

# 第3回 雪センターTCワーキング レポート 2008

日時：平成20年10月3日(金) 13:00~17:30  
場所：東京都中央区 日本橋公会堂



## はじめに

近年、国民の意識・価値観が多様化する中で、雪国においてもより高いレベルの利便性、快適性が求められ、安全快適な雪国の生活を維持するために解決すべき、多くの課題が残されております。

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

現在、全国の雪氷の専門家の皆様60名が雪センターTCとして登録がなされ、これらTCの方々が年に1度一堂に会して、雪氷対策の技術的課題について議論していただいております。第3回のTCワーキングを平成20年10月3日に開催しました。

今回のTCワーキングでは、平成19年度TC研究助成対象者からの研究成果報告を行った後、「Ⅰ降積雪、都市・地域の雪対策」、「Ⅱ雪崩対策」、「Ⅲ冬期道路対策」の3つのセッションに分けて、それぞれの専門のTCの方々からの発表と参加者全員による討論を行いました。

本冊子は、第3回雪センターTCワーキングの内容をとりまとめたものであり、雪国における冬期道路管理並びに地域づくりに携わるの方々にとって一助となれば幸いです。

平成21年1月

社団法人 雪センター  
理事長 酒井 孝



|  |          |
|--|----------|
| <b>I. 開催要領</b> .....                     | <b>1</b> |
| 1. 開催要領 .....                            | 1        |
| 2. 会場 .....                              | 2        |
| 3. 出席者.....                              | 3        |
| 4. 会場風景 .....                            | 4        |
| <b>II. 議事</b> .....                      | <b>5</b> |
| 1. 開会 .....                              | 5        |
| 2. 平成 19 年度 TC 研究助成成果報告 .....            | 6        |
| 「レーザー画像の処理による積雪状況測定システムの実用化のための研究」 ..... | 6        |
| 「深夜電力利用型で既存太陽光発電システムにも後付けできる .....       | 11       |
| 省エネルギー・低コスト融雪機能システムの構築」 .....            | 11       |
| 「メンテナンスフリーな落雪氷事故防止のための冠雪・雪庇の研究」 .....    | 15       |
| 「融雪及び全層雪崩・積雪グライドによる土砂の生産・流出」 .....       | 20       |
| 《意見交換》 .....                             | 24       |
| 3. TC ワーキング .....                        | 28       |
| ◆セッションⅡ「雪崩対策」 .....                      | 28       |
| 「雪崩減勢工への表層雪崩の衝突事例の紹介」 .....              | 28       |
| 「2007/2008 冬期に山形県内で発生した雪崩災害について」 .....   | 32       |
| 「雪崩危険情報提供を目的とした気象値推定式の精度向上検討」 .....      | 36       |
| 《意見交換》 .....                             | 39       |
| ◆セッションⅠ「降積雪、都市・地域の雪対策」 .....             | 42       |
| 「積雪地域における流域規模での水資源評価技術の開発」 .....         | 42       |
| 「自然災害に備えた未来観測」 .....                     | 47       |
| 「多雪市街地のための除雪支援マップの試作」 .....              | 50       |
| 《意見交換》 .....                             | 53       |
| ◆セッションⅢ「冬期道路対策」 .....                    | 58       |
| 「自転車と冬期利用の課題」 .....                      | 58       |
| 「ミネソタ州における冬期道路管理の職員教育と冬期道路管理の最新事情 .....  | 62       |
| および冬期道路管理の海外情報」 .....                    | 62       |
| 「スリップ情報提供システムによる冬期道路の滑り解析」 .....         | 66       |
| 《意見交換》 .....                             | 70       |
| ◆その他全体を通して.....                          | 75       |
| 4. 閉会 .....                              | 77       |

# I. 開催要領

## 1. 開催要領

### 第3回雪センターTCワーキング開催要領

平成20年10月3日(金)  
日本橋公会堂 03-3666-4255

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

**2. 平成19年度TC研究助成成果報告** 13:05~13:45 (40分)

『レーザー画像の処理による積雪状況測定システムの実用化のための研究』

小林 俊一 新潟大学 名誉教授

『深夜電力利用型で既存太陽光発電システムにも後付けできる  
省エネルギー・低コスト融雪機能システムの構築』

長野 克則 北海道大学 大学院 教授

『メンテナンスフリーな落雪氷事故防止のための冠雪・雪庇の研究』

竹内 政夫 技術士事務所 雪氷防災 代表

『融雪及び全層雪崩・積雪グライドによる土砂の生産・流出に関する研究』

井良沢 道也 岩手大学 農学部 准教授

『冬期路面管理実務者のための短期冬期路面状態予測トレーニングシステムの開発』

中辻 隆 北海道大学 大学院 教授

『雪山融雪水浸透による大地冷熱採取』

横山 孝男 山形大学 大学院 教授

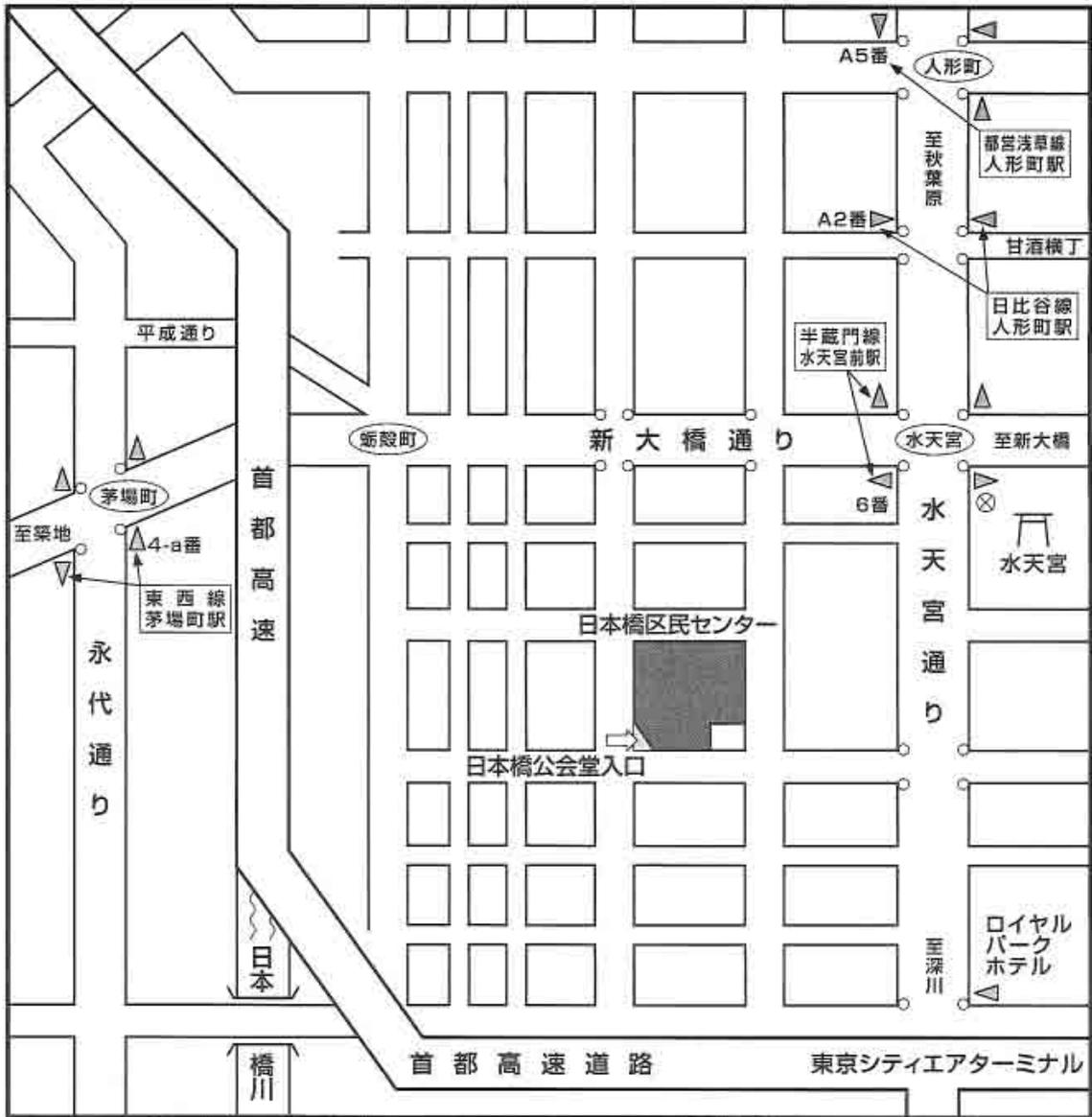
(中辻氏、横山氏は欠席のため資料のみ配布)

**3. TCワーキング** 13:55~17:25 (210分)

| セッション           | 進行  | パネラー  | 話題提供         | 討論   | 計    |
|-----------------|-----|---|--------------|------|------|
| I 降積雪、都市・地域の雪対策 | 小長井 | 早川 典生 NPO法人水環境技術研究会 理事長<br>酒井 興喜夫 (株)イートラスト 特別顧問<br>沼野 夏生 東北工業大学 教授                       | 7分×3<br>=21分 | 39分  | 60分  |
| (休憩)            |     |   |              |      | 10分  |
| II 雪崩対策         | 小林  | 新開 龍三郎 (株)アルゴス GIS開発室長<br>小杉 健二 (独)防災科学技術研究所 主任研究員<br>小川 紀一郎 アジア航測(株) 技術統括部<br>プロジェクト推進室長 | 7分×3<br>=21分 | 39分  | 60分  |
| (休憩)            |     |   |              |      | 10分  |
| III 冬期道路管理      | 中川  | 元田 良孝 岩手県立大学 教授<br>松澤 勝 (独)土木研究所 寒地土木研究所<br>上席研究員<br>浜岡 秀勝 秋田大学 准教授                       | 7分×3<br>=21分 | 39分  | 60分  |
| IV その他、全体を通して   |     |   |              |      | 10分  |
| 計               |     | パネラー9名 (全レポート35件)   | 63分          | 117分 | 210分 |

**4. 閉会** 酒井 孝 (社)雪センター理事長 17:25~17:30 (5分)

2. 会場



<アクセス>

- |       |               |                 |
|-------|---------------|-----------------|
| 東京メトロ | 半蔵門線 「水天宮前」 駅 | 6 番出口から徒歩 2 分   |
|       | 日比谷線 「人形町」 駅  | A2 番出口から徒歩 5 分  |
|       | 東西線 「茅場町」 駅   | 4-a 出口から徒歩 10 分 |
| 都営地下鉄 | 浅草線 「人形町」 駅   | A5 番出口から徒歩 7 分  |

〒103-8360 中央区日本橋蛸殻町一丁目 3-1

日本橋区民センター内  
**中央区立日本橋公会堂**

### 3. 出席者

| No.                   | 技術委員 | 氏名     | 所属                           | 役職       | 出欠状況 |
|-----------------------|------|--------|------------------------------|----------|------|
| 1                     | ○    | 石本 敬志  | (財)日本気象協会 北海道支社              | 参与       | ○    |
| 2                     |      | 内山 宏文  | 元(社)北陸建設弘済会                  | 専務理事     |      |
| 3                     | ○    | 真下 英人  | (独)土木研究所 つくば中央研究所 道路技術研究グループ | グループ長    |      |
| 4                     | ○    | 桑原 剛   | (社)新潟県融雪技術協会                 | 会長       | ○    |
| 5                     | ○    | 苔米地 司  | 北海道工業大学                      | 教授       |      |
| 6                     | ○    | 原文 文宏  | (社)北海道開発技術センター               | 理事       |      |
| 7                     | ○    | 丸井 英明  | 新潟大学 災害復興科学センター              | 教授       |      |
| 8                     | ○    | 丸山 暉彦  | 長岡技術科学大学                     | 教授       | ○    |
| 9                     | ○    | 村國 誠   | e-JEC東日本(株) 雪氷防災支援センター       | センター長    | ○    |
| 10                    | ○    | 元田 良孝  | 岩手県立大学                       | 教授       | ○    |
| 11                    | ○    | 下村 忠一  | (株)アルゴス                      | 副社長      | ○    |
| 12                    |      | 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    |      |
| 13                    |      | 安彦 宏人  | 日本環境科学(株)                    | 代表取締役    | ○    |
| 14                    |      | 池野 正志  | (株)興和 水工部                    | 部長       | ○    |
| 15                    |      | 和泉 薫   | 新潟大学 災害復興科学センター              | 教授       |      |
| 16                    |      | 伊藤 駿   | 国立秋田高専                       | 名誉教授     | ○    |
| 17                    |      | 梅宮 弘道  | 山形大学                         | 名誉教授     |      |
| 18                    |      | 大槻 政哉  | (株)雪研スノーイーターズ                | 雪氷技術課長   |      |
| 19                    |      | 加治屋 安彦 | (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    |      |
| 20                    |      | 上石 勲   | (独)防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター      | 研究員      | ○    |
| 21                    |      | 上村 靖司  | 長岡技術科学大学                     | 准教授      |      |
| 22                    |      | 小林 俊一  | 新潟大学                         | 名誉教授     |      |
| 23                    |      | 嶋山 政良  | 室蘭工業大学                       | 教授       | ○    |
| 24                    |      | 酒井 與喜夫 | (株)イトラスト                     | 特別顧問     | ○    |
| 25                    |      | 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    | ○    |
| 26                    |      | 佐藤 清一  | 弘前大学 医療技術短期大学部               | 名誉教授     | ○    |
| 27                    |      | 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 | 所長       |      |
| 28                    |      | 島原 利昭  | (株)興和                        | 代表取締役社長  |      |
| 29                    |      | 高田 吉治  | (株)応用気象エンジニアリング              | 代表取締役社長  | ○    |
| 30                    |      | 高山 純一  | 金沢大学                         | 教授       |      |
| 31                    |      | 竹内 政夫  | NPO法人 雪氷ネットワーク               | 理事       | ○    |
| 32                    |      | 対馬 勝年  | 富山大学                         | 客員教授     | ○    |
| 33                    |      | 西村 浩一  | 新潟大学                         | 教授       | ○    |
| 34                    |      | 沼野 夏生  | 東北工業大学                       | 教授       | ○    |
| 35                    |      | 花岡 正明  | (株)高速道路総合技術研究所 道路研究部         | 砂防研究担当部長 | ○    |
| 36                    |      | 福原 輝幸  | 福井大学                         | 教授       |      |
| 37                    |      | 藤原 忠司  | 岩手大学                         | 教授       |      |
| 38                    |      | 町田 誠   | 町田建設(株)                      | 代表取締役    | ○    |
| 39                    |      | 松澤 勝   | (独)土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム       | 上席研究員    | ○    |
| 40                    |      | 山本 恭逸  | 青森公立大学                       | 教授       |      |
| 41                    |      | 横山 孝男  | 山形大学                         | 教授       |      |
| 42                    |      | 若林 隆三  | アルプス雪崩研究所                    | 所長       |      |
| 43                    |      | 和田 惇   | 社団法人 雪センター                   | 理事       |      |
| 44                    |      | 山田 正雄  | 国土防災技術(株) 技術本部               | 副本部長     |      |
| 45                    |      | 松田 宏   | 国際航業(株) 東京事業所 河川砂防部          | 雪氷担当リーダー | ○    |
| 46                    |      | 小川 紀一朗 | アジア航測(株) 技術統括部 プロジェクト推進室     | 室長       | ○    |
| 47                    |      | 早川 典生  | NPO法人 水環境技術研究会               | 理事長      | ○    |
| 48                    |      | 新開 龍三郎 | (株)アルゴス                      | 企画課長     | ○    |
| 49                    |      | 川田 邦夫  | 富山大学 極東地域研究センター              | センター長 教授 |      |
| 50                    |      | 長野 克則  | 北海道大学                        | 教授       | ○    |
| 51                    |      | 井良沢 道也 | 岩手大学                         | 准教授      | ○    |
| 52                    |      | 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 | 主任研究員    | ○    |
| 53                    |      | 佐藤 馨一  | 北海道大学                        | 教授       |      |
| 54                    |      | 高野 伸栄  | 北海道大学                        | 准教授      |      |
| 55                    |      | 浜岡 秀勝  | 秋田大学                         | 准教授      | ○    |
| 56                    |      | 中辻 隆   | 北海道大学                        | 教授       |      |
| 57                    |      | 貴堂 靖昭  | 富山工業高等専門学校                   | 名誉教授     | ○    |
| 58                    |      | 高田 英治  | 富山工業高等専門学校                   | 准教授      | ○    |
| 59                    |      | 藤巻 英俊  | 大原技術株式会社 設計部                 | 課長       | ○    |
| 60                    |      | 佐藤 吉一  | 開発技建株式会社 調査部                 | 部長       |      |
| 雪センター-TC出席者数          |      |        |                              |          | 33   |
| 技術研究委員(TC以外)出席者数      |      |        |                              |          | 2    |
| 雪<br>セ<br>ン<br>タ<br>ー |      | 酒井 孝   | 社団法人 雪センター                   | 理事長      | ○    |
|                       |      | 桐越 信   | 社団法人 雪センター                   | 専務理事     | ○    |
|                       |      | 縄田 史朗  | 社団法人 雪センター                   | 総務部長     |      |
|                       |      | 中川 誠   | 社団法人 雪センター                   | 企画部長     | ○    |
|                       |      | 小長井 宣生 | 社団法人 雪センター                   | 調査部長     | ○    |
|                       |      | 小林 光夫  | 社団法人 雪センター                   | 研究部長     | ○    |
|                       |      | 石平 貞夫  | 社団法人 雪センター                   | 企画部次長    | ○    |
|                       |      | 佐々木 透  | 社団法人 雪センター                   | 東北支部長    | ○    |
|                       |      | 田中 義明  | 社団法人 雪センター                   | 北陸支部長    |      |
|                       |      | 近藤 精治  | 社団法人 雪センター                   | 研究調査役    |      |
| 雪センター出席者数             |      |        |                              |          | 7    |
| 出席者総数                 |      |        |                              |          | 42   |

#### 4. 会場風景



## II. 議事

### 1. 開会

**小長井** ただ今より第 2 回雪センターTC ワーキングを開催させていただきます。本日の進行を努めます雪センター調査部長の小長井です。よろしくお願いいたします。

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

#### 開会の挨拶

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

**丸山** 今回、第 3 回を迎えることになりました。1・1 ページには本日のプログラムがあります。第 1 部は研究助成成果報告で、昨年度も雪氷に関する研究への助成を雪センターからいただいています。最先端技術についてはいろいろたくさん研究資金がありますが、雪氷対策という部分は本当に地味なもので、なかなか研究費を出すのが難しいのですが、その中で雪センターから貴重なご助成をいただき、非常にありがたく思っております。私からも改めてお礼申し上げます。

第 2 部は TC ワーキングということで、皆さんに TC レポートを書いていただきまして、その中から一番数が多かったものを幾つか選んで、3 つの項目に分けて発表していただき、活発な議論をしていただくという趣旨でございます。今日はこういう機会でございますので、普段からお考えになっておられる意見をどんどん出していただき、活発な研究会にさせていただきたいと思っております。よろしくお願いいたします。

## 2. 平成 19 年度 TC 研究助成成果報告

**小長井** どうもありがとうございました。続きまして、要領に従いまして進めさせていただきたいと思います。2 番目の平成 19 年度雪センターTC 研究助成の研究成果報告をこれからお願いいたします。対象となった方々に、1 人 7 分程度でご発表をいただきまして、発表が終わった後でまとめて質疑という形で進めさせていただきたいと思います。なお、本日は 2 名の方が所用のため欠席ということですので、4 名の方に発表をお願いし、欠席の方については資料のみ配付とさせていただきます。それでは、初めに、新潟大学の小林様のご研究を、代理で高田様からよろしくお願ひいたします。

### 「レーザー画像の処理による積雪状況測定システムの実用化のための研究」

新潟大学 名誉教授 小林 俊一 様

**高田** 富山高専の高田と申します。よろしくお願ひいたします。小林先生が所用で来られないということですので、私が代理で発表させていただきます。

#### レーザー画像の処理による積雪状況 測定システムの実用化のための研究

新潟大学名誉教授 小林 俊一

資料 2-1-1

#### 背景

- 雪氷計測への画像処理の適用
  - 1枚の画像から複数の情報が得られる可能性があり、いくつかのシステムについて検討が進められている。
    - 雪片の計測
      - 富山高専/金沢大学/防災科研
    - 道路積雪状況の定性的計測
      - 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋
      - 福井県雪対策・建設技術研究所
    - 道路水分/凍結の計測
      - 北海道立工業試験場
  - 特に道路積雪状況の計測において、より定量性を高くするために、レーザーの利用を考えた。

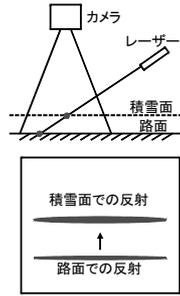
資料 2-1-2

小林先生のもとで、防災科学研究所さん、新潟電機さん、富山高専と一緒にやっている研究でございます。タイトルは、「レーザー画像の処理による積雪状況測定システムの実用化のための研究」として、昨年度実施させていただきました。

背景といたしましては、雪氷計測への画像処理の適用ということで、雪片の計測とか、あるいは道路の積雪状況の定性的な計測、道路の水分凍結の計測というような、いろいろな研究がなされておりまして、1枚の画像から複数の情報が得られる可能性があるということで、我々も一生懸命取り組んでおるところです。こちらの研究では今のところレーザーを使っておりませんでしたので、レーザーを用いてより定量性の高い測定システムができないかということで研究を行っております。

## 検討した手法

- パターンレーザーによる路面状況測定システム
- 測定原理
  - 路面に対して斜めに照射したレーザー光線を、上部に設置したカメラによって測定
  - レーザーは点状ではなくパターン（ここではライン）
  - 画像処理によってレーザー光線の位置を計算
  - アフィン変換等によって線分抽出を行い、路面の凹凸状況を把握
  - レーザー線の太さを計算し、雪質測定につなげる



資料 2-1-3

## H18年度研究の成果

- 実験室内での実験により、以下の点が示された。
  - スポット型のレーザー積雪深計と同等以上の精度で平均積雪深が測定可能なこと
    - ラインに沿った平均化が行われる
    - 積雪面の局所的な凹凸の影響を受けにくい
  - 画像処理により、轍などの凹凸を検出可能なこと
  - 測定されるレーザーラインの太さから雪質が測定できる可能性があること

資料 2-1-4

検討しております指標は大体このようなものでございまして、斜めにレーザーを横から路面に照射いたします。レーザーは、今使っているポイント型の形状のものではなくて、ラインのセンサーを今回は使っております。レーザーを斜めに照射して上からカメラで見ますと、雪がない場合は路面で反射いたします。例えばここにレーザーのライトを当てる。雪が降りますと上に上がりますので、位置がずれて、このように測定の場所が変わるという簡単な原理でございまして。このずれた線を画像処理することによって、これを直線だと思って切片を求めて深さを求める。あるいは、路面に凹凸がある場合には、この線がでこぼこになりますので、それを画像処理することによって轍の大きさなどを求めようということをやっております。

また、路面ではこういうふうにはきれいに細く反射されますが、雪がやわらかい場合にはぼや々と反射しますので、この線の太さを使って雪質もはかれるのではないかとということで研究しております。

一昨年度も研究させていただきまして、そのときの状況をご説明いたしますと、一昨年度は実験室の中で実験をしておりました。したがって、カメラから積雪面までの距離がたかだか1メートルとか、かなり理想的な環境で測定しておりました。その結果といたしまして、従来やられておりますスポット型のレーザー積雪深計と同等以上の精度で平均積雪深が測定できることは確認いたしました。

これは、後ほど説明しますように、ラインに沿った平均化が行われるとか、積雪面の局所的な凹凸の影響を受けにくいようなシステムになっておりますので、人間が何となく感じる平均的な積雪深により近い数値が得られるようになっております。また、凹凸を検出可能だということ、近い場所で理想的な環境で実験しますと、雪質によってレーザーのライト、太さがかなり変わることを見られましたので、可能性があるということ、一昨年度の研究でわかっていたということです。

### 平成19年度の実験内容

- ・ 防災科学技術研究所雪氷防災研究センターでの実験
  - 屋外の実験用道路上に設置
  - レーザー: 675nm
  - 波長フィルタによりできるだけ外光を除去
  - 高さ: 5m
- 実用化に向けての課題抽出・改良を目的とした。



防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの実験道路での実験風景

資料 2-1-5

### 測定結果の例(夜間)

- ・ 夕方から明け方及び昼間でも曇っている状態ならば十分に測定可能。



2008年2月9日21:00のLD-ONの画像
2008年2月9日21:00の二値化画像

資料 2-1-6

昨年度の研究は、防災科研さんの雪氷防災研究センターさんの中の実験道路にこのような実験装置を設置させていただいて実験を行いまして、実用化に向けて、より近い環境で実験したということです。ここにカメラとレーザーがありますが、路面からの高さが5 m程度に設置してあります。レーザーを出して上からカメラで撮ることを一冬ずっと続けるつもりで、セットアップしてデータをとりました。

レーザーは675nmの赤のレーザーを使っておりまして、後で問題をご説明いたしますが、波長フィルタを使ってなるべく外光を除去して、明るい環境でも使おうと一応努力はしてみたということです。実用化に向けて課題の抽出、解明をすることを目的としておりました。

測定経過の例をお示ししますと、少し見えにくい絵ですけれども、これがレーザーをオンにしたときの画像です。フィルタを使って外光をかなり除いておりますので、これは夜9時の画像ですが、ほとんど真っ黒の中にレーザーの線が赤く見えるという画像が得られます。このレーザーの線がある部分だけを取り出して2値化するという操作をしますと、こういう画像が得られます。これがレーザーがある場所になっておりまして、これを再処理でフィッティングすると深さがわかることとなります。

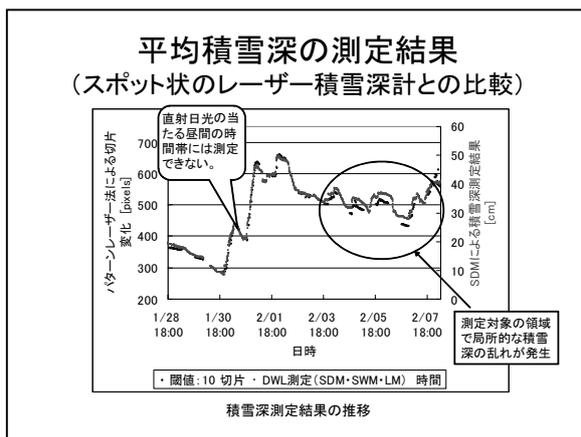
### 測定結果の例(日射の強い昼間)

- ・ 直射日光が強すぎると積雪面上でのLD光の強度が周囲の明るさよりも小さく、測定が難しくなる。



2008年2月9日12:00のLD-ONの画像
2008年2月9日12:00の二値化画像

資料 2-1-7

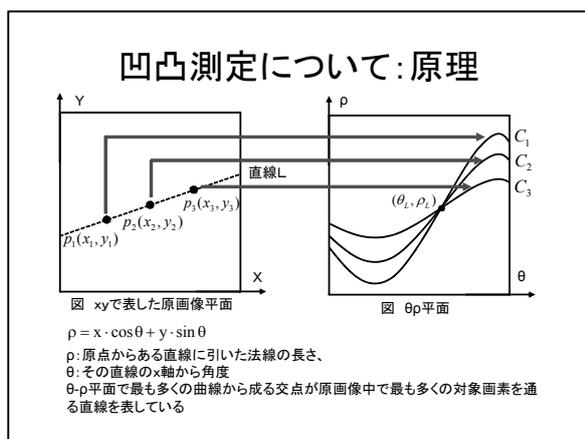


資料 2-1-8

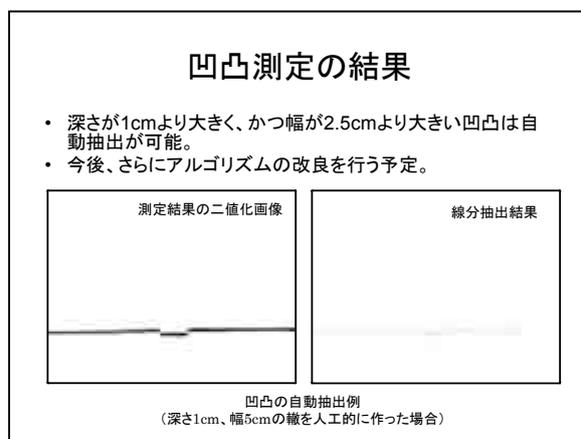
問題をお示しいたしますと、昼間の場合、ものすごく日射量が高い場合は、画像がこのように変わります。日光の明るさで画像全体が赤くなっていて、この中にレーザーのラインがうっすらと見えるというふうに測定されてしまいます。このため、直射日光が強過ぎると、2値化してもうまくラインを取り出すことができないというのが今のところの問題点です。ですので、明るい昼間に測定しようとする場合には、もう少し工夫しなくてはいけないというのが今のところ課題になっています。

平均積雪深の測定結果ということで、新潟電機さんで売られている SDM というスポット状のレーザー積雪深計と比較した結果がこの絵になります。これは1月28日から2月7日までの1週間の結果を示しております、こちら側の軸が今回の方法で得られたラインの切片になります。切片の変化が深さに対応している。右側が従来のスポット状のレーザー積雪深計の結果です。赤であらわしています。青の点はこのように飛び飛びになっていまして、とりあえず昼間は測定できる時間帯もありますが、データが乱れるということで、夕方から朝の間だけのデータで今回は比較してみました。

それを見ますと、この部分まではかなりぴったり一致しておりまして、今までの方法と同等程度の精度で測定できていることがわかります。ところが、この部分で少しずつずれが出てまいりました。これははかかれていないのではないかとということで、かなり心配したんですけども、実際に現場で積雪の状況を見えますと、スポットの積雪深計が見ているところで少し局所的な盛り上がりが出ておりまして、その影響がここに出ております。平均的にはどちらが正しいかというのはいろいろ考えがあると思いますが、恐らく青の線で示してあります今回の測定で得られたほうが正しい平均積雪深になっていると考えています。そういうことで、平均積雪深計としては、今までのものと同等以上で測定できることがわかりました。



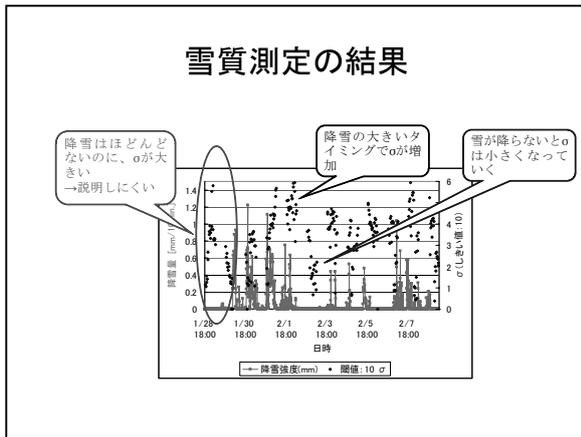
資料 2-1-9



資料 2-1-10

次に凹凸測定ですけれども、簡単に画像処理の原理を説明します。これが2値化画像だとしまして、ラインの上にもこういう点ができている。XY座標でもともとあらわされているのですが、こういう点をこの式を使って $\rho$   $\theta$ 座標に変換いたします。そうすると、こちらの座標の点の一つの曲線になりまして、それぞれの点それぞれの曲線に変わる。一番重なりが多いところにこのラインが来ているという方法です。

この方法を使って処理いたしますと、それぞれの点が円になって、こういう結果が得られます。これが個別の高さから見た画像で、深さ1cm、幅5cmの轍を人工的につくったものです。かなり広い測定ができていますが、これをこのプログラムで抽出いたしますと、自動的にこういう二つのラインがきっちり出るということで、もう少しプログラムをつくり込んでいけば、何cmの轍が何cmの幅になってできているか、この方法だけでわかります。



資料 2-1-11

- ### 雪質測定の現状と問題点
- 降雪強度が大きい時刻帯でレーザーの光像が太く観測される傾向が見られ、雪のやわらかさが反映された可能性がある。
  - しかし、雪が降っていないでも太く観測されている時間帯もあり、今のところ十分な測定ができていないと言いがたい。
  - 原因は以下のようなものが考えられる。
    - カメラの測定画像のゆらぎ
      - 同じ条件で測定しても、測定される画素値が異なることが多い。
      - 風によるゆれの影響。
    - バックグラウンド光の影響
      - 光干渉フィルタによりレーザー光以外の波長の光は除去するように試みたが、特に明るい昼間には除去できず、測定ができない状況となった。

資料 2-1-12

最後に雪質の測定ですけれども、これは、横軸が日時をあらわしておりまして、縦軸が深さをあらわす指標、今回得られたものが青、降雪量を赤であらわしております。ここら辺はうまくいっているであろうと思われるところですが、雪がたくさん降っているときには、やわらかさをあらわす指標が大きくなっていることがわかります。これが大きくなっているときは、新雪がたくさん積もっているということが大体わかるわけですけれども、こちらのところで、雪が降っていないにもかかわらず、 $\Sigma$ の指標が大きくなっているというところで、ここが問題です。

これは、カメラの測定画像の揺らぎとか、バックグラウンドの光がうまく除けていないのではないかとということが考えられまして、これからは、平均化をうまくして、このあたりのノイズ、誤差を除いていこうと考えています。

- ### まとめと今後の課題
- 積雪深はスポット状の積雪深計よりも平均的な積雪深を正確に測定可能
  - 凹凸測定にも対応可能
  - 雪質測定はデータのばらつきが大きく、信頼性に欠ける。これは、各測定間の画素値のばらつきによる部分が多い。
  - 明るい昼間にはレーザーONとOFFの差が見えなくなり、測定ができなくなる。
  - 今後は、
    - 画像の平均化による揺らぎの影響の除去する。
    - さらにフィルタを追加し、バックグラウンド光を除去する。
    - 現在のLD出力は70mWだが、ラインに広げることで路面上での強度が弱い。そこで、LDの強度を大きくする。
 等について検討することが必要である。
  - 凍結測定のために、本手法以外の測定システムとの組み合わせについて検討する予定である。

資料 2-1-13

まとめと今後の課題ですが、平均積雪深は、従来の方法よりも平均的に正確に測定できるだろうということは確認いたしました。5mの高さからでも測定可能です。また、5mの高さでも、凹凸測定にも対応可能です。雪質測定については、今のところ信頼性に欠けると言えます。これは、各測間の画素数のばらつきによる部分が多いので、これをプログラムで平均化するなどしてこれから改善していく予定です。また、明るい昼間には、レーザーをオンしたときとオフのときの差が見えなくなりまして、測定ができなくなるという問題点がありますので、この点はどうするかということこれから検討しなくてはなりません。

今後は、画像の平均化、フィルター追加によるバックグラウンド光の除去、レーザーの強度を大きくするかどうかというのは、安全性の面もありますので、これから検討することが必要です。最後に、凍結測定を考えますと、今回のこの手法だけでは、今のところ難しいのではないかと考えています。同じような測定計でも、例えば角度を変えたカメラをもう一台置くとか、そう

いうふうにして複数の測定結果を使って組み合わせることによって、凍っているとか、そういう情報が得られないかということは今後検討していく予定であります。

以上で発表を終わります。

**小長井** どうもありがとうございました。

それでは、続きまして、北海道大学の長野様、お願いいたします。

**「深夜電力利用型で既存太陽光発電システムにも後付けできる  
省エネルギー・低コスト融雪機能システムの構築」**

北海道大学 教授 長野 克則 様

平成19年度雪センターTC研究助成

**「深夜電力利用型で既存太陽光発電システムにも後付けできる  
省エネルギー・低コスト融雪機能システムの構築」**

北海道大学大学院工学研究科  
長野 克則

1

資料 2-2-1

**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

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を進めていく一つの方向

2

資料 2-2-2

**長野** 北海道大学の長野でございます。助成をいただきまして、御礼を申し上げます。

それでは、深夜電力利用型で既存太陽光発電システムにも後付けできる省エネルギー・省コスト融雪機能システムの構築ということで発表させていただきます。

大雪が降った場合、屋根の雪おろしに伴う死亡例は非常に多い。また、北国の太陽電池の普及は温暖地に比べて乏しいと。そこで両者を組み合わせたシステムの有効性が考えられるという背景がございます。

**融雪機能付き太陽光発電システムの実例**

実例1) 石川県工業試験場融雪機能付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)



実例2) 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)



北海道大学大学院工学研究科 長野 克則

資料 2-2-3

**本研究の目的**

住宅用融雪機能付き太陽光発電システム

1. 既存システムにも後付け可能
  - 別置き型の融雪用電力供給装置
2. 積雪寒冷地
  - 北海道
3. 深夜電力利用型
  - 低ランニングコスト(7円/kWh)

①モジュール発熱状況  
②深夜発熱による滑雪

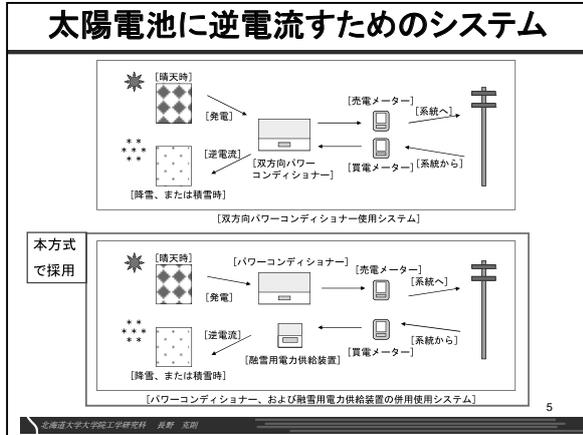
4

資料 2-2-4

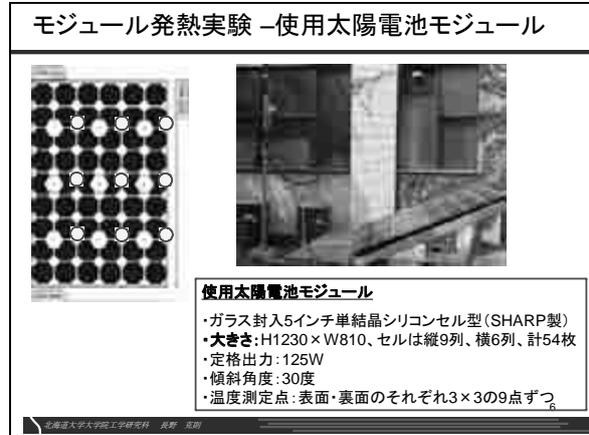
例えば大型システムでは、石川県の工業試験場にこういったシステムが10年ほど前について運用されております。その実績については、見る限りについては公表されておられません。我々、経

経済産業省の新生コンソーシアム事業でこのシステムを開発してきましたけれども、うまくいったような、うまくいかないようなということで、その後の開発が必要であるということで、今回申請させていただいたところ、採択していただきました。

今回、研究の目的は、市販の融雪電力供給装置が寒冷地でどういう作動をするか、寒冷地でモジュールの発熱状況と深夜電力の発熱による滑雪状況を見たということでありました。

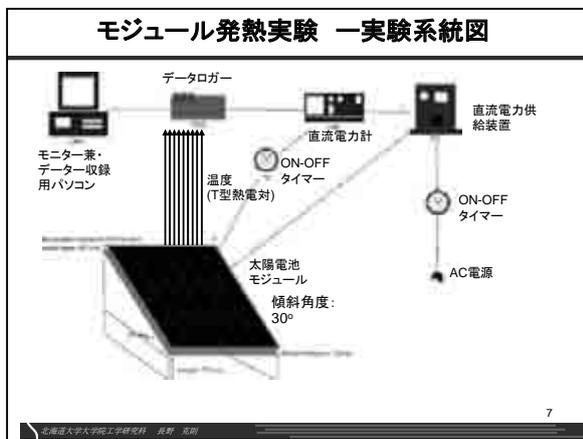


資料 2-2-5

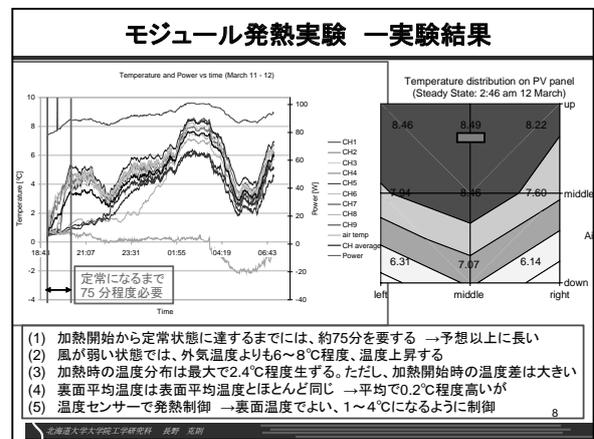


資料 2-2-6

太陽電池に電流を流して発熱させる方法ですが、一番コストとか設備の二重投資がないということで、既存のパワーコンディショナーはACをDCに、DCをACに変える機能がありますので、それが双方向に供給できれば非常にいいのですが、こういう商品がない。また認定もされていない。それで、今回は、パワーコンディショナーは既存のもの、そして夜間の深夜電力を利用して、別途、太陽が照らないときに逆に電気を流すとACを直流に変えて供給するような装置をつけ加えて実験を行いました。



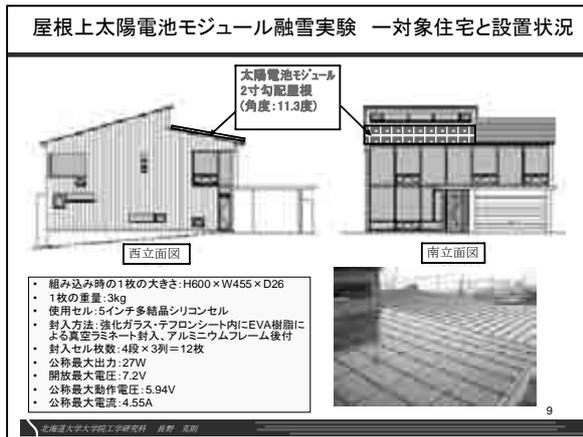
資料 2-2-7



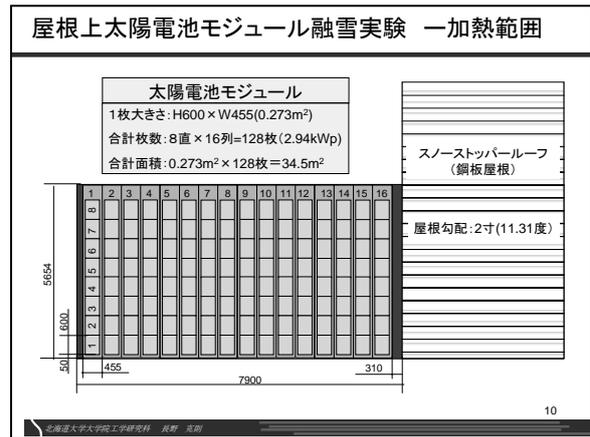
資料 2-2-8

実験に先立ちまして、0.8m、1.2m の約 1 m<sup>2</sup> のパネルに 90W の電力を供給したときの発熱状況、または温度の時定数を求めるために実験を行ったということです。単純ですが、これに直流の電気を流して、裏表の温度をはかった。その結果、電力供給開始から一定の温度に達するまで75分ぐらいかかってしまった。それから、ここから電気を供給して、この周りは非常に高いですが、下部、端については、2.5℃ぐらいの温度差がつくことがわかりました。こういう事情を考えながら設計していかなければいけないということもあろうかと思えます。

また、薄っぺらな板状のもので蓄熱性能がありませんので、風速に応じて、一定の発熱ですが、表面温度が上下する。それから、裏表の温度差がほとんどないので、温度によって制御する場合は裏面の温度で十分だろうという結果が得られました。



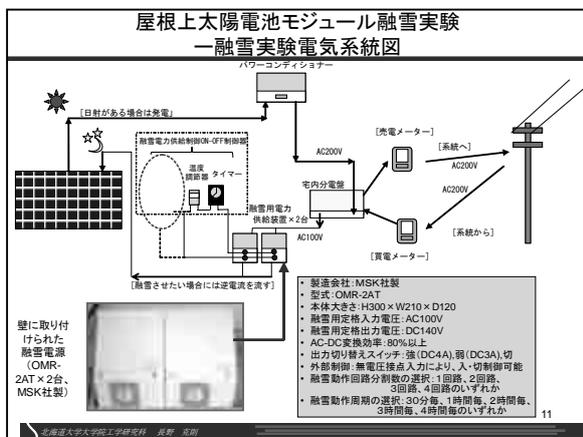
資料 2-2-9



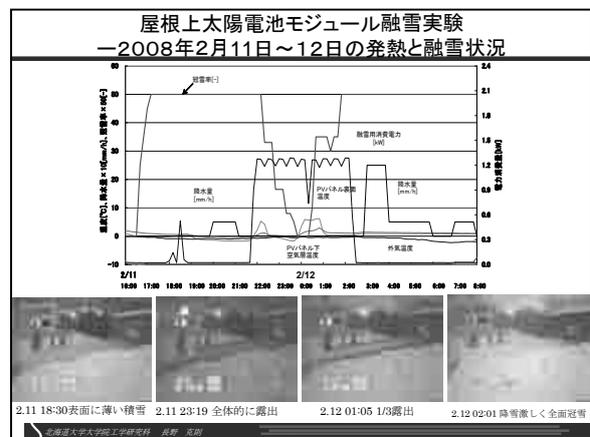
資料 2-2-10

その次に、札幌市内の実邸において、夜間に電力を買って、それを直流に変換して、屋根面についている電池に流す実証実験を行いました。このセルは通常のものより小さいのですが、600×455で、我々が数年前に行った実験の約2倍の大きさがあるものです。さらに、この辺の突起はできるだけ小さくなるようにアルミの板1枚という大きさになっております。ただし、軒先が、といが出っ張っているというような問題もありました。

約30m<sup>2</sup>に対して、供給電力は、1.3kW ぐらいのものを筋状に切りかえて供給する。実際には筋が16本ありますけれども、それに対して4分の1ずつ供給をしていくものです。ただし、太陽電池の横に車庫があって、上部にスノーストッパールーフがありますので、当初から懸念されましたが、それについては後ほど述べたいと思います。



資料 2-2-11

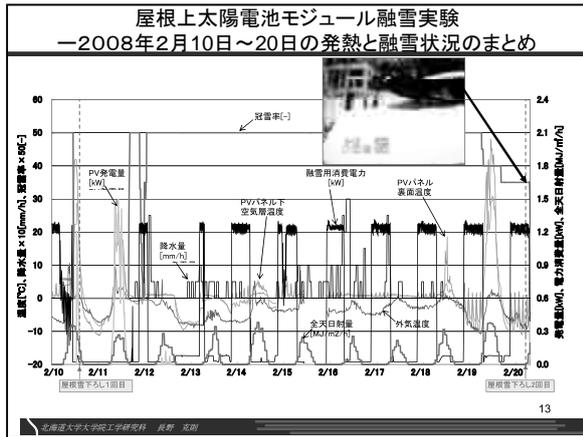


資料 2-2-12

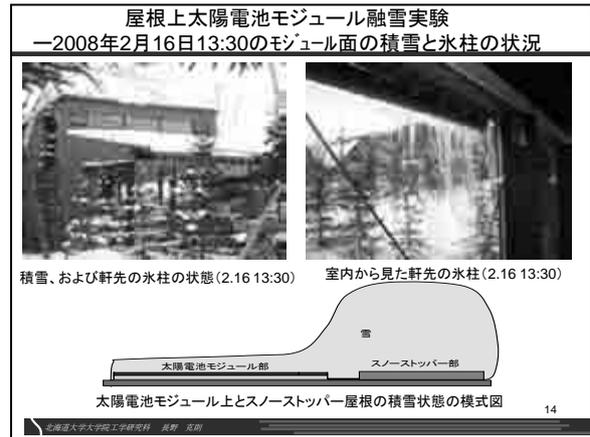
システムフローですが、太陽電池に対して、夜間の深夜電力時間帯、夜10時から朝8時までの10時間に対して電気を流し続ける。ただし、ここが2度以上に上がったときは電気を流さないことにしました。昼間は発電をして電気を流すということです。この機械はMSKという佐久にある会社でつくっているもので、消費電力が800Wぐらいですが、効率を考えると、650Wぐらいが供給されるということで、2台つけて、計1.3kWぐらいになっております。北海道において、30m<sup>2</sup>で1.3kW流しても、雪を完全に解かすのはもともと無理です。0°C近辺だったら解けますが、積もったら、下から加熱して、ちょっとぬるくなったときにすると滑り落とすというようなことを考えなければ、もともと無理な装置であります。

夜間の運転でちょっと画像が暗いですが、例えばうっすらと積もっていて、外気温は0°C近辺、マイナス1°Cぐらいのときですと、筋状に流すところ、ある程度強力に加熱するラインを切りかえて制御していくシステムになっていまして、それでいくと大体解けておるといのがわ

かるかと思ひます。

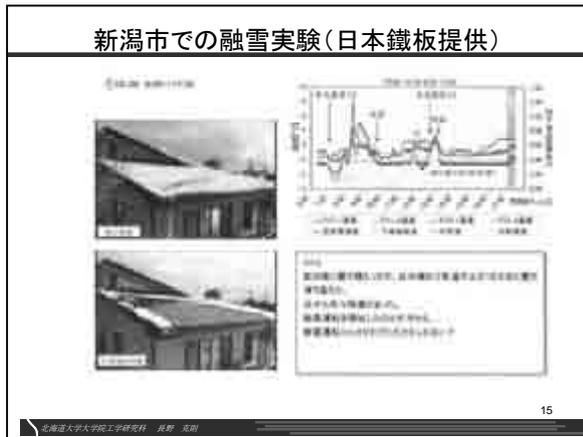


資料 2-2-13



資料 2-2-14

ただし、気温がマイナス 8℃とかマイナス 10℃ぐらいになると、冠雪率が 50 というのは全部が隠れているという意味ですが、ほとんど隠れてしまった。その後日射が非常に強力につくと、上部から3分の1ぐらいが解けて出る。ただし、ここが雪庇みたいになって、といのところで固まってしまって落ちないという状況になってしまっております。こうなると滑り落ちることがないということで、下部から解けた雪がこの辺でつららになって、それが大きく成長するというような状況です。もう一つ、スノーストッパールーフとこちらの積もった雪が一体化して、なかなか落ちないという現象もありました。



資料 2-2-15



資料 2-2-16



資料 2-2-17



資料 2-2-18

これは札幌の実験ですが、資料に載っていませんが、これを開発した会社が新潟で実験を行いました。新潟近辺ですと、先ほどの屋根の角度が 11.3° くらいですが、同じようなところで同じような形状の屋根でも、かなりうまくいっているというようにことが発表されております。ただし、札幌市内で、協力して行っている会社の社員邸で同じような実験を行ったところ、同じような強烈なつららが発生して、2 週間ぐらい夜昼電気を流し続けると、ドーンと落ちるというような状況で、今の段階で、これを北国に直接持っていくのはなかなか難しい。ただし、北陸あたりの気温がそれほど下がらない地域であれば、うまくいきそうであるということがわかりました。

| まとめ |  |
|-----|--|
| 1.  | 加熱開始から定常状態に達するまでに約75分を要する<br>→これは、予想以上に長い。<br>→降雪時は連続加熱が望ましい。<br>→現在の融雪用電力供給装置の方法である30分～2時間程度で加熱部位を切り替える方式:再検証が必要  |
| 2.  | 発熱と共に、いかにスムーズに雪を融かし、滑雪させるかを考慮した屋根上の計画、設計が必要である。<br>1) 屋根勾配<br>2) 軒先の施工方法 - 必要に応じて軒先部分だけに別なヒーター<br>3) モジュールのガラス面とフレーム面の段差をできるだけ小さくする<br>4) 屋根全面を融雪機能があるモジュールにするのが基本 |
| 3.  | 日中でも低価格な電力である“融雪電力”契約による電力を用いた融雪システム<br>→AC200Vに対応した機器が必要<br>→ 既存システムに後付する場合は、別途、融雪電力用工事費が発生<br>→ 制御方法:降雪センサー+遅延タイマーでいけるか？   |

資料 2-2-19

結論ですが、定常になるまで予想以上に長い時間がかかってしまった。それから、発熱とともにいかにスムーズに雪を解かし滑雪させるか、まず屋根の勾配が重要である。軒先の処理、フレームとの段差、軒先に別のヒーターを入れたりということで、そういう工夫が必要である。それから、日中でも低価格な電力である融雪電力が使用できるような 200 ボルト対応の仕様が求められる。今は 100 ボルト対応で、夜間以外に使うと非常に高い電力を使わなければいけないということでもあります。以上で終わります。

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、技術士事務所雪氷防災の竹内様からお願いいたします。

## 「メンテナンスフリーな落雪氷事故防止のための冠雪・雪庇の研究」

技術士事務所 雪氷防災代表 竹内 政夫 様

### メンテナンスフリーな落雪氷事故防止のための冠雪・雪庇の研究

雪氷防災 竹内政夫

### 研究の背景・目的

落雪事故・雪庇や冠雪の落下が原因  
アーチやトラス橋梁等の上弦材、覆道・トンネル坑口、雪崩柵  
道路情報板、ビル・家屋の屋根等から

対策の現状:橋梁(一部格子フェンス)ではヒーティング工法や塗装等による滑落促進工法等の対策、メンテナンスを要する

メンテナンスフリーな対策

人力作業や人工のエネルギーは使用しないで、1)危険な雪氷を形成させない、或いは2)落下させないことである。

資料 2-3-1

資料 2-3-2

**竹内** 橋とかトンネル、ビルとか家屋、そこから雪庇が落ちるといふ落雪事故があるわけですが、この落雪事故をできるだけ手間暇がかからないような状態でできないかということがこの研究の目的でございます。現在の対策の状況は、ヒーティング、滑雪促進工法とか、人手によって雪処理をしているわけですが、できるだけメンテナンスフリーにしていきたいと考えております。

この助成で行った研究の内容は四つほどあります。一つは、実際に雪庇がどういふふう落ちるかという観察です。それと、落ちないようにするにはどうしたらいいか。雪庇とは言っていますが、実際には雪庇というよりもむしろ冠雪と言ったほうがいいもののほうが事故を起こしています。そこで冠雪を防ぐにはどうしたらいいかという実験もやっています。今日は時間が限られておりますので、屋根にできる雪庇防止の実験と、雪崩柵から雪庇が落ちて道路に達して事故を起こすといふような問題の二つに絞ってお話ししたいと思います。

### 研究の概要

- I. 冠雪から成長する雪庇の観察と冠雪・雪庇の落下  
構造物上では冠雪から雪庇ができ大きくなる。落雪は偏荷重によって底面から剥離または滑りによって起こる。比較的狭い部材を対象にした冠雪・雪庇の実験を行い、剥離によって落雪するまでを観察した。
- II. 冠雪からの雪庇成長抑止と落下防止実験  
狭い部材を対象にした冠雪の△(三角)格子フェンスによる落雪防止実験を行いその効果を検証した。
- III. 住宅平屋根にできる雪庇防止実験
- IV. 雪崩柵の柵高と雪庇

資料 2-3-3

### Ⅲ.住宅平屋根にできる雪庇防止実験

実験概要

- 無落雪住宅の屋根の半分に高さ30、4x4、太さ0.3cmの格子フェンスを設置
- 格子フェンスの有無による雪庇形成の違いを観察

資料 2-3-4

実際にやった実験は、写真のように平たい屋根に大きな雪庇ができて、それが落ちて、いろんな事故が起こる。平屋根は、雪が積もって雪おろしをしなくてもいい、メンテナンスフリーだと言いますが、必ずしもそうではなくて、雪庇ができて、その雪庇処理をしなければいけない。雪庇処理をしないようにするにはどうしたらいいかということでやった実験がこれです。

写真は格子フェンスと言っていますが、高さ 30cm、4.4cm のすき間で、格子が 0.3cm の太さのステンレス製で、100 円ショップで買えるような材料を写真のように簡単な木の枠に打ちつけました。打ちつけるといっても、電線をとめるステーブルですけれども、一つにはその程度で壊れないほどクープによる力は小さいことを証明してやろうと思ったわけです。

### 強風による雪庇(2月16日)

格子フェンスなし

格子フェンス設置

フェンスの高さ以上に雪が積もり、その後の強風によりフェンスの高さを越えて雪庇が水平方向に張り出した。張り出した部分は偏荷重になり、フェンスから破断落下した。

資料 2-3-5

### 雪庇の落雪と破断した雪庇の危険性

- フェンスを埋めた降雪後に強風
- 格子フェンスの高さを越えた部分で水平方向に張り出す雪庇が発生
- 積雪が沈降し格子フェンスを支点になり偏荷重になった雪庇が破断し、落下
- 落雪はまとまった降雪後、2～3日で発生  
 ⇒ 車両に落下したが破損などはなかった。破断した雪庇は密度の小さい雪、底面から滑落する雪は危険。  
 フェンスは危険な底面からの滑落を防止する。

(1月27日撮影) まとまった降雪によりフェンス頂部を越えて形成した雪庇の断面

資料 2-3-6

見てわかるように、遠くから見ると、ほとんどあるなしがわからないようになっています。フ

フェンスの高さ以上に雪が積もってフェンスが隠れてしまい、その上に強い風が吹いた場合の例がこの写真です。屋根の風下には、このような風による雪庇ができております。実際にはこの雪庇が破断して落ち、その下にある車に当たりました。フェンスが雪で埋もれた状態のところ強い風が吹いて雪庇ができました。雪が沈降するときフェンスには雪の鉛直荷重がかかりますので、フェンスを支点にして雪庇が切れて落ちます。そうして雪が車に落下しましたが、車には傷はつきませんでした。雪庇は密度が 0.1 から 0.2 ぐらいの間の軽い雪のため、それが破断して落ちた場合はそれほど危険ではないということです。小さい子供がいると危険ですが、車程度であれば、このくらいのは落ちてもいい。しかし底面からグライドして滑り落ちた場合は密度が大きく氷板のこともあるので非常に危険です。フェンスクリープの他にそのような底面からの滑落（グライド）も防ぐことができます。以上のことで、平屋根住宅の雪庇対策はある程度めどがついたと考えております。

**IV. 雪崩柵の柵高と雪庇**

- 雪崩柵から雪庇が崩落し交通に事故・障害を与える
- 雪庇対策の現状
  - 雪庇が崩落する危険→処理・除去作業（人力・機械）
  - 柵高不足？（最深積雪深30年確率）→高上げ
  - その他雪庇対策→庇、三角帽子など（冠雪防止用？）
  - 試行錯誤の繰り返し（技術的蓄積乏しい）、基礎的研究不在
- 研究目的
  - 雪庇の成因を明らかにする（雪庇を未然に防ぐ）
  - 柵高の過不足を明らかにする（雪庇&雪崩防止）
  - 雪庇は危険？

資料 2-3-7

**雪崩柵にできる雪庇**

柵高は積雪深より大きい→巻き垂れ（冠雪）になる



→積雪深は柵高(3.5m)より上は大きく、下は小さいように見える。  
雪庇ができるのは柵高が低い？

資料 2-3-8

**低い雪崩柵には雪庇はできない**

低すぎるから雪庇ができるのではない



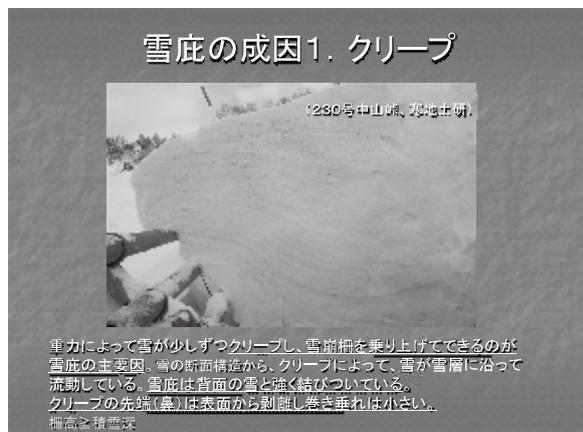
全層雪崩対策用の積雪深より低い雪崩柵

資料 2-3-9

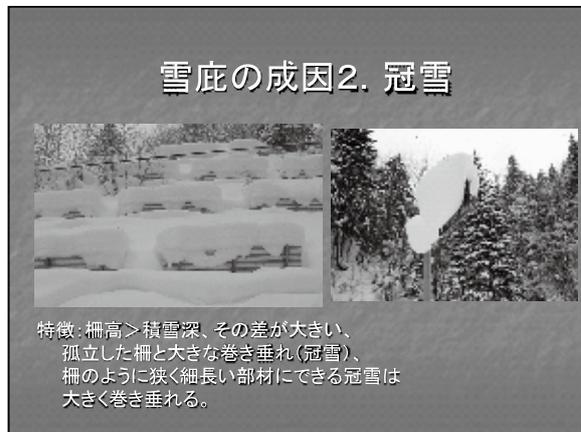
それから、雪崩柵の柵高です。2～3年前からこのワーキングでも柵の高さが適当かどうかということがよく議論になっていきますので、これを紹介しようと思います。雪崩柵から雪庇が道路に崩落して事故を起こすというような実態があり、それに対して、現在は人力あるいは機械で除去作業をしています。北海道では、雪庇ができるのは柵高が不足しているからではないかということで、柵高をかさ上げしようという現場からの意見がありました。

柵高を決めているのは最深積雪深の 30 年確率で、実際には雪崩の滑り面というのは、表面から落ちるわけではなくて、最深積雪深の何十 cm か下で滑るわけです。そのため 30 年確率で設計すると高過ぎはしないかと以前から疑問に思っていました。この研究の目的は、雪庇の成因を明らかにして雪庇の転落事故を防ぐこと、柵高の問題を明らかにすること、また雪庇は本当に危険なのかということをはっきりとすることです。

写真のように巻き垂れのような形の雪庇ができます。この場合は見てわかりますように、柵に比べて顕著に雪が少ない場合です。こちらの写真は、柵背面の雪は柵よりも深く見えますけれども、実際に柵が見えているところを見ると低いのではないかと。雪庇ができるのは柵高が低いからだというのは、この写真のように柵が雪を被っているのを見て言っているのだらうと思います。しかし、この写真のように、雪に埋もれるような低い柵には雪庇はできません。



資料 2-3-10

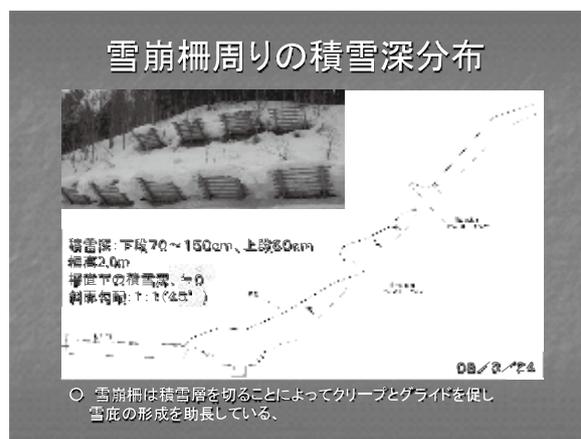


資料 2-3-11

雪庇がどうしてできるかということですが。柵の上から雪がクリープでゆっくり移動して、柵を乗り越えてくるのがいわゆる雪庇というものですが、その場合は、柵背面の雪と雪庇の部分が非常に強く結びついております。これは柵高が積雪深と似たような高さの場合にできます。それから、雪庇と言われているけれども、本当は冠雪ではないかというのがあります。これは柵が高過ぎるからなるわけですが、細長い部材にできる冠雪は大きく巻き垂れるという性質があります。この写真は一つの斜面に上下2段の雪崩柵に雪庇と冠雪ができた珍しい例です。上段は冠雪です。この冠雪が大きな塊になって落ちて、下の柵で止められています。柵がなければ下の道路まで転落したと思います。



資料 2-3-12



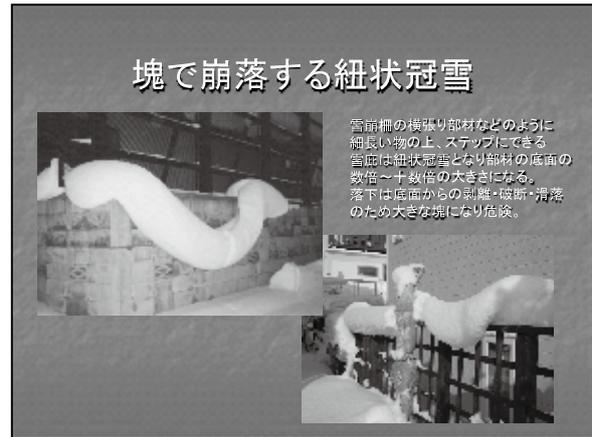
資料 2-3-13

これがいわゆる雪庇ができる要因ですけれども、どうしてここは冠雪で、ここが雪庇なのかということ。上段の柵が雪のつながり即ち雪による支持力を切っているため、グラインドとクリープが促進されて、雪が移動しやすくなります。下段のほうに雪がどんどんクリープで移動して柵を覆い被さっていつています。上と下の柵の間の平均の積雪深は約 90cm です。この柵の高さは 2m ですが、実際には 90cm ぐらいしか雪は積もっていないわけです。下段の柵はクリープによって柵が雪で覆われる状況になっています。柵が高過ぎることによってここでの上段の柵のように、雪の繋がりによる支持力を切る結果になっています。また、積雪深に比べて高すぎ

る柵には大きな冠雪ができることがわかりました。

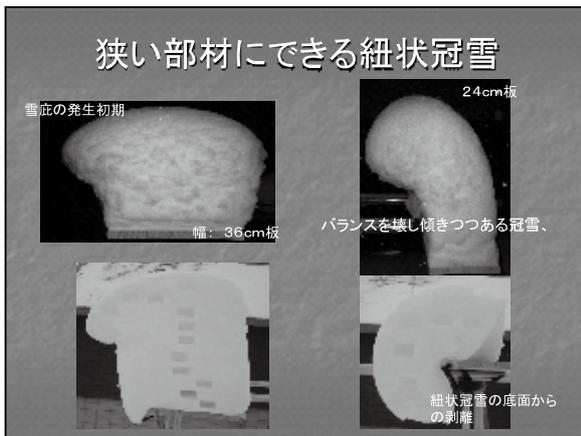


資料 2-3-14

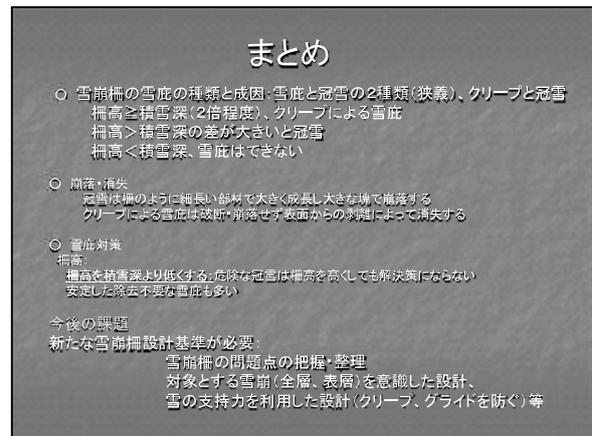


資料 2-3-15

次に、雪庇は本当に危ないのかということです。この写真のように柵の上から巻き込んでいる雪庇もあります。この雪庇は表面から小片で剥離することはあっても破断することはありません。塊で落ちる場合は、こういった細長いところに乗っかって大きくなる冠雪の場合です。雪が積もって、写真のようにクリープするとき水平方向に雪がはみ出します。ここの部分を私は雪庇と呼んでいます。写真のように雪庇成長は一方に傾き傾向があります、特に狭いところに高く積もるとバランスを崩して部材から大きくはみ出すため偏荷重が大きくなり、写真のように冠雪が部材から剥離して底面ごと大きな塊になって落下することになります。



資料 2-3-16



資料 2-3-17

まとめですけれども、柵高が積雪深の2倍程度よりも大きいと、クリープによる雪庇ができます。柵高が積雪深より顕著に大きいと冠雪で、柵高が積雪深よりも小さいと雪庇はできません。

今後の課題です。ここでは柵高の問題で議論してきていますけれども、雪崩柵にはいろんな問題が顕在化しています。そこでこれらの問題に対応するために、よりよい設計要領の改正に向けて雪崩柵の問題点を把握し整理、現地実験によるデータの蓄積が必要であると考えています。

以上でございます。

小長井 どうもありがとうございました。  
それでは、続きまして岩手大学、井良沢様からご発表をお願いいたします。

## 「融雪及び全層雪崩・積雪グライドによる土砂の生産・流出」

岩手大学 准教授 井良沢 道也 様



資料 2-4-1

### 研究の背景

- ◆ 新潟県芋川流域では、2004年10月に発生した中越地震によって多くの土砂災害に見舞われた。その後3年間にわたって融雪による土砂災害の発生が相次いだ。
- ◆ 多雪地帯では、融雪による土砂災害が毎年、発生しているが、その予測手法は確立されていない。
- ◆ 多雪地帯にある地すべり地は融雪時期に活発な移動を示すタイプが多いが、同様にその予測手法は未解明である。
- ◆ 全層雪崩・積雪グライドにより岩木山では崩壊地が発生した。崩壊地の回復のメカニズムは不明である。
- ◆ 全層雪崩の発生と土砂生産・流出の関係については未解明である。

資料 2-4-2

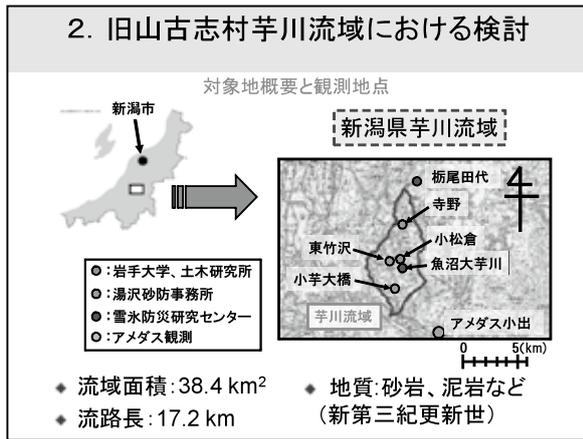
井良沢 岩手大学農学部の井良沢といいます。このたびは助成をいただきまして、ありがとうございました。

北日本というか、雪が積もるところでは、いろんな雪の現象によって砂防災害、土砂災害が起こっています。大きく三つぐらい、融雪、全層雪崩、積雪グライドで土砂の生産・流出が発生しています。ただ、山の高いところで起きますので、実際に気象観測装置を設置して、実際の土砂の生産・流出と消散についてはほとんど実行されていないのが現状です。そういうことで、これは四つの対象場所になりまして、こうした雪による現象と土砂の生産・流出の関係について研究をいたしました。

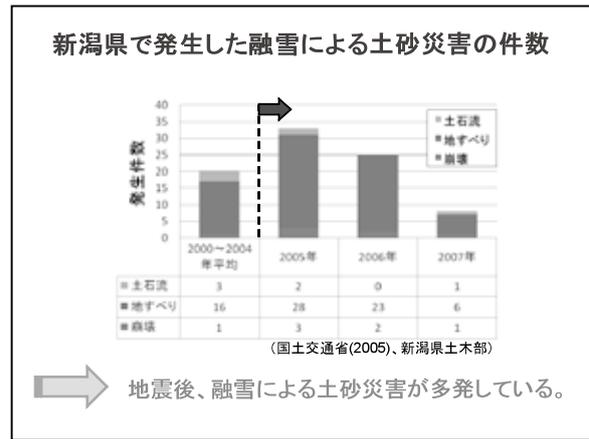
このスライドは、1999年に青森県の岩木山の山頂直下付近で発生した全層雪崩が、昭和50年に大きな土石流災害でたくさんの方が亡くなった百沢に流れ込んで、3キロぐらい流下しています。よく見ると、雪だけじゃなくて、溪床にある土砂とか立木も巻き込んで流下して、ちょうど砂防堰堤のところで停止したために、人命災害は発生しなかったものです。

先ほど言いましたように、雪が積もるところの土砂災害についての研究は非常におくれています。今、土砂災害防止法によって、雨による観測手法は気象庁と連携して運用されていますが、それはあくまでも降雨のみで、融雪は除くとなっていて、これから言いますように、あまり気象観測網の整備されていない山地における融雪による土砂災害が起きております。地滑り地においても同様で、融雪と関係する地滑りは、北日本では結構たくさん起こります。そういうところで、地滑りの移動予測もできないかと考えています。

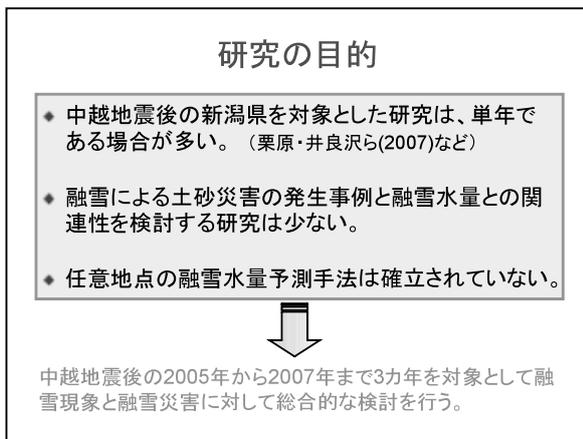
それから、先ほど紹介した全層雪崩。そのまま川、溪床に流れ込んで土砂災害になる危険性は極めて高い。ここでは、10年経ての植生回復のメカニズムについて見ました。それから、ウェブカメラもいろいろ技術が進展してきまして、全層雪崩の発生と土砂の生産・流出、このあたりは上石（勲）研究員のほうから発表する予定になっております。



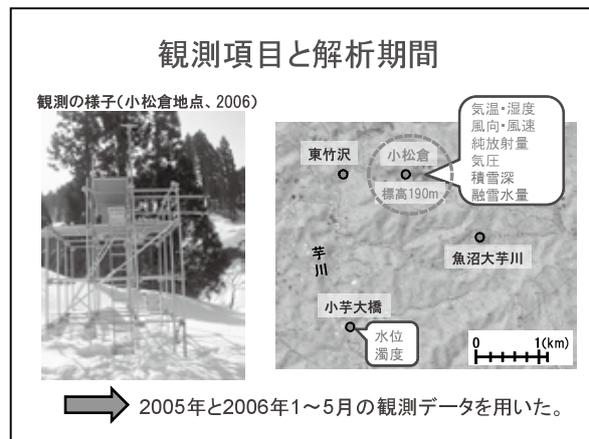
資料 2-4-3



資料 2-4-4



資料 2-4-5



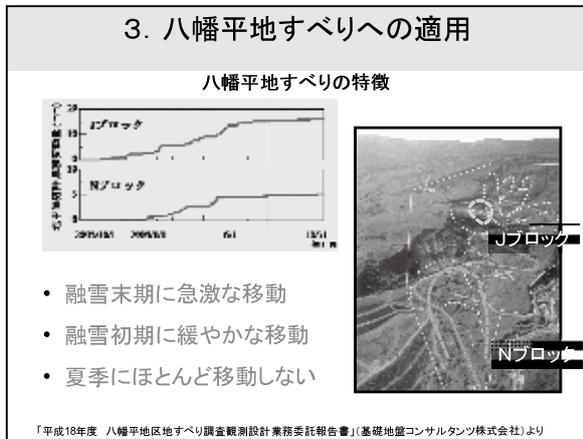
資料 2-4-6

最初に旧山古志村芋川流域。ここは2004年に大地震によって流域が壊滅的な被害を受けましたが、その後3年ぐらいいわたくしにわたって山が緩んだために、融雪によって斜面拡大等が非常に進みます。実際に私どもとか土木研究所、それから湯沢砂防事務所、雪氷防災研究センター、特に雪氷防災研究センターから非常にたくさんデータをいただきまして、それに対して御礼申し上げます。そういうデータを用いて、融雪が発生してから3年間ぐらいい二次的な土砂災害が融雪計算をすることで予測できるというのが、最初に紹介する事例であります。

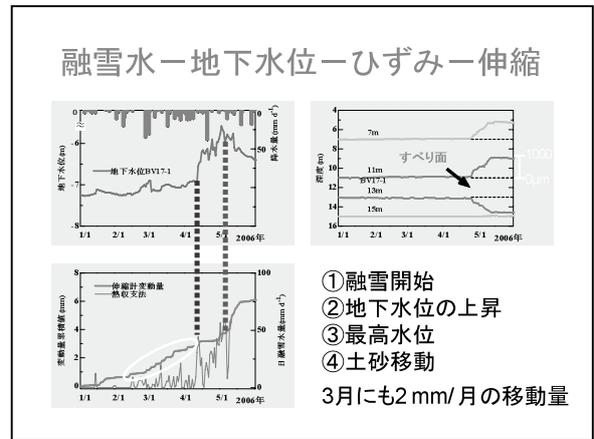
地震発生後3年間にわたっては非常にふえているということです。こうした豪雪地帯は大体4mぐらいいのタワーを建てて、ここで熱収支法に使えるレベルのものを想定しております。ここは一つの基準になるデータでありまして、確立された手法ばかりですが、熱収支法、一番今使われているのはDegree-day法だと思いますが、それから簡易熱収支法で、特に私自身は、今後山地の予測をするには簡易熱収支法が一番いいのではないかと考えています。

それぞれいいところと悪いところがあって、熱収支法は正確だと言われていますが、実際に測定する項目が多過ぎて、実用にあまり向かない。予測をするには、今は気象台で1週間予測を出していますが、気象台でも出し切れないような風速とかそういう因子が入っていて、実用は多分難しいのではないかと考えています。Degree-day法は、ファクターをちゃんと決めれば基本で済むのですが、それもやはり基本のみということと、ファクターを長期間観測しなければいけないということで、なかなかこれも難しい。簡易熱収支法は、項目が比較的少なく、気象台の出している1週間先予測を使える。先ほど観測した場所と実際に対比して、若干でも簡易収支が課題ですが、傾向としてはよくなっているというのが結果です。今回、Degree-day法のほうも、Degree-dayファクターの決定を試行錯誤でやりましたが、割とインパクトがあって、まあまあ成功と自負をしています。

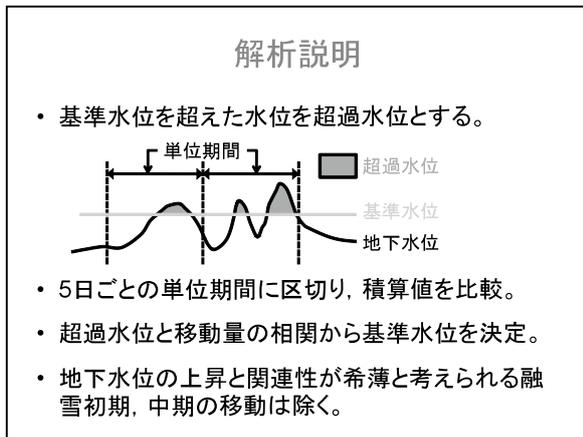
実際に起きた場所への適用ということで、雨が降りますと、雪の中を伝ってくる雨による融雪水も考え合わせると、崩壊時間で確認されているのですが、大体深夜ぐらいということで、1月から通して一番ピークの頃であると。今後、1週間先の天気予報とか、地盤の中の浸透現象、あるいは崩壊予測モデルと組み合わせれば、ある程度予測はつくのではないかと思います。



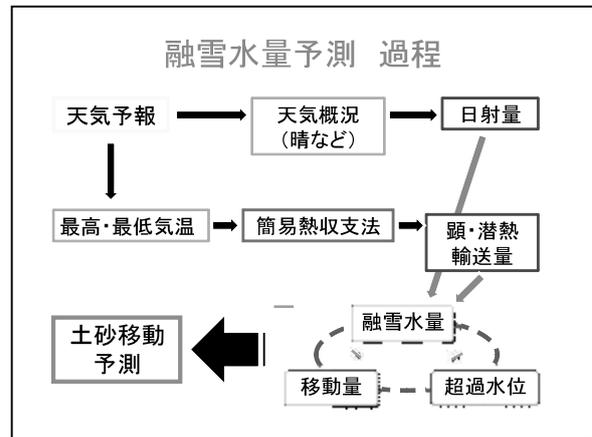
資料 2-4-7



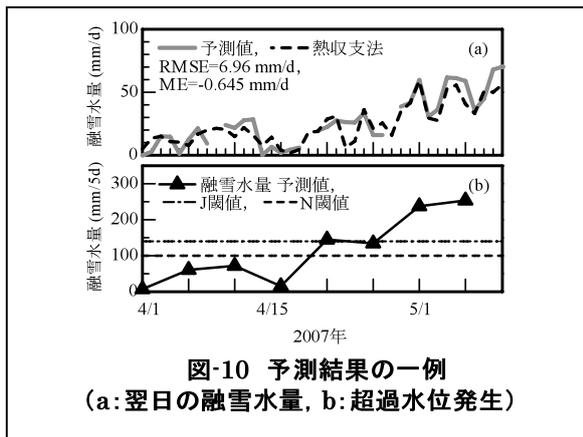
資料 2-4-8



資料 2-4-9



資料 2-4-10



資料 2-4-11

### まとめ

<岩手県八幡平地すべりの概要と移動特性>

- 大部分の移動は融雪最盛期(4月～5月)  
⇒Jブロック:3 mm/月, Nブロック:0.7 mm/月
- 夏季の豪雨では、土砂移動は発生しない。
- 超過水位と移動量の関係は、対数関数で近似
- 超過水位が発生する融雪水量の閾値  
⇒地すべり移動が発生する閾値

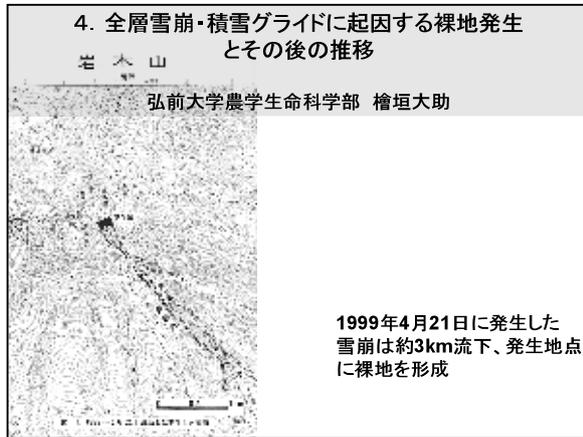
<簡易熱収支法による融雪量予測について>  
⇒強風時での潜熱による融雪の発生などの補正を行えば実用レベルになる可能性、さらに1週間先予測も可能

↳ 超過水位の算出による地すべり移動予測モデルの開発

資料 2-4-12

それから地滑りということで、雪国、北国では、融雪時期だけしか動かないんですが、結構あります。夏場も瞬間的に強烈な雨が降っても、長い間続かないということで、融雪のみしか動かない地滑りが結構あります。そういうところで地滑りの移動量がわかっていて、地下水もわかっていますので、融雪量を計算することで、地滑りの移動予測はできないかという意見を出しています。

検討した結果、一つの地滑りによる地下水が一定量を超えて、しかも、瞬間ではなく、長期間続いた積算的な透過水が関係しているということがわかりましたので、1週間先まで予測して、それが使えるかどうかということで検討しています。予測自体は、1日後、1週間後ぐらいを希望していますので、まだ途中段階ですが、今年実際にデータをもらいましたので、これからこれとの対比をして、移動量と実際の予測の関係がどうかということをしてしたいと思います。



資料 2-4-13

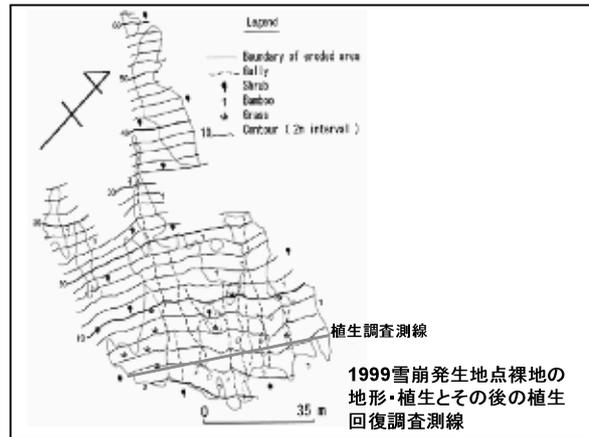


雪崩発生地点裸地の発生2年後の状況 01810

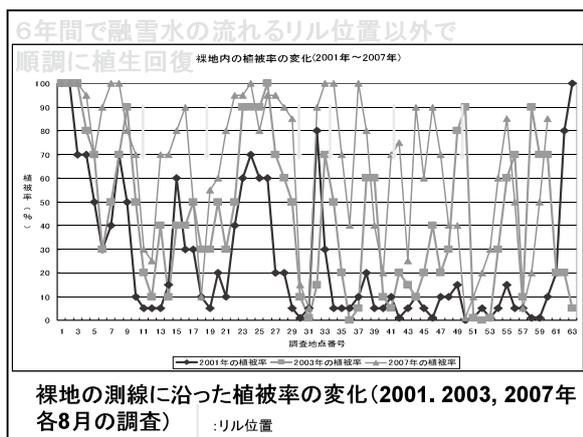
資料 2-4-14



資料 2-4-15



資料 2-4-16



資料 2-4-17



資料 2-4-18

それから全層雪崩ですけれども、先ほどお見せしました全層雪崩による土砂とか立木を巻き込んだ移動現象。ここで検討したのは植生回復という現象になります。これが雪崩が発生した場所ですが、2年後には、笹とか低木が繁茂しているところで、全層雪崩が発生したために地面が全部えぐり取られたような状態になっています。植生回復の状況を調べたんですが、リルの部分

は石がたくさんあって、そこは固いということで植生が回復しませんでした。それ以外のやわらかい場所において周辺から種子が供給されて、植生が10年間で順調に回復していることがわかっています。

**5. 全層雪崩の発生と土砂生産・流出の分析**  
 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター上石勲

全層雪崩発生状況 現地調査結果  
 長岡市山古志地区周辺部、全層雪崩発生状況調査からつぎの3つに分類

①吹付箇所 土砂生産 小



- ・植生吹付やコンクリート吹付箇所で全層雪崩が発生 土砂生産は少ない
- ・植生吹付工では地震前や崩壊地よりも雪崩が発生しやすくなっている。
- ・法枠工設置箇所では埋まらず雪崩は未発生

資料 2-4-19

②自然斜面 土砂生産(小～中程度)



- ・地震崩壊地 土砂生産比較的小さい
- ・小崩壊地や地震以後の全層雪崩により土砂が流下、新たな土砂生産少ない

③自然斜面 土砂生産 大



- ・地震後毎年発生、継続して土砂生産

資料 2-4-20

**上石** 時間がないので、簡単に報告します。全層雪崩を旧山古志村の中で見ているのですが、復旧してきて、吹きつけの斜面では土砂生産が少ないということがわかります。また、地震によって自然斜面で土砂崩壊していても、土砂生産が少ないところもあるし、自然斜面で全層雪崩が起きて、まだまだ継続して土砂生産が起きている場所がある。つまり、場所によっていろいろ違うということがわかりました。また、未復旧の場所でもまだ土砂生産が行われていたり、土砂と雪が落ちる現象も起きています。

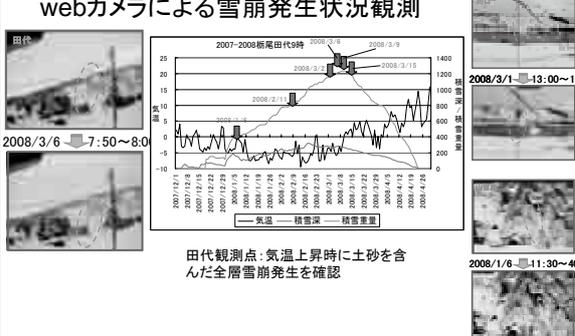
未復旧斜面の状況



全層雪崩発生箇所では大量に土砂が堆積している箇所も多い。土砂雪くずれが今冬も発生している斜面もあり。

資料 2-4-21

webカメラによる雪崩発生状況観測



田代観測点: 気温上昇時に土砂を含んだ全層雪崩発生を確認

今後 全層雪崩・融雪災害の発生状況継続観測

資料 2-4-22

ウェブカメラでその崩壊地層を見させてもらっているのですが、1年間に何回も起きている場所もあります。土砂によって全層雪崩が起きやすい、起きにくいというのがあるようですので、今後継続して観測したいと思います。

《意見交換》

**小長井** どうもありがとうございました。

それでは、これから若干の時間、質疑応答ということでお願いしたいと思います。どなたの発表に対してでも結構ですので、何かご質問、ご意見等ございましたら、お願いいたします。

**高田** 応用気象エンジニアリングの高田でございます。1番目のレーザー画像の研究に質問ですが、線で観測されるのはいいアイデアだと思いますけれども、直流光なので、昼は太陽の影響を受けてどうにもならないと思います。1000Hz ぐらいの交流光に変換させて使われたほうがいいのではないかと。これは直から簡単にできますので、そうされた方がよいと思います。

それから、降雪や吹雪が起ると、測定値にむらやばらつきが出てきますので、例えば30%とか50%とかを出して、その中で固定点をつかまえる方法をとるなどすることで、データが安定するのではないかと思います。

もう一つ、2番目のPVシステムの融雪についてですが、PVというのはいわゆる太陽電池ですが、これは半導体なので、逆流電流を流すとジュール熱を出す。私は太陽電池の初期の開発者の1人なので、太陽電池の特性をよく知っていますが、逆流電流を流しますと、寿命が非常に短くなります。与える電圧にもよりますが、2分の1から5分の1ぐらいの寿命になってしまいますので、逆流防止ダイオードとかそういったものを使って流さないようにしてきているわけですが、できれば、逆流の電流、電圧を与えたくしないで、これは商業電力をうまく使う方法がありますので、別にヒーターガラスを使うか、今はナノ塗料でよく滑るのがありますので、そういったものを使ったり、角度を60度以上にしたり、屋根雪に対する方法はたくさんあると思いますので、別の方法も検討していただきたいと思います。以上です。

**小長井** よろしいですか。それでは、そのほかに何かご意見をよろしくお願いします。

**長野** コメントに対する回答でよろしいですか。塗料の検討も我々は長いことやっていますが、なかなか寿命が長いものがないということで、両者を併用して検討しています。

それから、逆流電流についての保証ですが、メーカー保証で10年保証という話で、特に悪さはしないというような見解はメーカーから得ています。初期の開発者とおっしゃられて、そういう意見をお持ちなのは重々承知しておりますが、シャープ等のメーカーから聞いて、10年ぐらいはメーカー保証と。つまり、発電の保証と同じような長い年月を保証するというのを聞いていますので、それに応じてやっているということです。

**小長井** 今の長野先生のコメントですが、いかに屋根処理を安くするかというところに非常に興味を持っているわけですが、日本鐵板で北陸のほうでうまくいったという話があります。特段のデータがあったわけではありませんが、できればその部分資料がもらえるようだったら、追加して出していただくとありがたいんですけど。

**長野** 実は今ここに出さなかったのは、一部写真だけ見せたのは、コンフィデンシャルという資料だったものですから。いろいろ各地で彼らなりに営業を展開するに当たっての実証的な実験をしておるものの一つのデータを見せていただいたと。頼んでみます。

**小長井** ありがとうございます。そのほかに何かございましたら、お願いいたします。

**町田** 町田建設の町田といいます。竹内さんにちょっとお聞きしたい。先ほどの柵にできる雪庇ですが、柵高という部分に非常に興味があったのですが、斜面に対する柵の角度は影響しないのでしょうか。

**竹内** 斜面に90度でついておるようですが、角度は全く関係しないと思っている一つは、高過ぎる場合にできる冠雪に関しては全くそういったものはなくて、とにかく斜面からかなり高いところがあるので、それは角度以前の問題だろうと思います。あと、大体90度についていて、クリーブで乗り上げていっているのですが、角度によってそれが違うようになる要素は考えたこ

とはないので、今の段階ではそういうことも考えられないんじゃないかと思っはいます。

**小長井** そのほかに何かございましたら。

**佐藤** 雪氷防災研究センターの佐藤です。竹内さんのご発表に関連してコメントです。お話の中で、雪庇の崩落によってあまり大きな問題はないというようなご発言がありましたが、東北から北陸にかけて重い雪が降る地域では決して危なくないことはなくて、雪庇は非常に危険です。

理由は幾つかあると思いますが、気温が高いことから付着力が高く、雪庇が非常に発達します。それから、雪そのものの密度が非常に高くなります。それがまとまって落ちたときは非常に危険で、なおかつ災害がよく起こっています。そういう意味では、少し地域に差があると思います。

**竹内** 今の話で、私のほうからも質問も含めてあるんですけども、ぐうっと本当にはい出して、稜線のところに風でできる大きな雪庇が偏荷重で破断するような大きな力がかかった場合は非常に危険だと思います。けれども柵の上に頭を出す程度のものであれば、この写真がそうですけれども、この写真の下くらいのものであれば、表面からぼろぼろ落ちていくけれども、雪というのは結構強くて、 $1\text{m}^2$ 当たり  $10\text{t}$  ぐらいの力がかかっても、密度にもよりますがそう簡単には折れない。そういったものですので、クリープでできている場合は斜面の雪とがっちりくっついていて、表面からぼろぼろと落ちることはあるけれども、危険なものではない。

それと、その上にあるものは、一般的には雪庇と呼んでいますけれども、冠雪でできた大きな雪の塊がぼろんと落ちる。それは非常に危険で、道路に達することはよくあることですが、雪庇が危険な場合の状況というのを教えてもらいたいというか、調べていただきたいと思います。冠雪であるか、あるいは、ずっと大きくはみ出して破断して落ちていくか、恐らくその二つだろうと思いますが、その状況を教えていただければ非常に参考になります。

**佐藤** どうもイメージが違うかなという気がしますが、冠雪と雪庇とどこで分けるかというのは、あまり意味はないのではないかと私は思います。つまり、雪庇というのは雪のひさしですから、下の土台よりも外へ張り出すようなものは雪庇と呼ぶべきだと思うんですね。それは崩落の危険はいつでもあるわけです。ぼろぼろ落ちるから危険ではないとおっしゃるのは、乾いた冠雪の北海道の斜面を見ておられると、そういう場合が多いのかなと思いますが、本州のほうではそれは大きな雪崩の前兆にもなりますし、実際に山道なんかはそれで随分ふさがる。ですから、決して小さな要素ではないと思っています。

**竹内** ですから、もう少し具体的にその辺を知ると、これからこういった研究も進むのではないかと思います。冠雪と雪庇とを区別するのは意味がないというのは間違いだと思っています。雪が積もったものが冠雪で、雪庇というのは、風もありますけども、上からクリープでゆっくり落ちてきた雪が、柵の場合は柵に乗り上げてできる。ですから、クリープでできる雪庇は斜面の雪とがっちりくっついていて、冠雪というのは土台の上に雪が積もっただけなので、後ろとは全く離れていて、簡単に崩壊する。

これを見ていただきたいのです。積もっている雪は柵の半分以下ですけども、降る雪が大きく乗かって、これは最終的には全部落ちますけれども、これはとにかく雪に積もった。これは、積もったんじゃないなくて、上からの雪がかかってきた。成因がまるっきり違う。実際には冠雪は非常に転がりやすい。こういった形の雪庇ならそれほど危険ではない。ただ、さっき言ったように、風でできるように大きく張り出すと非常に危険だということは間違いないと思います。

**小長井** よろしいでしょうか。時間のほうも大分押しておりますので、まだ質問のある方よろ

しいでしょうか。この後休憩時間もありますので、その間に、ご質問のある方は直接お願いしたいと思います。

それでは、以上で平成 19 年度雪センターTC研究助成制度の研究成果報告を終了させていただきます。4名の方々、発表どうもありがとうございました。(拍手)

oooooooooooooooooooo 準備・休憩 ooooooooooooooooooooo