 処理しているのか、もしおわかりになればお聞きしたいと思いました。よろしくお願いします。

**小笠原** 先日、寒冷地ITSセミナーの中で、北見市のご担当の方からお話を聞く機会がありまして、それでここでもご紹介しました。GPS付きの携帯電話を除雪の運転手に持たせて、どこを除雪しているかというのはそれでわかるのですが、ゾーン分けされた一つのゾーンの除雪が終わった時点で、終わりましたという報告を市の除雪担当者が受けます。それをエクセルに入力して、そのエクセルで整理したものがゾーンで色分けして出てくるそうです。

これは北見市の全課が見ることができ、対応できるようになっているということですが、まだ次にどういように除雪が展開していくかという情報がなくて、市民からの自分のところについて除雪に来るのかというような問い合わせに対応ができないし、このシステムも職員が全員理解しているわけではない。また、3人程度で除雪を担当しているものだから、24時間対応は大変だということをおっしゃっていました。

このシステムをもう少し改良すれば使いやすくなるのかなとも思いますけれども、雪関係の予算が少なく、直営で行う部分も多く、非常に苦勞されているなど感じました。少雪地域はそういうところが結構多いのではないかとと思っています。

**中川** ありがとうございます。ほかにございますでしょうか。

私から1点、村國さんにご質問です。南のほう、実は九州の高速道路の関係のお手伝いをしている中で、雪が降ったときにチェーン規制とかタイヤ規制をしていない区間がまだあります。前にお話を聞きましたけれども、実は交通警察が100かゼロ、つまり乾燥路面かどうかというような中で、交通事故とかで車が動かなくなったら通行止め、雪の処理が終わったら乾燥になったことを交通警察と道路管理者が一体となって、完全に乾いたら初めて開放だと。

さっき三位一体論がありました、どうも現実には交通管理者の意見が非常に強くて、こちらをどう打破していったらいいかというのが今の悩みです。例えば中国道あたりはチェーン規制をやっているとか、そういう中でどういうふうに事を進めていけば、この交通管理者がマルというのかというようなところで悩んでいます。方向性というかアドバイスをいただきたいと思います。

**村國** 全国論の話になると非常に難しく、中国地方とか九州というところの冬期の対策と典型的な北海道・東北の対策では考え方が違ってきます。北海道ぐらに行きますと、冬になれば全道が冬だということで比較的やりやすいわけですが、まさに先ほどの話ではないですが、少雪地域でたまに雪が降ったときのほうが神経を使います。ドライバーの対応も、冬装備の面での違いもありますから、ちょっとやそつとでは結論できませんが、いずれにしても、初冬期とか春先に神経を使うのはまさにそれだと思います。そういう場所での対策はまた別途それなりに難しいと思います。

**中川** ありがとうございます。

**酒井** 中辻先生にちょっと。冬期の路面摩擦係数というのはあまりにも条件がたくさんあり過ぎて、なかなか決められない。けれども、これから本当に道路管理者として情報を出していこうとすれば、それも何とかしないといけないと思います。ただ、個人的には路面摩擦というのが一つの数値ではありますけれども、何かもう少し車全体の面を考えて、例えば冬期安全走行係数だとか、あるいは危険係数だとか、もう少し全体をとらえた数値を持つてくるということもあっていいのではないかという気がします。そういう点はいかがでしょうか。

**中辻** 恐らく村國さんが発表になった話に直接関係していると思うのですが、例えば摩擦係数を測っても、それこそ 100m も離れない、あるいはタイヤ 1 本ずれただけでも違う。あるいは 1 時間、30 分おてんとうさんが出ると変わる。そうすると摩擦係数はいつの摩擦係数を使うのかという話に当然なります。先ほどの村國さんの最後のほうのスライドにありましたように、やはり道路管理者が道路の管理基準として持つためには、情報を今おっしゃったような形でワンクッション置く必要がある。

例えばパトロールカーで 1 キロ区間に 10 地点ぐらい測ったうちの平均値を雪タイヤ時摩擦係数とするとか、あるいはそれにさらにもう少し気象条件などを組み合わせた指標みたいなものをつくって、それで今おっしゃったような安全係数の指標という形でワンクッション置く必要はあるかと。そういうのをつくっていくことによって初めて、こういう条件のときにはここまでできます、こういう条件のときにはそれ以上はできませんという管理基準の議論を道路管理者が道路ユーザーに説明できるようになるのではないかと思います。

私どものほうはとにかくまずスタートポイントの値を知りたい。そこからどう加工していくかは次のステップの問題として大変重要な問題だと認識しております。

## ◆その他、全体を通して（意見交換）

**中川** ではこの後、また全体を通しての質問や意見交換を許されている時間で少ししたいと思います。お三方、プレゼンテーションをありがとうございました。拍手でお願いいたします。

それでは対象の相手方がどなたでも構いませんけれども、質問なり意見をどなたでも結構です。全体を通したレポートとかこの会の進め方とか何でも結構だと思いますので、ご発言いただければと思います。

**酒井** 竹内さんがお見えになっているようなので、竹内さんから、高速の乾雪でメッシュをかけて非常にうまくいきそうだというレポートを出していただきました。それらについてちょっとコメントをいただけたらありがたいと思います。

**竹内** 目的は道路の上に積もった雪が滑って落ちる。それを今までは滑りやすい塗料を塗ったり、角度をつけたり、ヒーティングしたりしていたんですけども、ヒーティングもいろいろ問題があるんですが、撥水性の塗装とかそういった材料では絶対確実にどんな気象条件でも2~3cm 積もったらずっと滑り落ちるというような状況は出てこない。必ず暖かいとき、水が存在すれば雪は滑りますけれども、水分が存在しないと撥水性とかその他の材料の性質が生かされてこないものですから、必ず雪が載ってしまいます。一度載った後、それが凍りついたら今度はすごく強い力になりますので、簡単には滑らないし、どんどん雪が多く積もってきます。

現在、実質的にはいろいろなことをやっても、維持管理のほうで雪を落としているという状況です。そういう状態を逆に、雪を落とさないで載せておこうという発想で、粗い金網みたいなもので一応工事フェンスと呼んでいるんですが、それを使ってやりますと、最も危険な凍結した部分のかたい雪は絶対落ちてこない。そして、上のほうは雪が落ちても大丈夫というようなやわらかいものなので、それは落ちてでもいいかなというようなことで実験しました。

実験した結果、30cm ぐらいの高さがあれば、2m 近く雪が積もるようなところでも、十分いけるというような現在の状況です。書いてある内容と今しゃべった内容と同じかどうかわかりませんが、そういうことをやろうとしております。

それから実際の橋に今年をつける予定があります。今年、ふゆトピアが千歳市であります、その近くに支笏湖があるんですけども、支笏大橋というところにそれをつけることになりますので、もし現地に行かれたら見ていただければと思っています。

**中川** よろしいでしょうか。

**酒井** はい。

**中川** ほかにどなたかもう一方ぐらい。

**酒井** もう一度いいですか。酒井與喜夫先生はおられますか。例の雪崩の予知の議論があったのですが、先生がいろいろやっておられることでああいうことが考えられるのではないかと気になっているのですが、何かコメントがあればお願いします。

**酒井（與）** 方向が違うんですけれども、昭和 59 年、新潟県の清津峡集落で清津川を飛び越えて雪崩が発生して旅館が何棟かつぶされて、そして 5 人の犠牲者が出ました。無線が通じなかったということで、早速商売に出かけていきました。暗やみの中、救助作業をやったらしいのですが、老いぼれた犬が 1 匹おりまして、「あんた雪崩が来るのを知っていたんじゃないか、どうして教えてくれなかった」と、動物が好きなものですから話しておりましたら、若おかみが出てこられた。

実は 1 週間ほど前から毎日夜 7 時ごろになると、この穏やかな犬がわずか 100m そこそこの温泉街を遠ぼえしながら歩いて回っていたと。それで、おじいちゃんが今年は「山が来る」と。全層雪崩でしょうか、表層雪崩だったんでしょうか、山が来るんじゃないかと言っておられたそうです。それで嫁さんに気をつけろよと言っていたところに雪崩が発生した。

犬で聞こえる、それを感じ取れるということは超音波帯まで行かないで、40 キロヘルツぐらいの音が犬は聞こえるようなんですけれども、その音かなと思っていましたが、私がいろいろ別な目的で探している限りでは、超低周波が滑る前に発生するのではないかなと思って見ております。30m ぐらいの離れたところに歩いていきますと、木に取りつけたセンサーが人の歩く音をキャッチしますので。超低周波のセンサーの非常に感度のいいものというのがなかなかないんですね。自分で苦労してつくったものがそれに該当するかと思いますが、実はアメリカの産業スパイは米軍にすごく感度のいいものがあると言われましたので、それをくれと言っているんですけれども、まだ実験中であげられないと言っております。

地滑りの場所では非常に低い周波数で出ております。手づくりでやったものですから、一番低い周波数帯で 4 ヘルツ。4 ヘルツでも非常に感度が悪くて聞こえにくい状態です。20 ヘルツぐらいになりますと、人間の耳にはちょっと聞こえにくい音になりますけれども、非常に感度が上がってきますので、何か機会があったらそういうのを調べてみようと思っております。意外と超低周波のところには何かあるのではないかと思います。最近、自信がないけれども、地震がありそうなのが頻繁に起きておりますけれども、あれも非常に低い周波数のようです。何せ 24 時間監視して若干でもパルス状で入ってきたらと思うんですけれども、なかなかそういう設備をやるほど力がないのでそこまでやっておりません。これからもにらんでいる超低周波の振動に力を入れていきたいと思っております。そんなところでよろしくお願いいたします。

**中川** どうも酒井（與）さん、いろいろとありがとうございました。

それでは、お時間も（なくなった）というところで、皆さん長時間にわたって熱心なご討論をしていただきましてありがとうございました。また、9 人の方のプレゼンテーションをいただいて、大変お疲れさまでございました。

## 4. 閉会

〔中川〕 それでは、本日のTCワーキングの閉会に当たりまして、雪センター理事長の酒井孝からご挨拶を申し上げます。

### 閉会の挨拶

社団法人雪センター 理事長 酒井 孝

〔酒井〕 今日は第2回の雪センターTCワーキングにご参加いただきまして、大変ありがとうございます。午後1時からずっと延々と6時間近くやっているわけございまして長い話はやめにしますが、私も実は今日出る限りは一応出していただいたレポートを読まないといけないと思って一生懸命読んできました。やはり非常に参考になりました。いろいろ解決しなければいけない問題がたくさんあるようございしますが、いいTC委員会にし、またこの議論を私の気持ちとしては、防雪便覧とか除雪便覧とかハンドブックを5年に一遍ずつは改訂していこうと思っておりますので、いろいろ提案されたことを少しでも多く検証して、新しい情報を発信していくことに使えていけたらと思っておりますので、これからもひとつよろしくご指導願います。本日はどうも大変ありがとうございました。



〔中川〕 この後雪センターの8階の大会議室で懇親会を行います。今日言い足りなかった部分を会話していただきたいと思います。本日はありがとうございました。

— 了 —



