韓國林學會誌 73 : 63－69. 1986
Jour. Korean For. Soc. 73 : 63－69. 1986

降雪에 依한 소나무 林分의 被害에 關한 硏究

麻鎬燮[2]·姜渭平[2]·金在生[2]

A Study on the Damage of Pine Stand by Snowfall

Ho Seop Ma[2]·Wee Pyeong Kang[2]·Jai Saing Kim[2]

要　　約

雪害는 일반적으로 突發的으로 發生하는 災害로서 地形이나 環境要因에 따라 많은 影響을 받게 된다. 本 硏究는 慶南 晋州地方에 있어 降雪에 依한 被害의 特徵을 分析하여 雪害에 관한 基礎的인 資料를 얻고자 遂行하였든 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 調査地域 2.94ha에서 總立木本數 14,850本 中 그 被害木은 466本으로서 約 3.14%였다. 그 중 雪折木은 소나무가 302本, 海松이 84本, 리기다소나무는 38本, 산오리나무는 1本으로서 모두 425本이었고, 雪倒木은 소나무가 32本, 海松이 8本, 리기다소나무가 1本으로서 모두 41本이었다. 樹種別 被害率은 소나무는 5.22%, 海松은 2.49%, 리기다소나무는 0.92%, 산오리나무는 0.2%였다. 2) 雪害를 가장 많이 받은 樹高의 범위는 3~11 m로서 約 95%를 차지하였으며, 胸高直徑은 3~20 cm의 범위에 있는 樹種이 大部分이었다. 3) 被害木을 方位別로 보면 被害當時의 風向에 따라 많은 影響을 받았으나 斜面方向도 比較的 높은 傾向을 보여주었다. 4) 林齡別에 依한 雪害는 그 幅이 比較的 넓은 편이었으나 11~24 年生의 幼齡木이 約 82%로 나타났다. 5) 雪害로 인한 被害木의 折損高比(折損高／樹高)를 보면 根元部位는 約 24%, 樹幹部位는 45%, 樹冠部位는 31%로서 比較的 樹幹部位의 被害가 많이 나타나고 있었다. 6) 林木의 平均形狀係數는 1.06으로 나타났으며, 그 被害率은 3.14%로서 높은 傾向이었다. 따라서 雪害의 危險이 있는 林分은 雪害의 低抗을 增進시킬 수 있는 適切한 撫育方法과 눈사태 및 融雪水에 依한 山崩, 山沙汰 等과 같은 災害를 豫防하기 위한 防災對策이 講究되어야 할 것이다.

ABSTRACT

In general, the snow injury in forestry is an unusual disaster. The degree of snow injury varies greatly depending on stand density and the local topography.

This study was conducted to investigate the snow injury in analyzing the demaged by snow-fall in Jinju, Gyeongsangnamdo. The results obtained were summarized as follow;

Among 466 total damaged trees, 425 trees were broken and 41 trees were uprooted, the ratio of damage were 5.22%, 2.49%, 0.92% and 0.2% for *Pinus densiflora, Pinus thunbergii, Pinus rigida, Alnus hirsuta* respectively. The 95% of the damage trees were in the range of 3 to 11 m for height and in the range of 3 to 20 cm for D. B. H.. The directions of the damage trees had a large influence by direction of the wind, but they shown at high tendency to aspect of the slope relatively. The 82% of the damaged trees ranged from 11 to

[1] 接受 6月 9日. Received on June 9, 1986.
[2] 慶尙大學校 農科大學 College of Agriculture, Gyeongsang National Univ., Jinju, Korea.

24 age. The ratio of broken height (H_B/H) indicated that the damage was most frequent in the part of stem as 24%, 45%, 31% in the part of the root collar (0.1), stem (0.2-0.4), crown (0.5-1.0) respectively.

In general, trees with stem-form coefficient (H_B/D) over 0.7-0.8 are apt to suffer by snow damage. The average of stem-form coefficient of trees in this area was 1.06. Therefore, the ratio of damage was high tendency as 3.14%. These results indicate that it is necessary to apply pertinent tending which will increse in resistance of snow damage. As avalanches from the flank of soil erosion rise in an importance matter in present, it should also be considered to measures for prevention and restoration.

Key words: snow injury; ratio of broken height; stem-form coefficient; snow avalanche; soil erosion.

緖 論

우리나라는 最近 10年(1971－1980) 동안의 氣象災害中 雪害(72件)는 豪雨(87件)와 暴風(81件) 다음으로서 전체 494件中 約 15%에 달하고 있다.[11] 이러한 狀況에서 볼 때 雪害는 人命, 交通, 通信, 눈사태 등 여러 분야에 걸쳐 많은 被害를 미치고 있는 것이다.[13,21]

눈이 내릴 때의 氣溫은 낮을수록 눈이 가늘고 比重이 낮으며, 氣溫이 높을 때는 눈송이가 크고 濕潤하며 높은 比重의 눈이 내린다. 눈은 어린나무의 凍害를 막고 林木에 水分을 공급하고 施肥의 效果를 주는 등 이로운 作用을 하는 反面에 被害를 주기도 하는데 금번 南部地域을 中心으로 한 降雪도 農作物 뿐만 아니라 森林에도 많은 被害가 있었다.

特히 1969年 江原道와 京畿道 地域에서 10~15 m의 積雪로 소나무 등 많은 樹種들이 눈으로 말미암아 樹幹이 굽거나 부러졌으며, 때로는 뿌리째 뽑혀 森林의 荒廢를 조장하는 등 그 被害는 무려 7,000 m^3 이상에 達하는 극심한 것이었다.[19]

雪害에 對한 硏究는 눈이 많이 내리는 日本에서 매우 活發한 편이다.[3,15,17,22] 특히 平川[1], 松田[16]는 暴雪에 依한 被害型을 樹幹, 枝, 梢端部 等의 部位에서 雪壓, 雪折, 雪倒, 雪割에 따라서 여러 型으로 分類하였으며, 石井 및 여러 학자들[2,3,4,5]과 石川[6]는 삼나무 人工林을 中心으로 雪害에 따른 樹幹의 雪折型과 被害特徵, 直徑分布 및 形狀比分布에 對하여 硏究를 한 바 있다. 또한 山谷[23]는 積雪地帶에 對한 育林技術 및 林業上의 問題點 等에 關하여, 그리고 松田[14,15,17]는 樹冠의 偏倚와 가지의 數 및 葉量 等이 冠雪發達의 큰 要因임을 指適한 바 있다.

特히 最近 日本과 美國等地에서는 冠雪에 依한 林木의 被害보다 雪崩에 依한 災害가 每年 일어나는 현상에 놓여 있으므로 凍結, 融解에 依한 斜面의 侵食 및 雪崩에 더 많은 관심이 集中되고 있는 實情이다.[7,9,12,13,20,21]

一般的으로 林業上 問題가 되고 있는 冠雪害는 突發的 災害인 것으로서 우리나라에서는 아직 눈사태 等과 같은 災害로 인한 直接的인 林地의 崩壞 및 沙汰는 없었지만 여름철 豪雨에 依한 崩壞 및 土沙流出이 豫想되므로 現存林分의 冠雪害 特徵에 대한 技術的인 育林方法 및 그 防災對策의 確立이 必要하다.

따라서 本 硏究는 소나무 林分의 冠雪害 被害特徵에 對한 實態를 調査 分析하여 雪害에 關한 基礎的 資料를 얻고자 遂行되었다.

材料 및 方法

1. 調査地 槪況

本 調査地域의 槪況은 그림 1과 表 1에서 보는 바와 같다. 이곳은 慶尙大學校 學校林(35° 09′N,

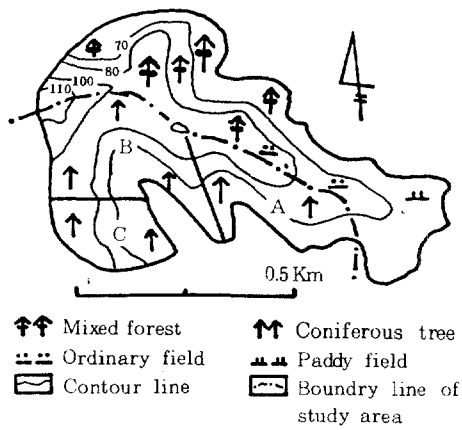

Fig. 1. The topography and vegetation of pine stand in study area.

Table 1. The general conditions of the pine stands in study area

Plot	Area (m^2)	Stand density (/Ha)	Height (m)	Aspect	Tree age	D.B.H. (cm)	Stem-form coefficient
A	8,750	1,950	10.4 / 1.8−16.8	SW	27 / 6−35	9.5 / 2.2−20	1.09
B	14,375	6,800	6.8 / 1.3−12.1	SE	17 / 6−31	6.5 / 1.0−13	1.05
C	6,250	6,400	7.1 / 1.4−12.8	E	19 / 6−32	6.9 / 1.1−14	1.03

128° 06′ E)으로서 晋州市 관내에 位置하고 있기 때문에 옛부터 많은 인위적인 被害를 받아 왔으나 學校林으로 指定된 以後에는 山林保護에 힘입어 오늘의 林相을 유지하게 되었다.

傾斜는 20~30°로서 比較的 완만하고 土壤은 척박한 편이며, 樹種의 構成은 소나무 42%, 海松 24%, 리기다소나무 28%, 오리나무류 3%, 아카시나무 2%, 참나무류 1% 等으로 이루어져 있다. 주로 南斜面은 소나무, 海松, 리기다소나무 등 針葉樹로 構成되어 있기 때문에 대체로 林地는 乾燥한 편이지만 北斜面은 오리나무류와 아카시나무, 참나무류 등의 落葉濶葉樹가 울창하고 下層植生으로는 철쭉류와 싸리류 등이 群生하여 濕하고 부식층이 잘 發達되어 있다.

2. 調査方法

本 調査는 1986年 2月 17日 降雪로 인하여 被害를 받은 地域에 對하여 1986年 2月 20~26日 사이에 걸쳐 海拔 50~110m의 소나무 林分 2.94ha를 對象으로 冠雪害에 依한 被害木을 伐採하여 줄자와 캘리퍼, 클리노메타로서 樹齡, 樹高, 胸高, 方位別로 冠雪害의 被害特徵을 調査하였다. 被害型을 雪折木(樹幹, 枝), 雪倒木으로 나누어 被害本數를 調査하였다. 특히 雪折木中 가지의 被害木은 生育에는 큰 지장이 없기 때문에 伐採를 하지 않았다. 따라서 樹齡과 樹高, 方位 등의 測定에 正確性이 없어 總被害本數에만 算定하였으며 被害內容別 分析에서는 除外하였다.

結果 및 考察

1. 調査地域內의 冠雪害狀況

1986年 2月 17日에 봄을 재촉하는 단비가 내리다가 밤이 되자 氣溫이 내려감에 따라 오후 10時 40分頃부터 눈으로 바뀌면서 아침 7時까지 總 7.7 cm 눈이 내렸다. 乾燥한 눈은 나무에 쌓이는 量이 적으나, 濕潤한 눈은 부착력이 커서 가지와 잎에 많이 쌓이게 되어 雪折과 雪倒 等의 被害를 가져오게 된다.

表 2에서 보는 바와 같이 금번 降雪의 경우도 1981, 83年度보다 降雪量은 적었지만 눈이 내릴 때의 氣溫은 0.5℃로서 各各 −7℃, −3.8℃보다 높아 비→진눈개비→濕雪의 形態로 내려 冠雪을 극도로 發達시킨 것으로 思料된다.

松田[15]는 日本 福井市 東部의 理山地域에서는 降雪時 風速은 大部分 3m/sec 以內로서 그때 氣溫은 +3℃~−3℃, 특히 0℃~−2℃때가 가장 冠雪害를 입기 쉬운 범위라고 報告한 바 있다.

本 調査地域에서 소나무, 海松, 리기다소나무 등 針葉樹가 主種인 東南斜面 및 西斜面에서 그 被害가 크고 落葉濶葉樹가 많은 北斜面에서는 冠雪害의 被害가 거의 없었으며, 立地條件에서도 風背面의 傾

Table 2. Mecterological factors related to snowfall in the study area

Date	Snowfall (cm)	Temperature max.	Temperature min.	Average wind speed	Wind direction	Rainfall (mm)
'81. 1. 31	13.0	6.3	−7.0	0.4 m/sec	E	5.8
'82. 2. 3	7.0	3.5	−1.0	0.3	N	9.0
'83. 2. 23	13.0	1.7	−3.8	1.0	SE	11.3
'84. 3. 1	2.0	6.0	−4.2	2.0	NE	0
'85. 1. 28	3.4	2.2	−11.0	5.0	NE	0
'86. 2. 17	7.7	8.4	0.5	3.5	E	21.0

斜地나 계곡에서 많고 平地에서는 대체로 被害가 적게 나타났다.

2. 被害形態

1) 雪害와 樹種과의 關係

雪害는 降雪量을 支配하는 氣象狀態 및 地形, 林分의 構造 等에 따라 대단히 差異가 많아 樹種間의 冠雪害에 對한 抵抗性의 大小를 單純히 比較하는 것은 어렵지만 調査地域內에서 實測한 結果에 따라 分析하여 보면 表 3과 같다.

表 3에서 보는 바와 같이 調査地域 2.94 ha 에서 總立木本數 14,850 本에 대한 被害樹種은 4 樹種이며, 그 被害本數는 466 本으로서 約 3.14%의 被害率을 보였다.

또한 樹種別 被害率은 소나무, 해송, 리기다소나무, 산오리나무에서 各各 5.22%, 2.49%, 0.92%, 0.2%로서 소나무가 가장 被害가 크게 나타났다.

雪害는 一般的으로 人工林에서 주로 發生이 많고 樹種別로는 소나무와 海松, 삼나무, 편백 等 樹冠으로 눈을 받는 量이 많은 針葉樹 및 淺根性 樹種이 그 被害가 많은 것으로 알려지고 있다.[5]

2) 雪害와 樹高, 胸高直徑 및 林齡과의 關係,

雪害와 樹高, 胸高直徑 및 林齡과의 關係를 調査한 結果는 表 4와 같다.

表 4에서 보면 2~9 m 樹高 범위는 總 林分의 約 80%를 點하고 있는데 그 被害率도 約 92%를 보이고 있다.

山谷[23]는 植栽後 6~7年인 삼나무와 낙엽송 人

Table 3. The damaged conditions by each spcies in study area.

Species	Height	D. B. H.	Tree age	Stand density (/ha)	Number of standing tree (No. 2.94ha)	Damaged tree				Damaged ratio (No. 2.94ha)
						Snow break		Snow fall	Total	
						Stem	Branch			
Pinus densiflora	6.92 (2.5-14.2)	7.38 (1.1-20.0)	19.6 (7-31)	2,180	6,400	137	165	32	334	5.22
Pinus thunbergii	6.13 (3.2-10.7)	6.25 (2.2-14.0)	17.5 (7-29)	1,260	3,700	24	60	8	92	2.49
Pinus rigida	7.93 (2.3-8.4)	6.24 (1.0-7.9)	16.5 (7-18)	1,440	4,250	3	35	1	39	0.92
Alnus hirsuta	9.81	7.8	19	170	500	1	0	0	1	0.20
Total				5,050	14,850	165	260	41	466	3.14

Table 4. The damaged ratio by factors in study area

Factors		Percentage of total tree (%)	Damaged tree			Damaged ratio (%)
			Snow break	Snow fall	Total	
Height (m)	2- 5	15	60	24	84	40.8
	6- 9	65	89	16	105	51.0
	10-12	35	16	1	17	8.2
Total		100	165	41	206	100
D. B. H. (cm)	3- 7	35	70	21	91	44.2
	8-12	50	78	18	96	46.6
	13-20	15	17	2	19	9.2
Total		100	165	41	206	100
Tree age	5-10	5	11	11	22	10.7
	11-25	75	141	29	170	82.5
	26-35	20	13	1	14	6.8
Total		100	165	41	206	100

工林에서는 平均樹高 3~4m 그리고 18年生은 平均樹高 7~8m에서 根元 및 樹幹이 부러지는 傾向이 대체로 높다고 報告한 바 있다.

胸高直徑別 被害木을 보면 3~12cm 범위는 調査林分의 約 85%에 해당되고 있으며 이 범위에서의 被害度는 約 91%로 나타났다. 이것은 胸高直徑 5~8cm에서 樹幹이 굽는 경우가 많고 대체로 11cm 以下의 直徑에서는 부러지는 것보다 굽는것이 많다고 한 종래의 報告[2]와는 다르게 나타났다.

杉山·佐伯[22]에 依하면 胸高直徑의 범위가 15~20cm 程度 以上이 되면 大部分 樹幹이 부러지는 등 그 被害가 있다고 하였으며, 山谷는 林分平均直徑여 10~18cm, 井上·柿原는 平均直徑 9~20cm, 高橋·塩田는 13~16cm, 藤村·小松는 10~18cm 범위에 있는 樹種들이 雪害를 받기 쉽다고 報告한 바 있다.[2]

이와같이 各 胸高直徑이 다르게 나타나고 있다는 것은 地域別, 海拔高 等에 따라 積雪量, 降雪量, 雪質이 다르고 더구나 小地域, 局所地形에서는 積雪狀態가 變化하게 되므로 樹種이나 林分의 構造 等에 따라 各各 달리 미친 것이라 思料되며, 以上에서 보면 雪害를 입기 쉬운 경우의 樹高는 3~11m 범위, 胸高直徑은 3~20cm의 범위에 있는 樹種이라고 생각이 된다.

雪害를 받은 林齡의 分布는 그림 2와 같이 雪折木中 소나무는 대체적으로 林齡의 범위가 7~31年生으로서 그 幅은 넓은 편이며 海松은 12~29年生의 범위에 있으며, 雪倒木은 소나무는 7~23年生의 범위, 海松은 7~19年生의 범위로 나타났다.

冠雪害는 10~30年生의 林齡에서 가장 많고, 30年生이 넘으면 樹幹이 충분히 굵기 때문에 抵抗性이 커서 雪害의 危險이 극히 적다고 報告한

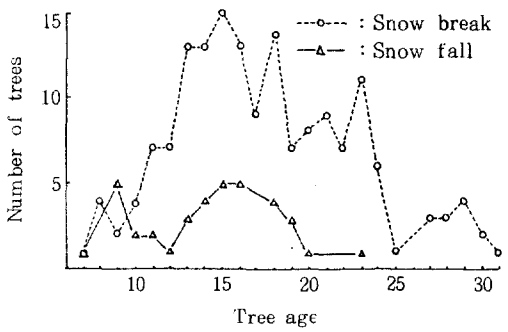

Fig. 2. The number of damaged tree with tree age.

바 있으며[5], 杉山와 佐伯[22]는 日本 新潟縣의 경우 소나무류는 10~20年生 以下의 幼齡林의 被害率이 높고, 富山縣 地方에서 삼나무는 30~40年生의 壯, 老齡林의 被害가 높게 나타나 地域 및 樹種에 따라 그 被害범위도 다르다는 것을 알 수 있다.

本 林地의 林齡分布(表 1, 4)는 6~35年으로서 그중 約 75%가 10~25年生의 樹種으로 構成되어 있으며 表 4에서 보는 바와 같이 11~35年에서 約 83%의 被害率을 보여주고 있다. 대체로 幼齡林分에서 被害가 높음을 알 수 있고 더구나 뿌리 채 뽑히는 林木은 林地의 荒廢를 조장하는 등 土壤保全面에서 중요한 문제로 부각되고 있다.

3) 方位와 被害와의 關係

雪折木 및 雪倒木들의 被害方向은 그림 3에서 보는 바와 같다.

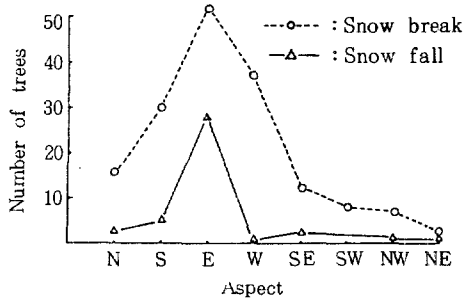

Fig. 3. The number of damaged tree with aspect.

被害木의 方位와 地形 및 風向과의 關係를 보면 降雨時 風向은 東風이며, 最大風速 5.3m/sec, 平均風速 3.5m/sec 로서 被害方位는 雪折木 165本中 52本으로서 32%가 東斜面이었으며, 雪倒木 41本中 28本, 즉 約 68.3%가 이에 해당되고 있다. 特히 傾斜地의 斜面方向으로 比較的 많은 本數가 부러지거나 넘어졌는데 風背面의 西斜面(22.6%)과 南斜面(18.3%)이 많은 것도 이러한 이유에 있는 것이라고 생각된다. 또한 山頂部近에서는 대체로 北向(9.8%)으로 被害가 나타났으며, 南東方向의 被害(7.3%)는 樹冠 및 樹幹의 發達이 南東方向으로 偏倚生長하고 있기 때문에 冠雪荷重이 이 方向으로 作用한 結果라고 보여진다. 대체적으로 本 調査地에서 冠雪害의 被害方位는 8方向으로 나타나고 있는데 이것은 地形 및 立地的 林分狀態 등에 따라 作用한 結果라고 思料된다.

4) 被害木의 折損高

林木은 부러지는 樹幹의 位置에 따라 被害木의 利

用價値에 상당한 영향을 미치게 되므로 折損高는 林業經營上 重要한 관심사가 된다.

本 調査地에서의 折損高比(折損高/樹高)는 그림 4와 같다.

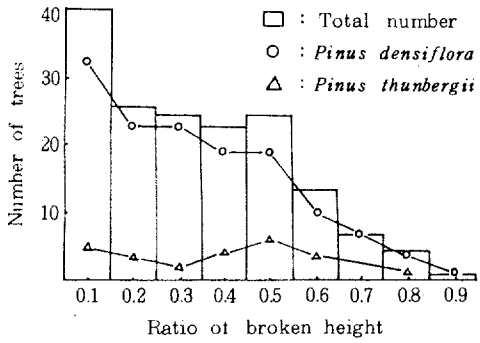

Fig. 4. The number of damaged tree with ratio of broken height.

그림 4에서 보는 바와 같이 折損高比(0.1)의 根元部位는 總 165本中 40本으로 約 24%를 차지하고, 折損高比(0.2~0.4)의 樹幹部位는 74本으로 45%, 折損高比(0.5~1.0)의 樹冠部位가 51本으로서 31%를 차지하고 있다. 折損의 位置는 樹幹의 強度分布 및 冠雪荷重의 影響, 즉 樹冠의 狀態에 따라 變化하게 된다. 杉山와 佐伯[22]는 삼나무는 枝下高 以下의 折損이 많고, 소나무류는 樹冠의 中心에서 比較的 많으나 樹冠의 形, 枝葉의 密度分布가 複雜하기 때문에 折損部位의 變動이 높은 것으로 報告한 바 있다.

本 調査에 따르면 比較的 樹幹部位에서 折損이 많이 되고 있는 것은 이들의 報告와 일치하고 있으며, 또한 冠雪害는 林分을 破壞하고 木材의 利用價値를 떨어뜨리고 있는 것으로 생각된다.

5) 冠雪害의 豫防과 對策

一般的으로 雪壓은 樹冠을 構成하는 總葉量과 總枝長, 樹冠面積 및 總重量에 관계되지만, 그 被害는 樹幹에 加해지는 荷重과 樹幹의 應力에 따라 左右된다.

따라서 冠雪에 依한 被害는 대체로 林分內에 成立하는 林木의 密度 즉 林木의 形狀比와 密接한 關係가 있는 것으로 보인다.

特히 林木의 形狀比는 H/D(樹高/胸高)로서 表示되는데 單木의 경우 어느 程度의 形狀比가 冠雪害에 危險한 것인가는 冠雪의 量과 樹種, 形質, 林齡等에 따라 相異한 것이다. 早稻田[19]는 삼나무의 경우 寡雪地帶에서는 80~90 以上, 多雪地帶는 60~70의 범위가 危險한 限度라고 하였으며, 石井 等[5]은 9cm 程度의 冠雪害에서 林分 平均單木의 形狀比가 70 以下에서는 그 被害가 적고, 70 以上으로서 林分의 中級直徑에 屬하는 경우에는 最高 被害危險이 높다고 報告한 바 있다.

本 調査 林分은 表 1에서 보는 바와 같이 平均林齡 21年, 平均形狀比 106으로서 過密한 狀態에서 個個의 林木은 細長한 樹高生長만을 계속하여 形狀比가 대단히 높음을 알 수 있다.

이와같이 雪害의 危險이 높은 地域들은 育林面에서는 약도의 間伐을 택하여 규칙적으로 實施하여 形狀比가 낮은 林分으로 誘導하고, 造林面에서는 雪害에 強한 樹種을 選定하여 植栽하며, 적절한 가지치기를 하여 樹冠의 偏倚生長을 막아 주도록 하여야 할 것이다.

特히 雪害는 外國의 경우 融雪水에 依한 山地崩壞 및 山沙汰 等을 誘發시켜 直接 人命이나 家屋等에 심각한 災害를 가져온다.[9,12,20]

따라서 언제 어느 사이 雪害의 危險이 있을지 모르기 때문에 山地에는 被害木의 伐採와 관련된 林地荒廢와 森林의 利水機能에 依한 土砂流出 問題를 고려한 山林施業과 防災的 側面에서 雪害는 더욱 중요 관심사가 될 것으로 思料된다.

引 用 文 獻

1. 平川昇. 1982. 福島縣における豪雪被害と今後の林業技術を考える. 山林 No. 1182 : 23-31.
2. 石井 弘, 片桐成夫, 三宅登. 1982. 冠雪によるスギ樹幹の折れ方について. 日林誌 64(3):87-92.
3. 石井 弘, 片桐成夫. 1983. 最も輕度な冠雪害をうけたスギ人工林における被害の特徵. 日林誌 65(8) : 283-293.
4. 石井 弘, 片桐成夫. 1983. 冠雪害をうけたスギ人工林の直徑分布, 形狀比分布と被害の關係. 日林誌 65(10) : 366-371.
5. 石井 弘, 片桐成夫, 三宅登, 赤塚金治. 1981. 小地域內のスギ人工林における冠雪被害分布. 日林誌 63(12) : 451-457.
6. 石川政幸. 1983. 五六冠雪害から學んだこと. 山林(2) : 12-21.

7. 石川政幸. 1986. 砂防工學における雪氷の諸問題. 新砂防 38(5) : 1－3.
8. 飯塚 肇. 1964. 森林防災學. 森北出版株式會社. pp. 325－341.
9. Judson, A. and R. M. King. 1985. An Index of Regional Snow-pack Stability Based on Natural Slab Avalanches. Journal of Glaciology 31(108) : 67－73.
10. 金在生. 1972. 森林保護學. 富民文化社. pp.36－44.
11. 氣象研究所. 1982. 氣象災害의 類形分類 및 氣象學的 硏究. MR. 82－3, pp. 1－16.
12. 建設省土木研究所砂防部 等. 1986. 新潟縣柵口地區の雪崩災害(速報). 新砂防. 38(143) : 34－36.
13. Martinelli, M., Jr., R. A. Schmidt, Jr., and R. D. Tabler. 1981. Research Application Helps Solve Blowing Snow problems. XVII IUFRO WORLD CONGRESS DIVISION 1 : 345－356.
14. 松田正宏. 1979. 冠雪害に關する研究(I)－樹冠の偏倚について－. 日林誌 61(12) : 454－456.
15. 松田正宏. 1981. 冠雪害に關する研究(II)－スギの冠雪量について－. 日林誌 63(9) : 328－330.
16. 松田正宏. 1983. ドか雪がっふした福井縣の森林－五六豪雪による被害とその對策－. 山林1184 : 43－54.
17. 松田正宏. 1984. 枝下形狀比の雪害對策への應用. 日林誌 66(1) : 17－22.
18. Ryuzo, N. W. 1981. Some Features of Snow Damage and Control in Japanese Forests. XVII IUFRO WORLD CONGRESS DIVISION 1 : 339－344.
19. 山林廳. 1969. 山林과 雪害. p. 1－30.
20. 須藤 功. 1982. 雪崩. 山林 1183 : 60－61.
21. Tabler, R. D. 1985. Ablation Rates of Snow Fence Drifts at 2300-Meters Elevation in Wyoming. Presented at the Western Snow Conference. April 16－18 : 768－785.
22. 杉山利治, 佐伯正夫. 1963. 昭和 35年 12月末の大雪による北陸地方の森林の冠雪害調査報告. 日林試研報 154 : 73－97.
23. 山谷孝一. 1979. 積雪とくに豪雪地帶における育林技術. 林業技術 443 : 12－16.