

## 新潟県旧山古志村芋川流域における土砂災害防止に向けての融雪観測

井良沢道也\*・窪寺洋介\*\*\*\*・角田皓史\*\*\*\*・遠藤周作\*\*\*\*\*

The snow-melt observation towards prevention of sediment disaster  
in the Imokawa valley, former Yamakoshi-mura, Niigata Prefecture

Michiya IRASAWA\*, Yousuke KUBODERA\*\*\*\*

Koushi KAKUTA\*\*\*\* and Syuusaku ENDO\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

我が国では毎年多くの土砂災害が発生している。これらは主に、冬季から春季においては急激な融雪によって、夏季においては梅雨期から台風期の集中豪雨によって、地中に過剰な水分が供給されることが誘因となり発生している。

本研究の対象地である新潟県は、多くの積雪に見舞われる豪雪地帯として知られており、山地や高山に限らず、山間部や平地など民家が存在する標高の低い地域においても多量の積雪が冬季に発生する。その結果、春先に発生する融雪現象によって、融雪に起因する地すべり等の土砂災害が多発している。特に中越地震直後の積雪期であった2005年は、日本海側の豪雪地帯を中心に8県で計55件が発生し、新潟県では全体の6割にもおよぶ33件が発生した(川邊ら<sup>1)</sup>、国土交通省<sup>2)</sup>)。秋山ら<sup>3)</sup>によると、芋川流域では融雪後、新たな崩壊や拡大崩壊が発生し、中越地震後よりも崩壊が拡大していることが分かった。その崩壊が拡大した面積は17万m<sup>2</sup>にも及ぶと言われている(新潟県<sup>4)</sup>)。このように、中越地震後、降雨や融雪による二次災害の危険度が増大している。

---

Received February 9, 2010

Accepted April 12, 2010

\* 岩手大学環境学系

\*\* 岩手大学農学部農林環境科学科

\*\*\* 日本工営株式会社北陸事務所

\*\*\*\* パシフィックコンサルタンツ株式会社国土保全技術本部

\*\*\*\*\* 林野庁東北森林管理局青森森林管理署

2005年から2007年において、今後の融雪期に想定されるこうした土砂災害を防止するために、独立行政法人土木研究所とともに、新潟県旧山古志村（現長岡市）小松倉地点において気象観測機器及び融雪観測機器（ライシメータ）を設置し観測を開始した。また、同観測地点付近で融雪観測を行った。観測項目は、積雪深、積雪断面の雪質、雪温、密度、硬度、湿潤前線、浸透速度である。さらに、独立行政法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センターにおいて観測したデータとあわせて、とりまとめを行った。

## II. 対象地の概要及び観測項目

### 1. 対象地の概要

#### 1) 芋川流域の概要

本研究では、新潟県の芋川流域を対象地とした。芋川流域の流域面積は38.4km<sup>2</sup>である。また、流路長は17.2kmである。行政区分は、下流部が魚沼市（旧堀之内町、旧広神村）、中流部の一部が小千谷市、中～上流部が長岡市（旧山古志村）となっている。芋川流域の位置図を図-1に示す。

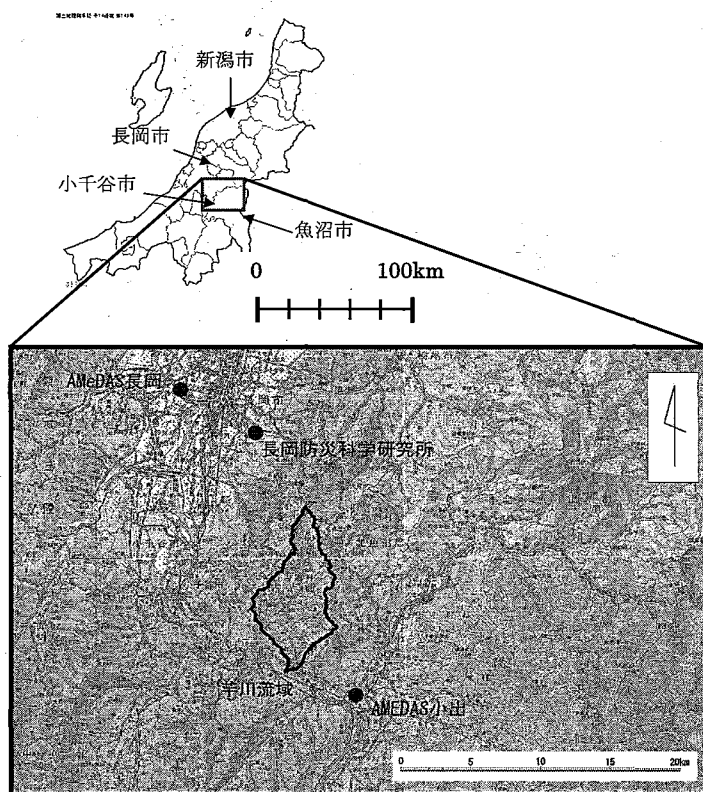


図-1 芋川流域の位置図

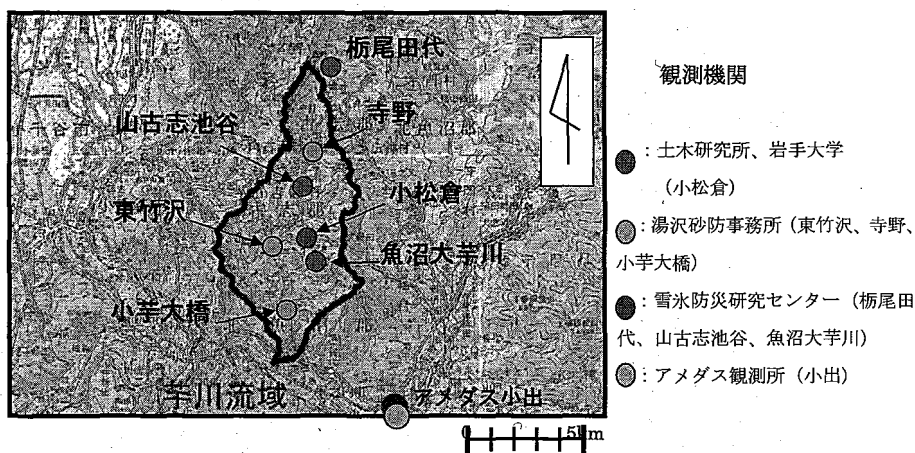
芋川流域は新潟県中央部の東に位置し、北北東方向に直線的な稜線を持つ東山丘陵の南東側に位置する。東山丘陵を含む周辺の地形的特徴としては、“新潟方向”と呼ばれる北北東—南南西の顕著な方向性を持つ地形の配列があげられる（湯沢砂防<sup>5)</sup>）。この特徴的な方向性は、それを成す地質の構造や地殻変動の結果を反映したものである。

芋川流域の大きな地形的特徴としては、左岸側斜面の勾配が緩やかであるのに対し、右岸側斜面では急勾配であることが挙げられる。これは、地層の走行方向が概ね河川流下方向であり、地層の傾斜方向が西落ちであることに起因している。流域内で発生した地すべりは、緩やかな勾配を成す左岸側斜面で多く発生している（湯沢砂防<sup>5)</sup>）。芋川流域とその周辺の地質は、砂岩・泥岩などから成る新第三紀鮮新世の堆積岩層等であり、シルト・砂・礫などから成る第四紀更新世の魚沼層により構成されている。

## 2) 観測地点の概要

岩手大学と独立行政法人土木研究所が、共同で小松倉地区芋川流域の前沢川谷沿いの水田に融雪・積雪観測施設を設けた。そこで気象・水文要素の定常観測を2004年12月26日から2005年5月31日、及び2005年12月9日から2006年の5月8日まで行った。2007年は2007年1月1日から2007年5月31日まで気温のみの観測を行った。観測地点の標高は190mである。なお、2006年は2005年の観測地点より20m程、北東方向に移動した場所に観測施設を設置した。以降、小松倉地点と呼ぶ。

また、国土交通省北陸整備局湯沢砂防事務所では、小松倉地点から真西に約1kmの芋川と前沢川合流地点である東竹沢地区に観測機器を設置し、気象要素の観測を2004年12月27日から行っている（標高158m）。同時に小松倉地点より北に5kmの流域上流部の寺野地区でも同様の観測を行っている（標高314m）。以降、それぞれ東竹沢地点、寺野地点と呼ぶことにする。さらに、湯沢砂防事務所では流域末端の小芋大橋下において水位計及び濁度計を設置し、水位



図一 2 観測地点の位置図 ((ダイヤコンサルタント, 2005) を元に作成)

及び土砂容積濃度を測定している。以降、小芋大橋地点と呼ぶ。本研究では、東竹沢地点、寺野地点、並びに小芋大橋地点にて観測された値を使用した。

新潟県長岡市周辺では独立行政法人防災科学技術研究所、雪氷防災研究センター（旧長岡雪氷防災研究所）が複数の観測地点において、気象要素及び積雪深や積雪重量と言った水文要素の定常観測を行っている。本研究では芋川流域内に位置する魚沼大芋川観測地点（標高255m）、山古志池谷地点（標高300m）、更に芋川流域の近郊に位置する栃尾田代観測地点（標高420m）にて観測された値を使用した。以降、それぞれ魚沼大芋川地点、山古志池谷地点、栃尾田代地点と呼ぶ。

芋川流域から最も近郊にあるアメダス観測所は、芋川流域から南西に4 kmの場所に位置する小出観測所（標高98m）である。以降、アメダス小出地点と呼ぶ。観測地点の位置図を図-2に、位置情報を表-1に示す。また、観測地点の様子を写真-1-1から写真-2-2に示す。また、各観測地点の観測機器の模式図を図-3から図-9に示す。

表-1 観測地点の位置情報

地点名	標高 (m)	緯度	経度
小松倉	190m	N37° 18' 14.4"	E138° 54' 55.8"
東竹沢	158m	N37° 18' 15.2"	E138° 54' 12.2"
小芋大橋	103m	N37° 16' 14.7"	E138° 54' 16.9"
寺野	314m	N37° 20' 14.3"	E138° 55' 11.6"
魚沼大芋川	255m	N37° 17' 38.4"	E138° 55' 46.3"
栃尾田代	423m	N37° 22' 12.0"	E138° 55' 48.0"
山古志池谷	300m	N37° 19' 55.0"	E138° 54' 39.0"
アメダス小出	98m	N37° 14' 18.0"	E138° 57' 36.0"

(緯度経度：世界測地系)

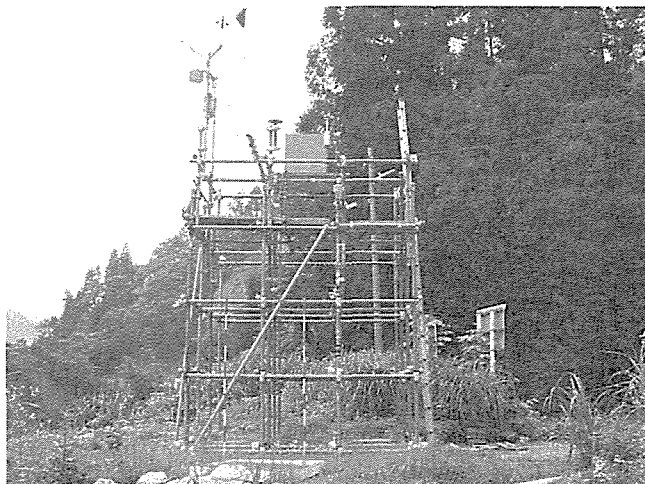


写真-1-1 観測地点の様子① (2005年7月14日) 一小松倉地点-



写真 1-2 観測地点の様子②  
(2006年3月10日) 一小松倉地点一

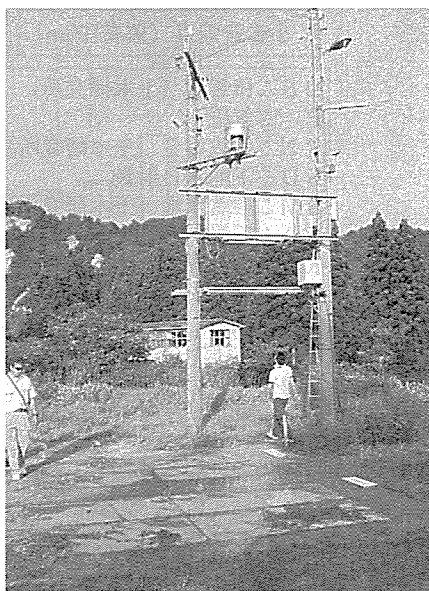


写真 2-2 観測地点の様子④  
(2008年6月18日) 一栃尾田代地点一



写真 2-1 観測地点の様子③ (2008年6月18日) 一魚沼大芋川地点一

### 3) 融雪水量計 (ライシメータ) の概要

小松倉地点では実際の融雪水量を計測するため、観測施設近傍の地面に1m×1mの金属製パン (ライシメータ) を水平に設置し、積雪後に浸透降下した融雪水をパンで集水し転倒升によって計測できるようにした。以降、それらの実測値をライシメータ実測値と呼ぶことにする。現地に設置してあるライシメータの様子を写真-3-1と写真-3-2に示す。

一般的にライシメータは受水部を大きくすることにより、平面的なばらつきが小さくなると

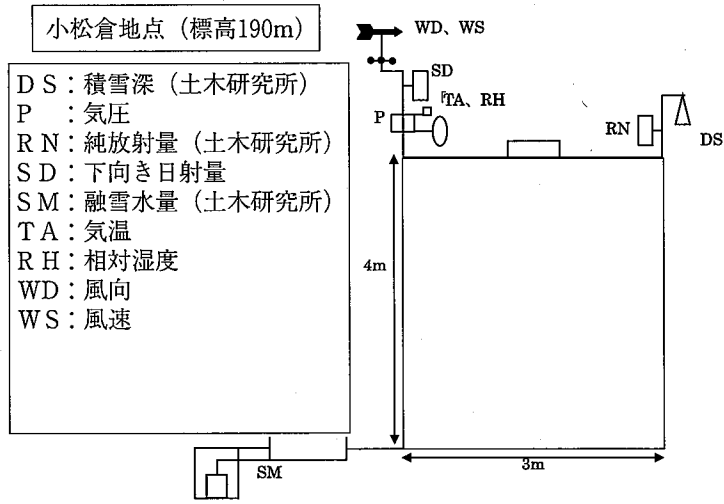


図-3 観測機器の模式図① -小松倉地点-

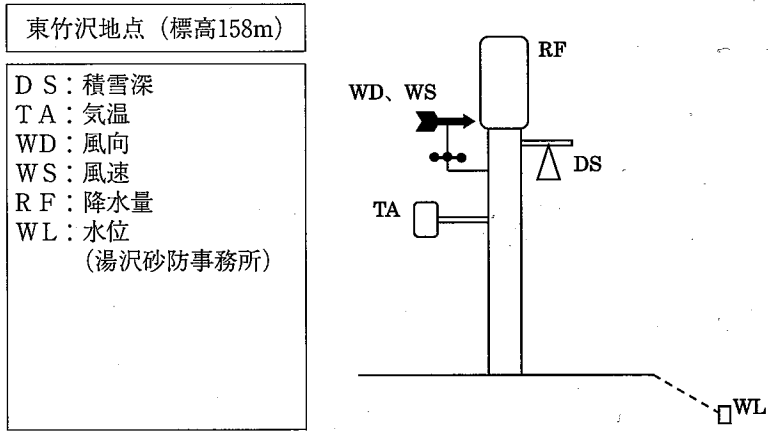


図-4 観測機器の模式図② -東竹沢地点-

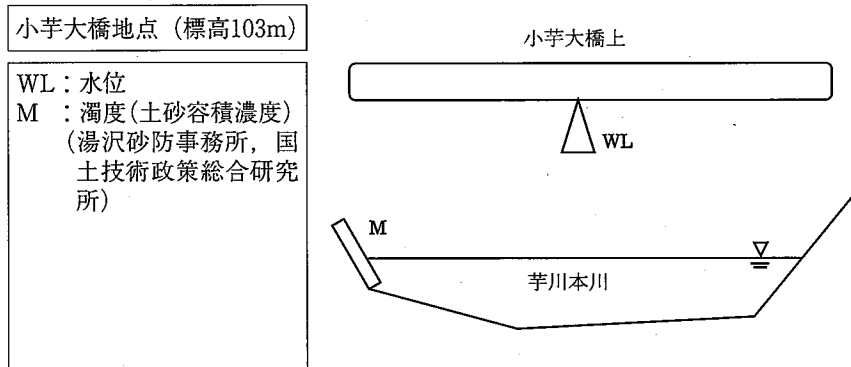


図-5 観測機器の模式図③ -小芋大橋地点-

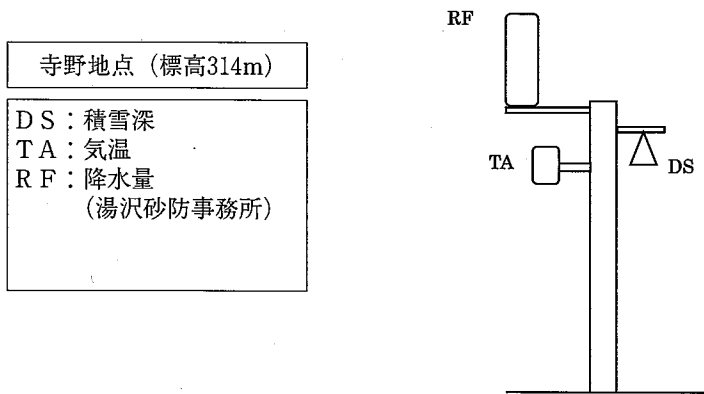


図-6 観測機器の模式図④ 一寺野地点一

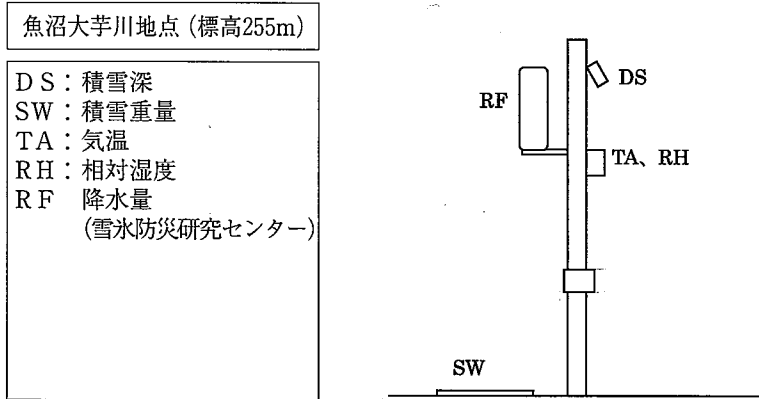


図-7 観測機器の模式図⑤ 一魚沼大芋川地点一

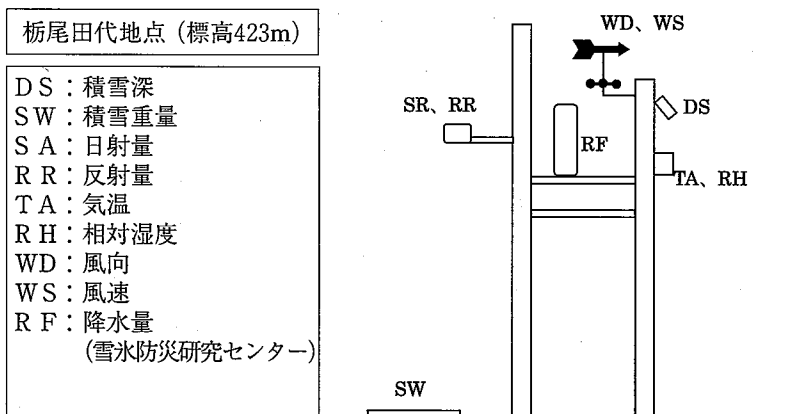


図-8 観測機器の模式図⑥ 一栃尾田代地点一

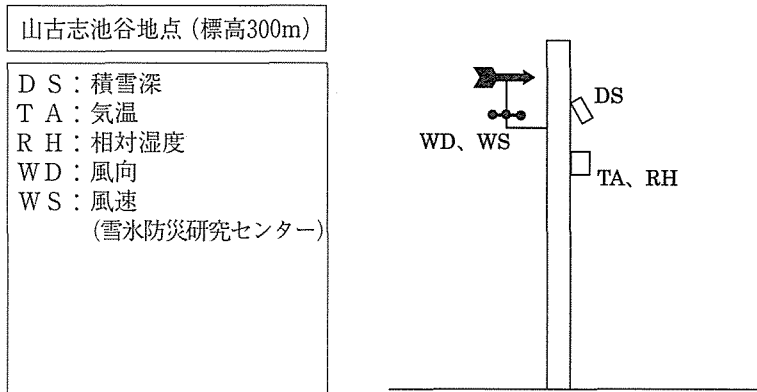


図-9 観測機器の模式図⑦ ー山古志池谷地点ー

され、正確な融雪水量を観測できるとされる。本研究では1m×1mのパネルで使用し、融雪水量を実測した。そのため、正確な融雪水量とは誤差が発生するものとする。

#### 4) 積雪重量計の概要

積雪重量計は独立行政法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センターがセンター内、魚沼大芋川観測地点(写真-4-1)、栃尾田代地点(写真-4-2)に設置している。積雪重量計は新潟電機株式会社により製品化されており、メタルウエファユニット型と呼ばれる。メタルウエファユニット型は、金属の薄板で作った薄く平らな容器の中に不凍液を注入したもので、地面上に水平に設置して内圧を自動的に計測して積雪重量を測定する。これは1974年にアメリカで開発され、1983年に我が国において電氣的記録ができる装置に改良されて、北陸地方の積雪に対して実用性が確かめられている。

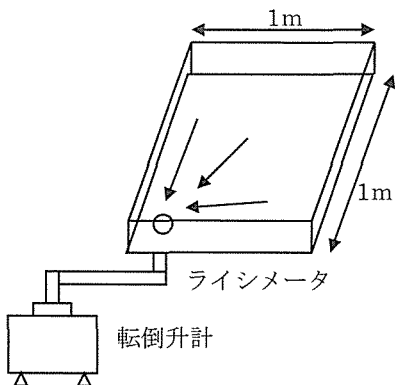


写真3-1 ライシメータの様子① (2005年7月14日)





写真 3-2 ラシメータの様子②（2005年7月14日）—小松倉地点—



写真 4-1 積雪重量計の様子①（2008年6月18日）—魚沼大芋川地点—



写真 4-2 積雪重量計の様子②（2008年6月18日）—栃尾田代地点—

## 2. 気象・水文要素の観測期間

本研究に用いた気象・水文要素を表-2に、観測期間を表-3に示す。なお、欠測や異常値を含む期間は△を表示している。

表-2 各観測地点の観測項目と観測機器

地 点	観 測 項 目	測 定 機 器	データロガー
小松倉	気 温 ・ 温 度	HOBO S-THA-M002 (onset)	WeatherStation
	下 向 き 日 射 量	HOBO S-LIB-M003 (onset)	Logger (HOBO社)
	風 向 ・ 風 速	HOBO S-WCA-M003 (onset)	同 上
	気 圧	HOBO S-BPA-CM10 (onset)	同 上
	融 雪 水 量	1m×1mライシメータ	同 上
	積 雪 深 量	転倒桁型量水計 (ウイジン)	CR5000
	純 放 射 量	積雪深計 C-F202 放射収支計Q7	(CAMPBELL社) (土木研究所)
東竹沢	気 温	BT-100B (共和電業)	TSR
	風向風速計センサー	KVS-500 (光進電気工業)	(テクノソフト)
	風向風速変換機	KVS-301 (光進電気工業)	同 上
	降 水 量	RH-10 (池田計器)	同 上
	積雪深計センサー	LSS-30A (池田計器)	同 上
	積雪深計変換機	LSS-30A-3D (池田計器)	同 上
	積雪深計伝送装置	TSC-WLSS-F1 (テクノソフト)	同 上
水 位	DS-1 (オサシテクノス)	同 上	
日 射 量	SR-011 (光進電気産業)	同 上	
小芋大橋	水 位 度	水位計	新潟県
寺 野	気 温	OBS-3 (D&A Instrument社)	国土交通省
魚 沼 大芋川	降 水 量	BT-100B (共和電業)	TSR
	積雪深計センサー	RH-10 (池田計器)	(テクノソフト)
	積雪深計変換機	LSS-30A (池田計器)	同 上
	積雪深計伝送装置	LSS-30A-3D (池田計器)	同 上
	水 位	TSC-WLSS-F1 (テクノソフト)	同 上
魚 沼 大芋川	積 雪 深 量	DS-1 (オサシテクノス)	同 上
	積 雪 重 量	HMP45D (VAISALA)	DATAMARK
	降 水 量	SDM-301S (新潟電機株式会社) MN-301 (新潟電機株式会社) No.34-HT-P (太田計器制作所)	同 上 同 上 同 上
栃尾田代	気 温 ・ 湿 度	HMP45D (VAISALA)	DATAMARK
	風 向	汎用風向発信機 (牧野応用計測研究所)	同 上
	風 速	汎用風速発信機 (牧野応用計測研究所)	同 上
	積 雪 深 量	SDM-301S (新潟電機株式会社)	同 上
	積 雪 重 量	MN-301 (新潟電機株式会社)	同 上
山古志 池 谷	日 射 ・ 反 射 量	MR-22型 (EKO英弘精機株式会社)	同 上
	降 水 量	B-071 いっすい式雨量計 (中浅測器株式会社)	同 上
	積 雪 深 量	HMP45D (VAISALA)	DATAMARK
山古志 池 谷	気 温 ・ 湿 度	HD9009T (T&F社)	CR10-X
	風 向	05103Y-5 (T&F社)	同 上
	風 速	05103Y-5 (T&F社)	同 上
	積 雪 深 量	260-700 (T&F社)	同 上
アメダス 小 出	気 温	気象庁	気象庁
風 向 ・ 風 速	各アメダス観測所	各アメダス観測所	
積 雪 深 量			
日 照 時 間			
降 水 量			

表-3 気象・水文観測地点の観測項目の観測期間①

地点	観測項目	2004	2005					2006					2007						
		12	1	2	3	4	5	12	1	2	3	4	5	12	1	2	3	4	5
小松倉	気温	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	相対湿度	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	日射量	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	風向・風速	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	気圧	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	融雪水量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	積雪深	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	純放射量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
東竹沢	気温	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	風向・風速	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	降水量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	積雪深	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	日射量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	水位	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
小芋大橋	水位	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	濁度	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→

※△：欠測，異常値を含む期間

←→：土木研究所，湯沢砂防観測

←→：岩手大学観測

表-3 気象・水文観測地点の観測項目の観測期間②

地点	観測項目	2004	2005					2006					2007						
		12	1	2	3	4	5	12	1	2	3	4	5	12	1	2	3	4	5
寺野	気温	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	降水量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	積雪深	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	水位	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
魚沼大芋川	気温	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→
	相対湿度	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△	←→	←→	←→	←→
	積雪深	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△
	積雪重量	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△
	降水量	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△
栃尾田代	気温	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	相対湿度	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	風向・風速	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	積雪深	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	積雪重量	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	日射量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	反射量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
	降水量	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	△	←→	△	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→

※△：欠測，異常値を含む期間

←→：土木研究所，湯沢砂防観測

←→：雪氷防災研究センター観測

表一 3 気象・水文観測地点の観測項目の観測期間③

地 点	観 測 項 目	2004					2005					2006					2007						
		12	1	2	3	4	12	1	2	3	4	12	1	2	3	4	12	1	2	3	4	5	
山古志 池 谷	気 温																		←→				
	相 対 湿 度																		←→				
	風 向 ・ 風 速																		←→				
	積 雪 深																		←→				
アメダス 小 出	気 温	←→																					
	風 向 ・ 風 速	←→																					
	積 雪 深	←→																					
	日 照 時 間	←→																					
	降 水 量	←→																					

※△：欠測，異常値を含む期間  
 ←→：雪氷防災研究センター観測      ←→：気象庁アメダス観測

### 3. 融雪観測

2005年2月18日，同年3月19日，同年4月23日に小松倉観測地点付近で融雪観測を行った。観測項目は，積雪深，積雪断面の雪質，雪温，密度，硬度，湿润前線，浸透速度である。

## III. 観測結果

ここでは，芋川流域内で観測された値から2005年から2007年の気象状況と積雪状況の特徴を把握する。また，2005年2月18日，同年3月19日，同年4月23日に小松倉観測地点付近で融雪観測を行った結果を述べる。なお本報告では小芋大橋下における水位及び濁度の観測結果については割愛する。

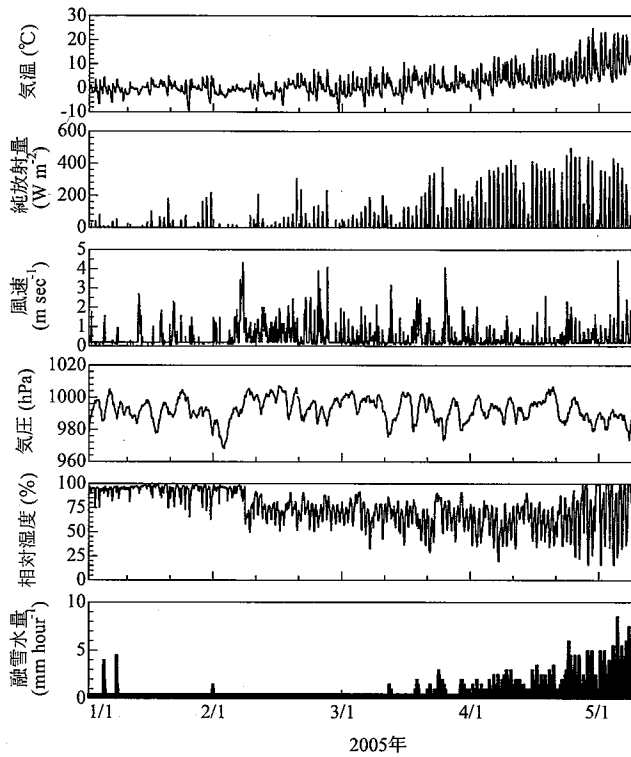
### 1. 小松倉地点における気象状況

#### 1) 2005年の気象状況

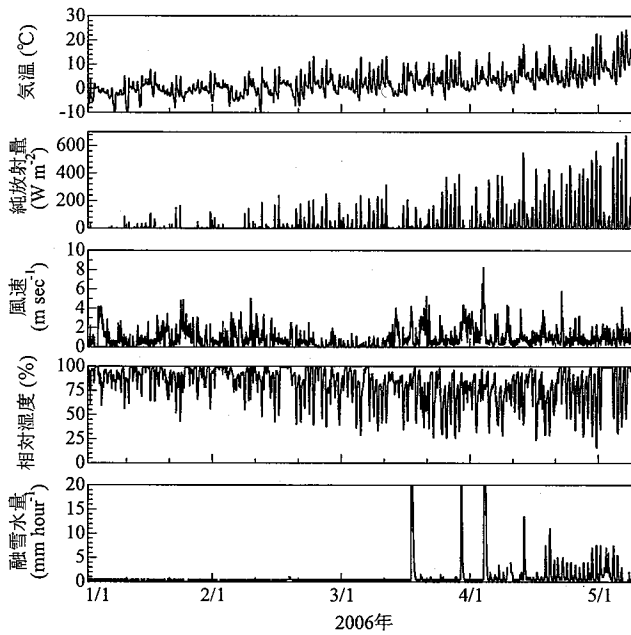
2005年に小松倉地点にて観測された気象データを図-10に示す。図-10から，以下のことが分かる。

- 気温：4月下旬から著しく上昇する。
- 純放射量：2月下旬から徐々に上昇し始め，3月下旬から著しく上昇する。これは，全日放射量の増大と，気温の上昇に伴うアルベドの低下のためと考えられる。
- 風速：時期による変動はあまりみられず，最大時でも  $4\text{ m sec}^{-1}$  程度である。
- 気圧：時期による変動はあまりみられず，980hPaから1000hPaで推移している。
- 相対湿度：1月初旬から2月中旬にかけては高いが，その後は30%から80%を推移し，5月上旬以降は日変動が大きくなる。
- 融雪水量：1月上旬から2月下旬でも計測されている。3月下旬から著しく増加する。

#### 2) 2006年の気象状況



図一10 小松倉地点における各気象要素の経時変化 —2005年—



図一11 小松倉地点における各気象要素の経時変化 —2006年—

2006年に小松倉地点にて観測された気象データを図-11に示す。図-11から、以下のことが分かる。

気温：2月上旬から徐々に上昇する。

純放射量：2月上旬から徐々に上昇する。

風速：時期による変動はあまりみられない。最大時は  $8 \text{ m sec}^{-1}$  程度である。

相対湿度：1月初旬から3月初旬にかけては高いが、その後は30%から90%を推移する。

融雪水量：1月上旬から2月下旬でも計測され、4月上旬から著しく増加する。また、3月中旬から4月上旬に3度異常値を観測している。

### 3) 2007年の気象状況

2007年に小松倉地点にて観測された気象データは気温のみである。図-12の下段の図に示す。図-12から、以下のことが分かる。

気温：3月上旬に急上昇、急下降が一度あり、その後、4月上旬から徐々に上昇する。

## 2. 各地点における積雪状況

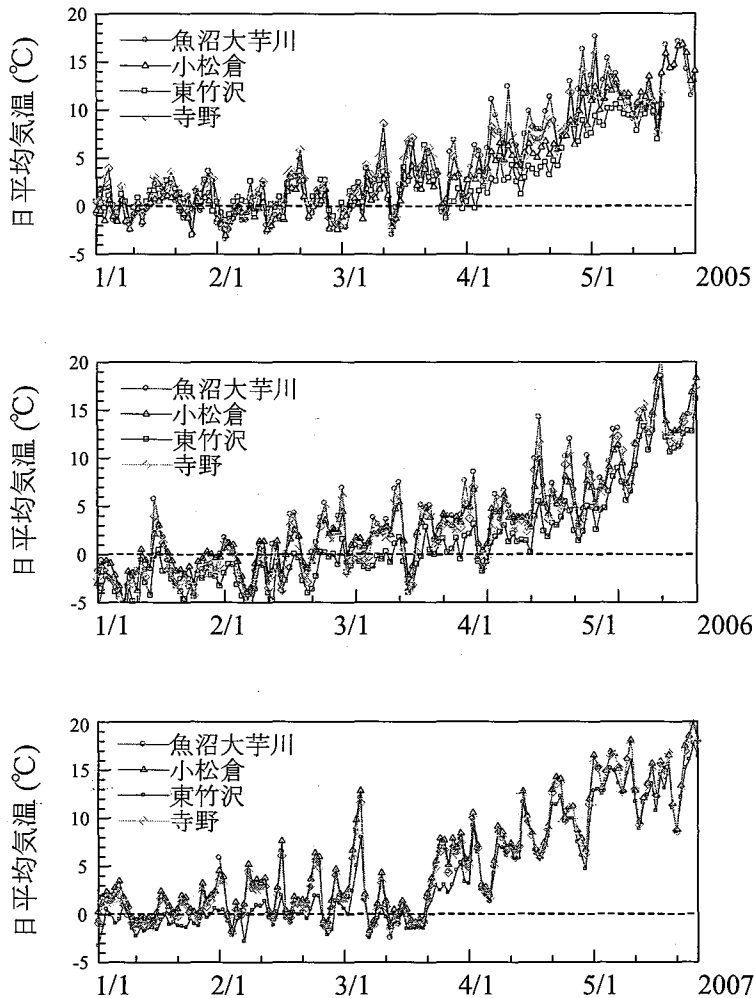
2005年から2007年に観測された日平均気温、積雪深、そして積雪重量データのまとめをそれぞれ図-12、図-13、図-14に示す。

### 1) 日平均気温および積雪深

中越地震直後であった2005年は、例年にも増して豪雪に見舞われた年である。年明けから積雪が急激に増加し、小松倉地点では3.20m (3月14日)、魚沼大芋川地点では3.64m (2月6日)、東竹沢では3.30m (2月12日)、寺野地点では3.59m (3月14日)の最大積雪深を記録した。各観測地点の記録日は異なっているが、大まかな増減の傾向は一致している。3月中旬からの融雪期に関して言えば、東竹沢地点を除く3地点の積雪深の差は小さく、消雪日は5月上旬であった。東竹沢地点で消雪日が早かったのは標高が他地点と比較して低いためであると思われる。2006年は、昨年にも増して豪雪に見舞われた年となり、魚沼大芋川地点では3.66m (2月5日)、小松倉地点では3.20m (3月15日) 東竹沢地点では2.84 (2月5日)、寺野地点では3.17 (2月12日)の最大積雪深を記録した。最大積雪深記録日は両地点において1ヶ月以上異なっているが、図-12で示す通り、両地点の積雪深の大まかな傾向は一致している。また、消雪日は魚沼大芋川地点では5月10日、小松倉地点が5月9日、寺野地点が5月7日であり、東竹沢地点を除く3地点ではほとんど差はない。この年は、全国的に積雪の少ない寡雪年であった。最大積雪深は魚沼大芋川地点で1.32m (3月13日)、小松倉地点では1.31m (1月15日)、東竹沢地点では0.93m (2月3日)、寺野地点では1.36m (3月9日)であり、2005年と2006年よりも2m程度からそれ以上低い。また、消雪日は過去2年に比べ1ヶ月弱早い。

### 2) 積雪重量

積雪重量は、降雪後に積雪の締め固めを経て圧縮沈降するため、最大積雪深と最大積雪重量



図一12 各地点の日平均気温の推移 (上段2005年, 中段2006年, 下段2007年)

の記録日には差が生じる。2005年における魚沼大芋川地点の最大積雪重量は $1791\text{kg m}^{-2}$  (3月18日)であり, 最大積雪深の記録日から4日経過している。融雪期間は, 最大積雪重量を記録してから消雪を迎えるまで50日間である。2006年における最大積雪重量は $1768\text{kg m}^{-2}$  (3月17日)であり, 数値, 日付ともに2005年と近いものとなっている。2月の上旬には降雪とともに積雪重量が増加するが, 2月中旬から1ヶ月程度, 重量がほとんど変わっていない。積雪の締め固め, 及びざらめ化現象が進んだことによる重量増加と, 融雪が発生したことによる重量減少が同時発生したため, 重量の増減がほとんどないと推測される。このような傾向は, 前後1年においても見られない傾向であり, 大量の降雪の直後に気温が上昇したことが関係していると思われる。また, 積雪重量のデータから, 重量が本格的に減少を始めたのは3月中旬か

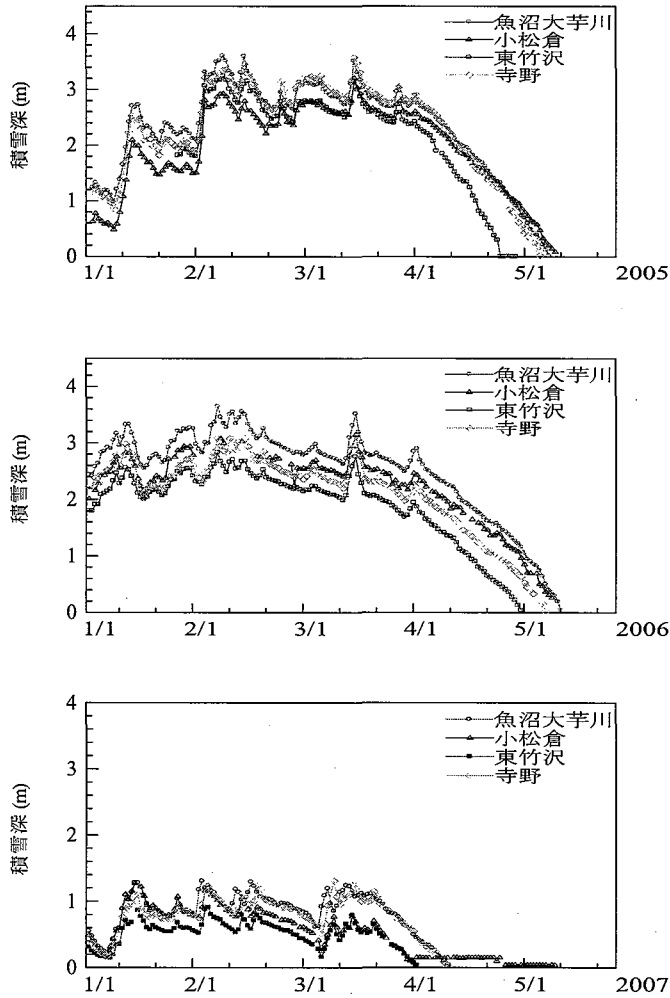


図-13 各地点の積雪深の推移 (上段2005年, 中段2006年, 下段2007年)

らであり, そこから消雪を向かえるまで約60日間が融雪期である。2007年における最大積雪重量は $447\text{kg m}^{-2}$  (2月19日)であり, 過去2年に比べて $1300\text{kg m}^{-2}$ 少ない。気温は1月から $0^\circ\text{C}$ 以上になる日が多く, 2月からほとんどの日で日平均気温がプラスを記録している。降雨は2月から毎月, 定期的に記録されている。

### 3. 融雪観測

2005年2月18日, 同年3月19日, 同年4月23日に小松倉観測地点付近で融雪観測を行った結果を述べる。

#### 1) 積雪断面観測



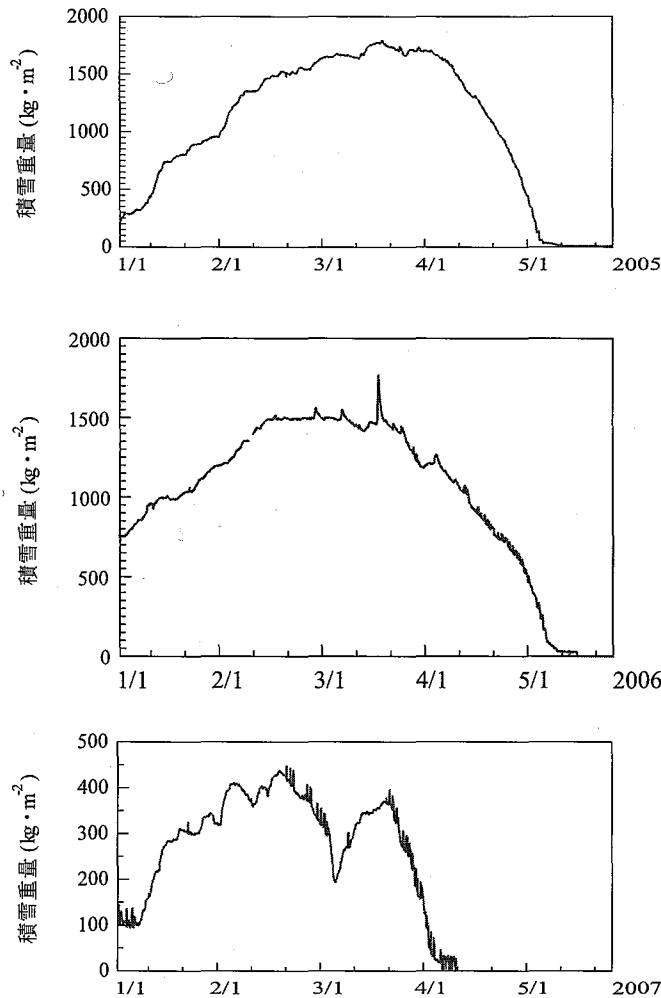


図-14 魚沼大芋川地点の積雪重量の推移（上段2005年，中段2006年，下段2007年）

積雪断面の積雪層の雪質とその厚さ，積雪深，雪温，硬度，密度の情報を得るために積雪断面観測を行った。まず，攪乱されていない雪面を選び，日射の影響で積雪断面が変化するのを防ぐため，直射日光の当たらない方向に向かって積雪を地表まで掘る。その後，雪ベラにより積雪断面を整え，観測を行った。積雪深は，2月18日が286cm，3月19日が286cm，4月23日が152cmであった。これは図-13に示す積雪深観測値とほぼ同じであった。3月19日の断面観測の写真を写真-5に示す。

## 2) 積雪層の雪質及びその厚さ

積雪断面の積雪層と雪質を目視で観測した。また，積雪層の厚さ及び氷板の有無とその厚さも観測した。その結果を図-15に示す。

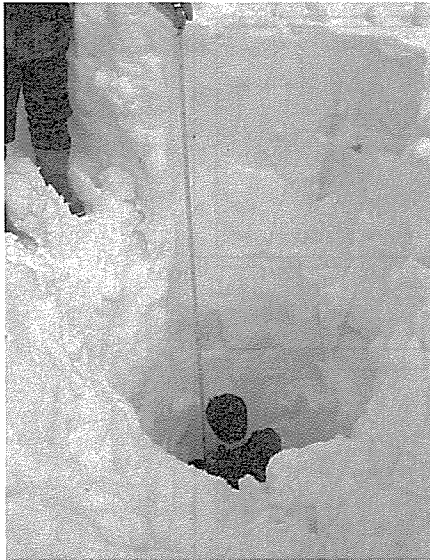


写真5 積雪断面観測の様子(2005年3月19日)  
—小松倉観測地点—

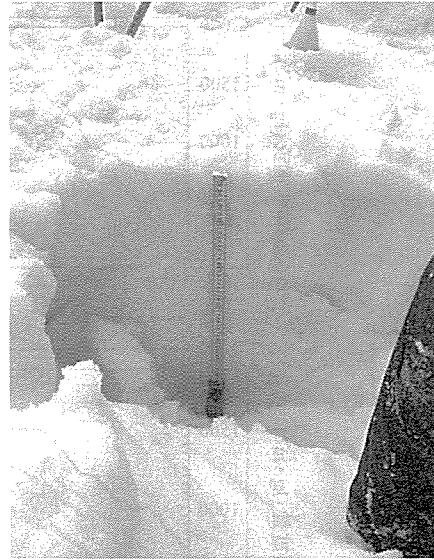


写真6 融雪水の浸透実験の様子①  
(2005年2月18日) —小松倉観測地点—

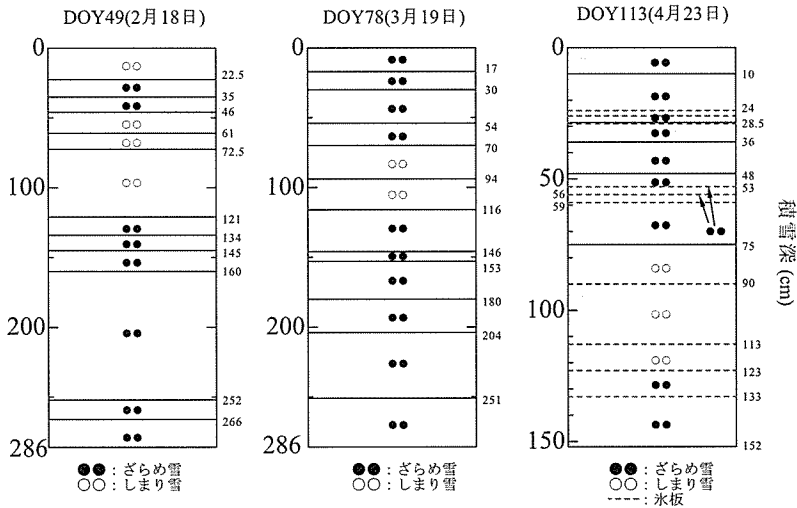


図-15 積雪層と雪質 —2005年—

3) 積雪層密度及び雪温

各層の積雪密度 ( $g\ cm^{-3}$ ) は、 $100\ cm^3$  のスノーサンプラーで雪を採取し、その重量を分解能  $0.1\ g$  の電子天秤で測定することで求めた。雪温はIC社製のデジタル式温度計を積雪断面に約  $50\ cm$  おきに数分間差し込んだ後、計測した。図-16に積雪層密度と雪温の測定結果を合わせて示す。

4) 硬度

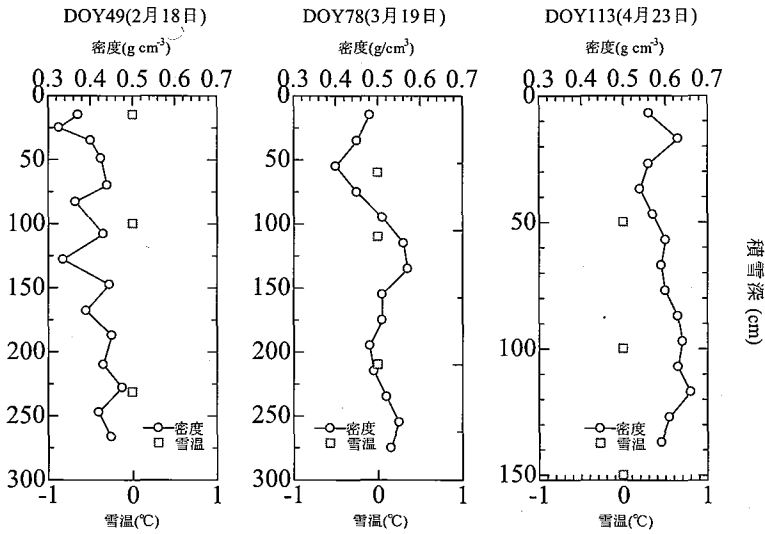


図-16 積雪層密度と雪温 —2005年—

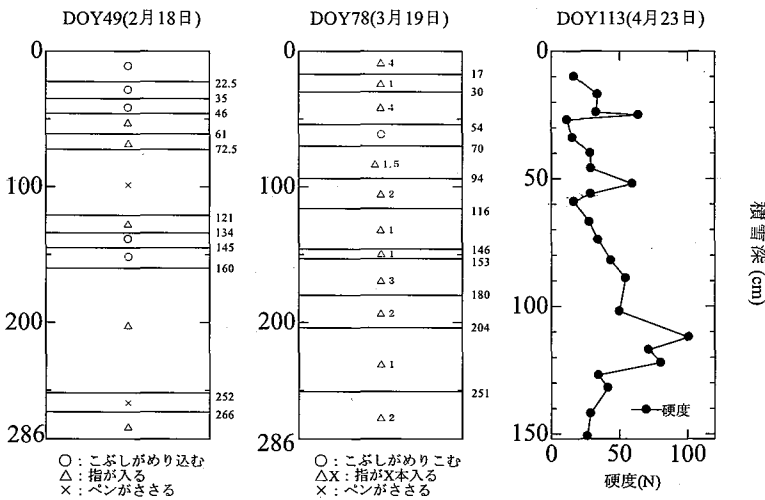


図-17 積雪断面の硬度 —2005年—

積雪断面の硬度を測定した。硬度は、2月18日、3月19日はハンドテスト、4月23日はプッシュプルゲージにより硬度を測定した。ハンドテストでは、指やこぶしがどれくらい積雪断面に入るかにより硬度を計測する。プッシュプルゲージによる硬度測定では、AIKOH ENGINEERING社製、デジタル簡易型プッシュプルゲージMODEL-9500を用い、プッシュゲージに装着した円盤状のアタッチメントを積雪の垂直断面に等速度(数cm s<sup>-1</sup>)で1~2cm押し込み、その時の抵抗力を測った。これは各層毎に3~4回計測した平均値を使った。測定者の違いによる計測の差をなくするため、測定は1人が行った。結果を図-17に示す。

## 5) 融雪水量の推定

それぞれ3時期において、雪面低下法により融雪量を推定した。雪面低下法は1時間ごとの雪面低下量を求め、その値に積雪表層密度を乗ずることで融雪水量を求める方法であり、次式(1)で表される。

$$M = D \cdot \rho \quad (1)$$

ここで、 $M$ は融雪水量 (mm),  $\rho$ は積雪表層密度 ( $\text{g cm}^{-3}$ );  $D$ は雪面低下量 (mm) である。積雪表層密度は、雪面から0~4cmの雪を100 $\text{cm}^3$ のスノーサンプラーで採取し、その重量を0.1gの分解能の電子天秤で測定することで求めた。積雪表層密度は、2月18日が0.37 ( $\text{g cm}^{-3}$ ), 3月19日が0.47 ( $\text{g cm}^{-3}$ ), 4月23日が0.58 ( $\text{g cm}^{-3}$ )であった。また、雪面低下量は土木研究所の積雪深計のデータを使用して算出した。雪面低下法を用いた融雪水量の値は全体的に大きな値を示し、ばらつきが見られた。

## 6) 全層積雪密度及び積雪水量

全層積雪密度は断面積19.6 $\text{cm}^2$ , 長さ200cmのスノーサンプラーを用いて雪を採取し、その重量を分解能1gのばねばかりで測定することで求めた。3~4回雪を採取して、平均値をその日の全層積雪密度とした。全層積雪密度は、2月18日が0.37 ( $\text{g cm}^{-3}$ ), 3月19日が0.55 ( $\text{g cm}^{-3}$ ), 4月23日が0.61 ( $\text{g cm}^{-3}$ )であった。

小松倉の融雪観測地点の積雪水量は次式(2)で示される。

$$H_w = \rho_s \cdot H_s \times 10 \quad (2)$$

ここで、 $H_w$ は積雪水量 (mm),  $\rho_s$ は積雪層の全層平均密度 ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $H_s$ は積雪深 (cm) である。2月18日が105.8 (mm), 3月19日が157.3 (mm), 4月23日が92.7 (mm)であった。

## 7) 融雪水の湿潤前線

積雪表面で発生した融雪水が地面へ達するまでに要する時間を測定した。融雪水の湿潤前線

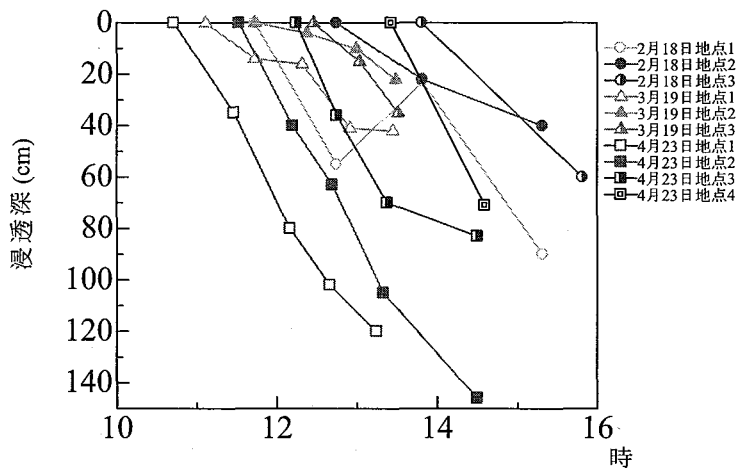


図-18 湿潤前線の積雪表面からの位置

は、食紅を真南に向かって2mほどまき、アルベドが変わらないようにすぐに薄く雪をかぶせる。30分おきに積雪を掘り、積雪表面から食紅の色が最も浸透した距離を測定した。測定は、1日に数回行った。観測の様子を写真-6に示す。また、結果を図-18に示す。

8) 浸透速度

積雪表層で発生した融雪水が積雪内を浸透する速度を測定した。融雪水の浸透速度は、食紅を積雪表面に真南に向かって2mほどまき、アルベドが変わらないようにすぐに薄く雪をかぶせる。1時間おきに積雪を掘り、積雪表面から食紅の色が最も浸透した距離を測定し、浸透速度を求めた。表-5に日平均の浸透速度を示す。日平均の浸透速度は19~56cm h<sup>-1</sup>であり、八幡平赤川流域で八重樫(2004)の得た37~74 cm h<sup>-1</sup>よりも遅かった。

9) 融雪水量と浸透速度の関係

雪面低下法により求めた融雪水量と浸透速度の関係を図-19に示す。また、積雪表面で発生した融雪水の積雪内での浸透速度の日変化を雪面低下法により求めた融雪水量の日変化と合わせて図-20に示す。これらの図から、浸透速度は非常にばらつきがあることが分かる。雪質や氷板の存在も浸透速度に影響を与える。

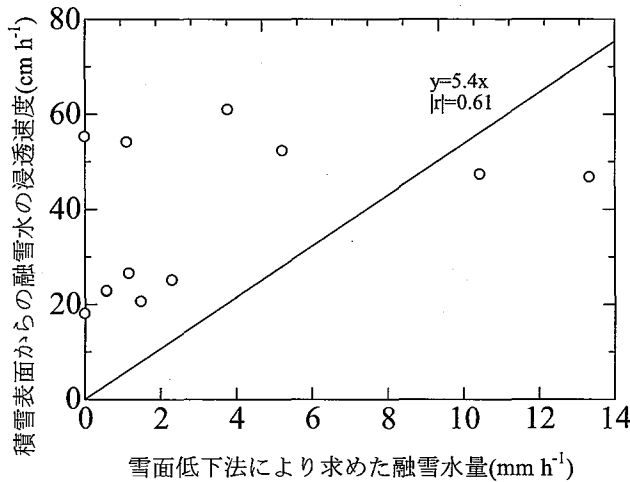


図-19 融雪水の浸透速度と融雪量 —2005年—

表5 日平均の浸透速度

DOY	年	月	日	日平均の浸透速度 (cm h <sup>-1</sup> )
49	2005	2	18	29.3
78	2005	3	19	19.3
113	2005	4	23	55.8

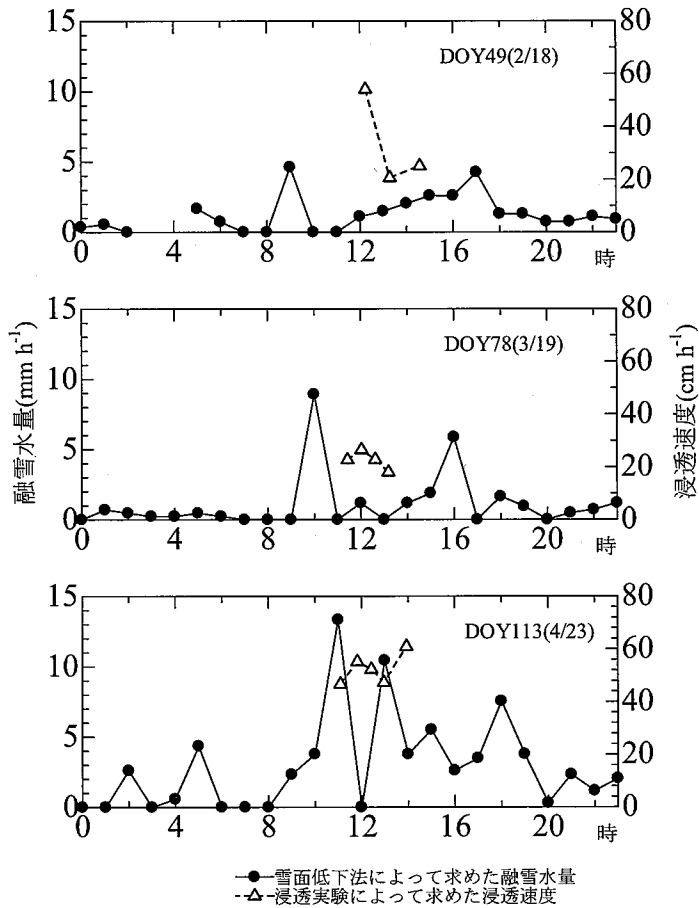


図-20 融雪水量と浸透速度の日変化 —2005年—

#### IV. まとめと今後の課題

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震により旧山古志村（現長岡市）管内で多くの地すべり地、崩壊地、山地斜面でのクラック、さらには芋川沿いに天然ダムなどが形成された。今後の融雪期に想定されるこうした土砂災害を防止するために、2005年から2007年にかけて、同村小松倉地先において、独立行政法人土木研究所とともに気象観測機器及び融雪観測機器（ライシメータ）を設置し観測を開始した。また、小松倉観測地点付近で融雪観測（積雪深、積雪断面の雪質、雪温、密度、硬度、湿潤前線、浸透速度）を行った。独立行政法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センターにおいて観測したデータとあわせて、とりまとめを行った。2005年から2007年の山古志村の観測結果を以下に述べる。

- 1) 2005年は年明けから積雪が急激に増加し、魚沼大芋川地点の最大積雪深は3.64m (2月6日)、小松倉地点は3.20m (3月14日)である。消雪日は各観測地点とも5月上旬であった。
- 2) 2006年は前年にも増して豪雪に見舞われた年であり、前年の12月中から雪が降り続き、1月の時点で2m以上の積雪を記録している。最大積雪深は、魚沼大芋川地点では3.66m (2月5日)、小松倉地点では3.20m (3月15日)である。消雪日は2005年と同様の5月上旬であった。
- 3) 2007年は、全国的に積雪の少ない寡雪年であった。魚沼大芋川地点では、最大積雪深が1.32m (3月13日)であり、2005年と2006年よりも2m以上低い。また、消雪日は4月9日であり、過去2年に比べ1ヶ月ほど早い。
- 4) 寺野地点は、南西向き斜面のため日当たりが良く、他の地点と比べて標高が高いにも関わらず気温が高い。融雪は斜面方位、谷地形など微地形の影響を受けて変化するので今後の検討課題としてあげられる。
- 5) 風速はどの地点も概ね同様の傾向を示しており、地点による差は小さい。最大風速は $8.2\text{ m sec}^{-1}$ であり、概ね $1\sim 5\text{ m sec}^{-1}$ の範囲内で推移している。
- 6) 既往の融雪観測地である北海道母子里など(小島ら<sup>6)</sup>)岩手県八幡平(標高1000m地点)(井良沢ら<sup>7)</sup>、角田<sup>8)</sup>、八重樫<sup>9)</sup>、窪寺<sup>10)</sup>)と比べて、旧山古志村小松倉地点においては早期から融雪が進行する。これは積雪層自体が早期にざらめ化することと、2月でも摂氏3度以上の気温の高い日が多いためと考えられる。
- 7) 2006年4月13日の未明に降った降雨など、融雪末期のざらめ化した雪面に降雨があると降雨は時間遅れが少なく、地面まで到達する。山古志村においては積雪期でも降雨がみられることから、積雪層中の雪質を考慮して地面への到達を検討する必要がある。
- 8) 新潟県旧山古志村では厳冬期にも降雨を記録する日があり、ライシメータ実測値には表面発生融雪量の他に降雨量を考慮する必要がある。
- 9) 融雪水が地面まで到達する時間は季節の進行とともに早まる。これは季節の進行により融雪水量が増加し、含水率が増加したことや硬度の低下が起こり積雪内に融雪水の通り道となるみずみちができたためであると考えられる。これは雪質、積雪深と大きく関係している。一方、厳冬期でも底面融雪がみられる。

これまで、融雪現象に関する研究例は小島ら<sup>6)</sup>に代表されるように、北海道で盛んに行われてきた。新潟県では厳冬期でも降雨を記録することが多いため、北海道とは気温などの気候条件と共に融雪現象にも違いが見られるとされる。そのため、今後、東北や北陸地方を中心とする積雪地帯において融雪と土砂災害との関連性を検討した研究事例<sup>11)~13)</sup>が増えることを期待する。

また、気象・積雪データの収集にあたって、独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ

関係者各位、国土交通省北陸地方湯沢砂防事務所関係者各位、新潟県土木部砂防課の吉田桂治氏、独立行政法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの佐藤篤司氏、上石勲氏、山口悟氏には多大なる便宜を図って頂いた。厚く御礼申し上げます。なお上述した方々はいずれも調査当時に御世話になった。

最後に観測データの回収、観測機器の設置等に御協力頂いた岩手大学農学部森林防災工学研究室の一同、北日本測機株式会社田村廣司氏にも深く感謝を申し上げます。

## 引用文献

- 1) 川邊洋・権田豊・丸井英明・渡部直喜・土屋智・北原曜・小山内信智・笹原克夫・中村良光・井上公夫・小川紀一郎・小野田敏 (2005) 2004年新潟県中越地震による土砂災害 (速報). 砂防学会誌. 57(5): 39-46.
- 2) 国土交通省河川局砂防部保全課 (2005) 平成17年融雪に起因する土砂災害 (速報). 1-4.
- 3) 秋山一弥・栗原淳一・山口真司・小川紀一郎・小西啓一・吉野弘祐 (2006) 新潟県中越地とその後の積雪期を経た斜面崩壊の特徴. 平成18年度砂防学会研究発表会概要集: 324-325.
- 4) 新潟県土木部砂防課 (2005) 新潟県中越地震と土砂災害, 11-13.
- 5) 国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所パフレット (2004).
- 6) 小島賢治・本山秀明 (1984) 積雪中の融雪水浸透量ピークの時間遅れ, 低温科学物理篇, 43: 181-184.
- 7) 井良沢道也・角田皓史・窪寺洋介 (2007) 新潟県旧山古志村芋川流域における融雪特性に関する検討. 岩手大学農学部演習林報告 38: 39-60.
- 8) 角田皓史 (2006) 新潟県旧山古志村小松倉及び岩手県八幡平赤川流域を対象とした融雪特性の研究. 岩手大学農学部卒業論文.
- 9) 八重樫潤 (2005) 亜高山帯流域における融雪及び河川流出の関係. 岩手大学農学部卒業論文.
- 10) 窪寺洋介 (2006) 土砂災害防止のための融雪水量推定手法に関する検討. 岩手大学農学部卒業論文.
- 11) 窪寺洋介 (2008) 融雪による土砂災害の予知予測手法に関する研究—新潟県芋川流域を対象として—. 岩手大学農学研究科修士論文.
- 12) 遠藤周作 (2009) 山地における降雨及び融雪の特性と土砂災害防止に向けての提案—岩手山及び新潟県旧山古志村を対象として—. 岩手大学農学部卒業論文.
- 13) 栗原淳一・山越隆雄・井良沢道也・笹原克夫・高橋正昭・吉田真理夫 (2007) 芋川流域における融雪量の簡易な予測手法の適用性の検討, 砂防学会誌 59(6): 47-55.