

林道斜面の 土砂流出과 植生侵入에 관한 研究(II)^{1*}

— 盛土斜面の 木本植物侵入을 中心으로 —
全權雨² · 吳在萬²

Sediment Discharge and Invasion of Plants on the Slope of the Forest Roads(II)^{1*}

— Invasion of Trees on the Banking Slope —
Kun Woo Chun² and Jae Man Oh²

要 約

일반적으로 施工後 방치되고 있는 林道の 盛土斜면에 있어서 物理的 固定과 木本の 自然侵入에 의한 斜面 安定에 대한 기초자료의 제공을 목적으로 現地調査를 실시하였으며, 盛土斜面的 斜面길이, 斜面물매 및 施工後 經過年數에 따른 木本の 自然侵入率에 대하여 比較, 分析하였다. 또한 이를 기초로 樹冠投影面積에 의한 木本侵入率을 구하였으며, 이를 斜面길이, 斜面물매 및 林道開設後 經過年數와 對比하여 보았다.

1. 京畿道와 江原道 일원에 施工된 7개 路線(京畿道 加平郡의 所法路, 開谷路, 中部 林業試驗場의 接洞路, 馬鳴路, 直洞路 및 育林路, 江原道 春川郡의 芳荷路)을 대상으로 盛土斜面的 土砂流出 및 木本侵入의 實態를 조사하였다.
2. 盛土斜面은 表面浸蝕 및 斜面脚部の 崩壞에 의해 斜面的 物理的 安定이 이루어지지 않았으나, 安定화된 구간에는 木本侵入이 진행되었다.
3. 盛土斜面的 斜面길이는 4.0~61.0m로 조성되었으며, 最近的의 林道開設地는 30m이상의 長大斜面이 다량으로 조성되었다. 斜面길기와 木本侵入率 사이에는 地域的인 影響을 강하게 받고 있으며, 區域別로는 斜面길기와 木本侵入率은 反比例하였다.
4. 斜面물매와 木本侵入率과는 전체적으로는 相關關係가 인정되지 않았으나 安息角 이내로 조성된 斜面은 상대적으로 木本侵入率이 높게 나타났다.
5. 林道施工後 經過年數와 木本侵入率은 동일 지역내에서는 명확한 相關關係는 확인되지 않았으나 전체적으로는 施工後 經過年數에 비례하여 木本侵入率도 증가하는 傾向을 나타냈다. 그러나 木本の 自然侵入을 기대하는 데에는 한계가 있었다.
6. 따라서 林道施工에는 物理的 安定을 위한 土木 基礎工과 植生工을 병행하여 植生의 生育環境을 整備해야 하며, 이를 위해서는 적절한 斜面處理 費用을 포함한 林道施工費의 책정 등이 선행되어야 할 것이다.

¹ 接受 1993年 6月 28日 Received on June 28, 1993

² 江原大學校 林科大學 College of Forestry, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.

* 이 論文은 1991年度 教育部支援 韓國學術振興財團의 自由公募課題 學術研究助成費에 의하여 研究되었음.

ABSTRACT

The purpose of this investigation is to point out the physical fixation and stability of banking slopes of forest roads by invasion of trees. We investigated the situations of sediment discharge and coverage of invaded trees at banking slopes of forest roads. The coverage of invaded trees were calculated from crown injection based on the stable slope and was compared with length of slope, slope gradient, and passage years after construction of forest road.

1. We investigated on the sediment discharge and the invasion of trees at banking slopes, which were actually observed 8 forest roads of Kyonggi-Do and Kangwon-Do.
2. There was no physical stability of the banking slope due to the surface erosion and slope failure, but the tree invasions were active at the stable plots.
3. The length of slope was constructed to 4.0m to 61.0m and recent forest road was mainly constructed to the slopes longer than 30m. There was strong regional effect between the length of slope and the coverage of invaded trees and the above two factors were inversely proportional to each other.
4. There was no significant relationship between the slope gradient and the coverage of invaded trees and the slope constructed within the angle of repose showed the relatively high coverage of invaded trees.
5. There was no significant relationship between the passage years and the coverage of invaded trees in the same investigative region after the construction of forest road. But there was a gradually increasing relationship of tree invasion between above two factors. However, there was some limitation to expect the invasion of the tree species.
6. In the light of the above results, we suggest that the construction of forest road may need foundation work and vegetation work simultaneously for the physical stability to make the environment of tree plantation and that the reasonable increase of construction cost of forest road may be prior to the other factors.

Key words : banking slope, coverage of invaded trees, length of slope, slope gradient, passage years

緒 論

山地에서의 각종 開發行爲, 즉 宅地造成, 레저 施設(골프장, 스키장 등) 開發, 草地造成, 地下資源(地下水, 採炭) 開發, 水資源(貯水用댐 築造 등) 開發, 山岳道路 및 森林開發(林道, 伐採) 등은 傾斜地가 대상이므로 자연히 대규모의 地形改變을 가져와 開發周邊部에 연속되는 人工新生裸地가 형성되며, 이곳에서 生産·流出되는 有害土砂는 山地 急流河川의 河床上昇을 가져온다. 더우기 林道는 施工對象地가 地形이 급준한 地域이므로 斜面물매가 급하게 조성되는 것은 물론 斜面길이 길어져 有害土砂의 發生源인 人工裸地의 면적이 증대되나 施工費 등의 制約에 의해 合理的인 斜面處理가 이루어지지 못하는 실정이다. 따라서 일반적으로 林道斜面은 施工後 裸地狀態

로 방치되고 있으며, 이로 인해 斜面이 불안정한 상태에서 集中豪雨에 노출되어 자연히 土砂災害가 발생되며, 또한 植生の 自然侵入에 의한 斜面의 安定化도 기대하기 어렵게 된다. 이와같은 현상은 앞으로의 지속적인 林道網 확충에 의해 더욱 심화될 것이므로 새로운 山地有害土砂의 主生産源으로 대두되는 林道の 盛土斜面의 處理問題는 중요한 과제라 할 수 있다.

林道斜面의 土砂流出과 植生侵入에 관한 연구는 施工對象地의 物理的 特性差를 구분하여 진행되어 왔으나 주로 切土斜面을 대상으로 하였다. 그러나 盛土斜面은 切土斜面에 비해 상대적으로 斜面의 규모가 크며, 不安定한 상태이므로 장기간 방치할 경우 지속적으로 土砂流出이 발생되므로 山地의 防災的 차원에서 중요대상이라 할 수 있다. 지금까지 盛土斜面을 대상으로 한 연구는 주로 斜面保護를 위한 植生工과 土木工의 효과를

검토하는 것이었으며, 導入 및 在來植生の 生長 調査^{1,2,3)}와 斜面으로 부터의 土砂流出^{4,6,12,13,19)}의 定量的 解析도 進行되어 왔다. 이중 林道斜面的 植生問題는 自然現象으로서의 植生遷移^{5,7,8,9,10,16)}와 人爲에 의한 植生變化^{2,11,17)}로 구분하여 연구되어 왔다. 즉, 前者는 裸地の 植生侵入에 대하여 植生遷移 過程을 중심으로 규명하며, 後者는 開發行爲에 의한 植生變化를 環境保全의 立場에서 해석하는 것으로 人工 裸地를 대상으로 人爲에 의한 景觀的 自然回復過程^{17,18)}을 추구하고자 하는 것이다. 한편 外來樹草를 주체로 한 植生工에 대한 種의 구성 및 景觀의 면에서의 비판^{12,21)}과 肥料效果와 枯損消滅과를 대비하여 導入植生の 永續化를 기대하는 조사연구^{14,15)}가 행하여지고 있지만, 在來樹種의 自然侵入에 의한 斜面保護에 대한 연구는 별로 進行되지 못한 실정이다. 최근에는 林道 切土斜面的 물매와 安定性, 植生狀態 등을 조사하여 斜面的 安定度를 나타내는 指標로서 植生の 量的指標와 多樣性指標^{14,15)}를 검토한 연구도 進行되고 있으나 아직 충분하지는 못한 실정이다.

본 논문은 우리나라 林道の 盛土斜面的 處理實態에 대한 검증과 木本侵入에 의한 斜面安定化에 대한 기초연구로 이미 開設되어 있는 林道の 盛土斜면을 대상으로 斜面的 物理的 安定과 斜面길이, 斜面물매 및 經過年數에 따른 木本侵入過程을 樹木年代學的 方法에 의해 定量的으로 해석하여 合理的인 盛土斜面的 處理를 위한 基礎資料의 제공을 목적으로 進行하였다.

研究內容 및 方法

1. 研究對象 路線의 概要

調査路線은 京畿道 加平郡 北面의 私有林內에

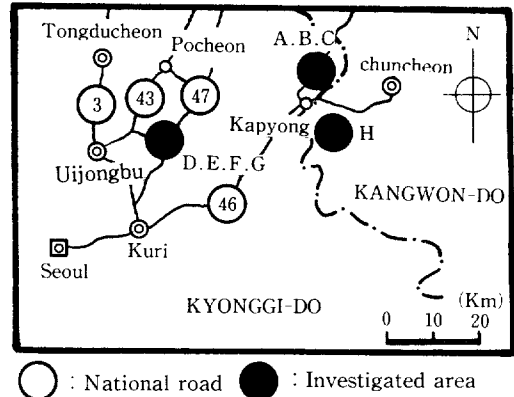


Fig. 1. Locations of the investigated forest road. (A, B : Sobeobro, C : Kaekokro, D : Jeobdongro, E : Mamyengro, F : Jikdongro, G : Yukrimro, H : Bangharo)

1974년 및 1986년에 각각 施工된 所法路 및 開谷路, 京畿道 抱川郡 蘇屹面에 위치하는 林業研究院 中部 林業試驗場內에 1965년부터 1990년 말까지 施工되어 있는 林道중 接洞路, 馬鳴路, 直洞路 및 育林路의 일부구간을 1992년에 조사하였으며, 江原道 春川郡 南山面의 國有林內에 1991년에 施工된 芳荷路는 1993년에 조사하였다(그림 1). 調査路線의 概要는 表 1과 같으며, 총 調査 Plot는 61개이다(Plot No. 중 제외된 것은 切土 斜面임).

2. 研究內容 및 方法

盛土斜面的 基本調査 項目은 林道斜面的 物理的 特性, 基礎工 및 植生工의 施工與否, 植生の 自然侵入 狀況 등이며, 現地記入 方式⁴⁾을 채택하였다.

1) 盛土斜面的 物理的 特性調査

盛土斜面的 物理的 特性에 대한 조사는 方位,

Table 1. General description of investigated forest roads.

Forest road	Length(m)	Width(m)	Fiscal year of working	Watershed area (ha)	Forest road density (m/ha)
A, B : Sobeobro	2,000	4.0	1986	300.0	6.67
C : Kaekokro	4,700	4.0	1974	136.9	34.33
D : Jeobdongro	4,200	4.0	1985, 1986	327.9	12.81
E : Mamyengro	1,800	4.0	1990	274.6	6.55
F : Jikdongro	4,500	4.0	1987~1989	183.1	24.58
G : Yukrimro	6,700	4.0	1965~1966	407.5	16.44
H : Bangharo	10,000	4.0	1991	632.5	15.79

標高, 斜面길이, 斜面물매, 地形(橫斷形狀, 縱斷形狀, 經線 등), 土壤(構成材料 및 硬度), 斜面區分, 斜面面積, 斜面的 浸蝕程度, 길어깨의 폭 및 破損程度 등을 조사하였으나, 본 논문은 物理的 安定에 필요한 斜面 構成因子중 人爲的으로 조절이 가능한 因子인 斜面길이와 斜面물매를 중심으로 해석하였다.

2) 盛土斜面的 各種 保護工의 實態調查

土木工은 構造物의 工種, 規模 등을 조사하였으며, 植生工은 木本의 生育狀態(樹種, 樹高, 樹齡)와 草本의 殘存率과 被覆率 등을 조사하였으나, 본 논문에서는 木本植物의 侵入狀態를 중심으로 해석하였으므로 土木基礎工과 植生工이 병행된 D-8 이외의 植生工 施工區間은 제외하였다.

3) 盛土斜面的 木本侵入 調查 및 樹木年代學의 解析

盛土斜面的 時·空間的 解析을 위해 侵入木本의 樹種, 樹高, 樹冠, 樹齡 등을 조사하였다. 이

중 空間的 分布는 調查對象區間의 植生縱斷面圖와 樹冠投影圖를 작성하였으며, 侵入率은 對象斜面的 木本狀態가 標準的이라고 판단되는 부분에 일정한 方形區(幅 5m×斜面길이)를 설정하여 斜面面積에 대한 侵入面積率을 계산하여 木本侵入率로 하였다. 또한 時間的 解析은 樹木年代學의 수법에 의해 林道施工年度를 기준으로 하여 既存 樹種과 侵入樹種을 판정하였으며, 또한 斜面的 安定時期, 安定部位 등을 추정하였다(그림 2).

結果 및 考察

1. 盛土斜面的 實態

1) 所法路 林道

路線이 2개소(A, B區間)로 분지되어 있는 所法里林道의 斜面方位는 대부분 北西向과 南向이며, 土壤硬度는 4개소의 砂礫地帶를 제외하면 6.2~11.3mm에 걸쳐 분포하고 있다. 斜面길이는 林道終點 부근의 22.0m(Plot A-4), 15.3m(A-2), 12.5m(A-6)의 斜面을 제외하면 10m이하로 조성되어 있다. 斜面물매는 34°~45°에 걸쳐 분포하고 있으나, 35° 전후가 많았다. 斜面處理工은 施工되지 않았으며, 부분적으로 原地盤과의 龜裂에 의한 斜面崩壞가 발생하여 路幅이 축소된 구간도 발견되었다. 한편 불안정한 盛土斜面에서 발생한 土砂가 下流의 저수지로 流出되어 河床上昇의 피해가 발생하고 있다.

侵入樹種數는 Plot A-10, 12 및 B-4를 제외하면 5種 이내이며, 木本侵入率은 安定斜面에서는 50%이상이나(Plot A-10, 12, 14 및 B-6, 12), 不安定斜面에서는 林道開設後 6년이 경과하여도 20%이하의 구간(Plot A-4, 6 및 B-2)도 분포하고 있다. 路線通過地의 周邊樹種은 A구간은 낙엽송, 굴참나무, 잣나무, 현사시나무 등이며, B구간은 낙엽송 單純林이다. 주요 侵入樹種은 A구간이 3~5년생의 오리나무, 국수나무 등이며, B구간은 병꽃나무 등이나 Plot A-4와 B-2는 侵入樹種의 樹齡이 1~2년으로 그동안 斜面的 表面 浸蝕 등으로 인해 木本이 착생하지 못했음을 알 수 있다(表 2).

2) 開谷路 林道

조사당시 林道開設後 18년이 경과한 開谷里林道의 斜面方位는 山頂部는 南向, 山麓部이하는 東向이 많았다. 土壤硬度는 4개소의 砂礫地帶를

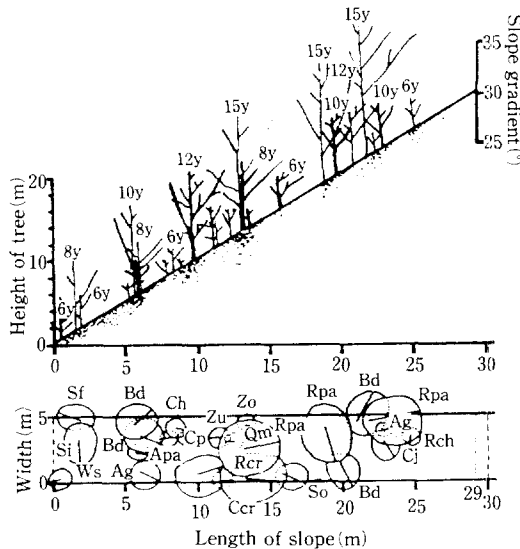


Fig. 2. Cross-sectional profile and crown projection in banking slope(Plot C-24).

Ag : *Acer ginnala*, Apa : *Acer palmatum*,
 Bd : *Betula davurica*, Ccr : *Castanea crenata*,
 Ch : *Corylus heterophylla*, Cj : *Callicarpa japonica*,
 Cp : *Crataegus pinnatifida*, Qm : *Quercus mongolica*,
 Rch : *Rhus chinensis*, Rcr : *Rubus crataegifolius*,
 Rpa : *Robinia pseudo-acacia*,
 Sf : *Salix flodensis* var. *globra*,
 Si : *Stephanandra incisa*, So : *Styrax obassia*,
 Ws : *Weigela subsessilis*, Zo : *Zingiber officinale*,
 Zsc : *Zonothoxylum schinifolium*.

Table 2. Slope surface and invaded trees on the banking slopes of forest road in Sobeobri, Kapyeong-gun.

Plot No.	Direction	Soil hardness (mm)	Slope		Invasion Tree(N)	CI (%)
			Length (m)	Gradient (°)		
A-2	NW	7.5	15.3	45	<i>Aj, Ch, Fr, Ma, Sb</i> (5)	38
A-4	"	8.6	22.0	34	<i>Aj, Ma, Rcr</i> (3)	8
A-6	"	6.5	12.5	36	<i>Aj, Rcr, Qm, Qs</i> (4)	15
A-8	W	10.5	5.0	42	<i>Fa, Qv, Sg, Si, Ws</i> (5)	24
A-10	S	9.8	6.0	34	<i>Ae, Ag, Aj, Bp, Fa, Lb, Rch, Sg, Si, Sk, Ws, Zsc</i> (12)	59
A-12	"	V	4.0	35	<i>Ae, Lb, Rph, Si, Sp, Zsc</i> (6)	72
A-14	W	6.2	5.0	37	<i>Fa, Lm, Qm, Sk, Ss</i> (5)	57
B-2	NW	V	9.1	35	<i>Sf, Sk, Ws</i> (3)	18
B-4	"	V	7.0	36	<i>Ag, Lb, Si, Sk, Sp, Ws</i> (6)	47
B-6	"	9.0	4.7	34	<i>Ae, Ag, Lb, Rcr, Ws</i> (5)	55
B-10	S	V	5.3	34	<i>Lb, Qm, Si, Sp, Ws</i> (5)	46
B-12	E	11.3	7.3	40	<i>Fa, Rch, Si, Ws</i> (4)	90

Notes : N : No. of species, CI : Coverage of invaded trees, V : Gravel

Ae : *Aralia elata*, *Ag* : *Acer ginnala*, *Aj* : *Alnus japonica*,
Bp : *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Ch* : *Corylus heterophylla* var. *thunbergii*,
Fa : *Fragaria ananassa*, *Fr* : *Fraxinus rhynchophylla*, *Lb* : *Lespedeza bicolor*,
Lm : *Lespedeza maximowiczii*, *Ma* : *Morus alba*, *Qm* : *Quercus mongolica*,
Qs : *Quercus serrata*, *Qv* : *Quercus variabilis*, *Rch* : *Rhus chinensis*,
Rcr : *Rubus crataegifolius*, *Rph* : *Rubus phoeniclasius*, *Sb* : *Staphylla bumalda*,
Sg : *Salix glandulosa*, *Sf* : *Salix floderusii* var. *globra*, *Si* : *Stephanandra incisa*,
Sk : *Salix koreensis*, *Sp* : *Spiraea prunifolia* var. *simpliciflora*,
Ss : *Securinega suffruticosa*, *Ws* : *Weigela subsessilis*,
Zsc : *Zonithoxylum schinifalium*.

제외하면 3.8~12.6mm에 걸쳐 분포하고 있으며, 斜面물매는 28°~42°에 걸쳐 분포하고 있으나 40°를 넘는 Plot도 몇개소가 된다. 斜面길이는 대부분 10m이상으로 조성되어 있으며, 25m가 넘는長大斜面(Plot C-1, 16, 24)도 분포하고 있다. Plot C-26의 높이 1.2m, 幅 39m의 찰쌍기擁壁 이외에는 斜面處理工이 施工되지 않았다.

侵入樹種은 대부분 5~8種이었으나 Plot C-10과 11은 각각 1, 3種으로 적었으며, Plot C-16과 32는 11種, C-24는 17種이 侵入하여 生育하고 있었다. 木本侵入率은 50%이상의 Plot가 다수 분포하고 있으나 斜面이 不安定한 Plot에서는 斜面 下端部에 不安定한 崖堆가 형성되는 등 地表變動이 발생하여 50%이하의 Plot도 몇개소 분포한다. 路線通過地의 周邊部는 잣나무 單純林였으며, 주요 侵入樹種은 安定斜面에는 12~15년생의 병꽃나무, 붉나무, 산초나무, 산딸기, 산사나무 등이 生育하고 있으나 木本侵入率이 낮은 Plot C-1, 10, 21 등에는 2~5년생의 싸리류가 生育하고 있어 최근의 地表變動을 시사하고 있다. 한편

土木基礎工이 施工된 Plot C-26에는 12년생 이상의 병꽃나무, 물푸레나무 등이 斜面을 고정하고 있다(表 3).

3) 接洞路 林道

本 林道는 盛土斜面의 造成區間이 적어 2개소만이 조사되었다. 斜面方位는 南向과 東向이며, 土壤硬度는 4.4 및 7.0mm였다. 斜面물매는 30°와 40°이며, 斜面길이는 7.8m와 18.9m였다. 한편 Plot D-1에는 2단의 페타이어 쌓기가 施工되었으며, Plot D-8에는 5단의 돌단쌓기와 줄떼공이 全斜面에 施工되었다.

施工後 經過年數에 비해 土木基礎工의 효과가 본격적으로 나타나지 않아 木本侵入率은 각각 6, 19%였으며, 侵入樹種數는 각각 3, 2種이었다. 路線通過地의 周邊部는 소나무 單純林였으며, 侵入樹種은 Plot D-1의 경우 斜面下部의 소규모 崖堆部에 1~2년생의 참싸리, 산딸기 등이, Plot D-8의 경우에는 소나무와 두릅나무가 각각 生育하고 있어 施工後 몇년동안 지속적인 斜面浸蝕 흔적은 발견되지 않았다(表 4).

Table 3. Slope surface and invaded trees on the banking slopes of forest road in Gaekokri, Kapyeong-gun.

Plot No.	Direction	Soil hardness (mm)	Slope		Invasion Tree(N)	CI (%)
			Length (m)	Gradient (°)		
C- 1	S	8.2	32.0	40	<i>Lm, Pk, Rch, Rcr, Ss</i> (5)	7
C- 3	"	6.5	12.0	28	<i>Bd, Ll, Qd, Rcr, Ss, Zo</i> (6)	65
C- 5	"	8.2	16.0	30	<i>Rch, Rcr, Si, Ss, Zsc</i> (5)	45
C- 6	W	3.8	13.0	36	<i>Aa, Qd, Rch, Rcr, Ss, Ws, Zsc</i> (7)	52
C- 8	SE	12.6	15.3	38	<i>Cp, Qac, Qal, Rch, Rcr, Ss, Zsc</i> (7)	65
C-10	"	V	12.0	42	<i>Cp</i> (1)	13
C-11	S	7.6	6.8	34	<i>Lb, Rcr, Zsc</i> (3)	60
C-13	E	9.5	7.0	38	<i>Ae, Cp, Lb, Pk, Rch, Sf, So</i> (7)	85
C-15	SW	11.0	8.0	39	<i>Bd, Cp, Sf, Ss, Zo</i> (5)	40
C-16	"	5.3	25.0	37	<i>Fr, Lb, Qal, Qd, Qm, Qv, Rch, Rcr, So, Ss, Zo</i> (11)	51
C-20	E	V	11.0	42	<i>Apa, Lb, Qal, Rcr, Si, Ws</i> (6)	80
C-21	"	12.3	11.0	38	<i>Cp, Lb, Lc, Rch, Rcr, Sb, Ws, Zsc</i> (8)	24
C-24	"	9.6	29.0	31	<i>Ag, Apa, Bd, Ccr, Ch, Cj, Cp, Qm, Rch, Rcr, Rpa, Sf, Si, So, Ws, Zo, Zsc</i> (17)	47
C-26	"	8.3	16.0	35	<i>Aa, Ag, Cp, Fr, Qal, Si, Ws, Zsc</i> (8)	100
C-28	"	V	15.0	35	<i>Aa, Ag, Cp, Qv, Sf, Si, Ws</i> (7)	32
C-30	"	9.0	7.0	28	<i>Ccr, Rcr, Sf, Si, Ws, Zsc</i> (6)	53
C-32	"	7.5	20.0	42	<i>Aa, Ag, Cp, Py, Qal, Qm, Rch, Si, Ws, Zo, Zsc</i> (11)	51
C-34	ES	V	19.0	36	<i>Ae, Ea, Ma, Qal, Rch, Rcr, Rph, Sb</i> (8)	44

Notes ; N : No. of species, CI : Coverage of invaded trees, V : Gravel

Aa : *Actinidia arguta*, *Ae* : *Aralia elata*, *Ag* : *Acer ginnala*, *Apa* : *Acer palmatum*,
Bd : *Betula davurica*, *Ccr* : *Castanea crenata*, *Ch* : *Corylus heterophylla*,
Cj : *Callicarpa japonica*, *Cp* : *Crataegus pinnatifida*, *Ea* : *Euonymus alatus*,
Fr : *Fraxinus rhynchophylla*, *Lb* : *Lespedeza bicolor*, *Lc* : *Lespedeza cyrtobotrya*,
Ll : *Larix leptolepis*, *Lm* : *Lespedeza maximowiczii*, *Ma* : *Morus alba*,
Pk : *Pinus koraiensis*, *Py* : *Prunus yedoensis*, *Qac* : *Quercus acutissima*,
Qal : *Quercus aliena*, *Qd* : *Quercus dentata*, *Qm* : *Quercus mongolica*,
Qv : *Quercus variabilis*, *Rch* : *Rhus chinensis*, *Rcr* : *Rubus crataegifolius*,
Rpa : *Robinia pseudo-acacia*, *Rph* : *Rubus phoeniclasius*, *Sb* : *Staphylla bumalda*,
Sf : *Salix floderusis var. globra*, *Si* : *Stephanandra incisa*,
So : *Styrax obassia*, *Ss* : *Securinega suffruticosa*, *Ws* : *Weigela subsessilis*,
Zo : *Zingiber officinale*, *Zsc* : *Zonothoxylum schinifalium*.

Table 4. Slope surface and invaded trees on the banking slopes of forest road in Jeobdongro, Kwangreung.

Plot No.	Direction	Soil hardness (mm)	Slope		Invasion Tree(N)	CI (%)
			Length (m)	Gradient (°)		
D- 1	S	7.0	7.8	30	<i>Ccr, Lc, Rc</i> (3)	6
D- 8	E	4.4	18.9	40	<i>Ae, Pd</i> (2)	19

Notes ; N : No. of species, CI : Coverage of invaded trees, V : Gravel

Ae : *Aralia elata*, *Ccr* : *Castanea crenata*, *Lc* : *Lespedeza cyrtobotrya*,
Pd : *Pinus densiflora*, *Rc* : *Rubus crataegifolius*.

4) 馬鳴路 林道

切土斜面보다 盛土斜面이 주로 구성되어 있는
 본 林道の 斜面方位는 비교적 四方位에 골고루
 분포되어 있으며, 土壤硬度는 3개소의 砂礫地帶

를 제외하면 5.0~12.8mm에 걸쳐 분포하고 있
 다. 斜面물매는 26°~40°에 걸쳐 분포하고 있으
 나, 38° 전후가 주종을 이루고 있었다. 急傾斜地
 를 路線이 통과하고 있어 斜面길이는 주로 18.0

m를 전후로 조성되어 있으며, 34.0m(Plot E-12)에 이르는長大斜面도 분포하고 있다. 開設後 經過年數가 짧아 不安定한 斜面으로 부터 土砂流出이 매우 심하게 발생하고 있다.

本 林道에서는 상당한 부분은 植生工(맥문동)으로 斜面處理하였으며, 林道開設時 伐倒된 林木이 자연적으로 盛土斜面의 中·下端部를 蟻단하므로 土砂流出을 방지하여 斜面安定에 기여하고 있다. 한편 Plot E-11에는 통나무바자엮기와 페타이어工法이, 長大斜面인 Plot E-12에는 돌망태

가 2段 각각 施工되었다. 植生工의 全斜面 施工地는 殘存率이 100%에 가까웠으며, 部分 施工地도 殘存率이 90%이상을 나타냈다. 木本侵入率은 모든 斜面이 10% 이하였으며, 특히 Plot E-1, 7을 제외하면 5%이하의 저조한 侵入率을 보였다. 侵入種數은 Plot E-1, 2, 7, 11을 제외하면 5種 이내였으며, 侵入樹種도 1년생의 당단풍을 중심으로 생육하고 있다(表 5).

5) 直洞路 林道

斜面方位는 北向, 東向 및 北東向이며, 土壤硬

Table 5. Slope surface and invaded trees on the banking slopes of forest road in Mamyongro, Kwangreung.

Plot No.	Direction	Soil hardness (mm)	Slope		Invasion Tree(N)	CI (%)
			Length (m)	Gradient (°)		
E-1	E	9.6	21.3	35	<i>Ae, Apl, Aps, Kp, Rcr, Si, So, Ws</i> (8)	7
E-2	"	5.0	17.2	38	<i>Aps, Bp, Cd, Ma, Py, Sj</i> (6)	1
E-3	"	5.0	8.7	38	<i>Ae</i> (1)	5
E-4	"	12.8	16.4	26	<i>Cs, Rcr, Sj, Zo</i> (4)	1
E-5	W	8.0	18.7	38	<i>Cs</i> (1)	1
E-7	S	V	18.0	33	<i>Aps, At, Cd, Co, Lb, Ma, Py, Sj, Zo</i> (9)	10
E-8	N	9.4	17.8	36	<i>Aps, Ch, Co, Sa, So</i> (5)	3
E-9	"	8.2	18.1	39	<i>Cd, Ch, Sb, Sw</i> (4)	3
E-10	"	V	13.7	27	<i>Rcr, Sw</i> (2)	1
E-11	SE	9.4	18.2	36	<i>Aps, Cd, Lb, Ma, Sa, Sj, Zo, Zsc</i> (8)	4
E-12	"	V	34.0	40	<i>Aps, Lb, Sa, Zo</i> (4)	2

Notes : N : No. of species, CI : Coverage of invaded trees, V : Gravel

Ae : *Aralia elata*, *Apl* : *Alangium platanifolium* var. *macrophyllum*,
Aps : *Acer pseudo-sieboldianum*, *At* : *Acer triflorum*,
Bp : *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Cd* : *Callicarpa dichotoma*,
Ch : *Corylus heterophylla*, *Co* : *Cornus officinalis*, *Cs* : *Celtis sinensis*,
Kp : *Kalopanax pictus*, *Lb* : *Lespedeza bicolor*, *Ma* : *Morus alba*,
Py : *Prunus yedoensis*, *Rcr* : *Rubus crataegifolius*, *Sa* : *Sorbus alnifolia*,
Sb : *Staphylla bumalda*, *Si* : *Stephanandra incisa*, *Sj* : *Styrax japonica*,
So : *Styrax obassia*, *Sw* : *Sambucus williamsii*, *Ws* : *Weigela subsessilis*,
Zo : *Zingiber officinale*, *Zsc* : *Zonothoxylum schinifolium*.

Table 6. Slope surface and invaded trees on the banking slopes of forest road in Jikdongro, Kwangreung.

Plot No.	Direction	Soil hardness (mm)	Slope		Invasion Tree(N)	CI (%)
			Length (m)	Gradient (°)		
F-1	N	6.3	17.0	32	<i>Apa, Bp, Lb, Rv, So</i> (5)	9
F-2	"	6.3	30.0	44	<i>Aj, Apl, Lb, Rcr, Rph, Sa, Ws</i> (7)	3
F-3	E	8.3	10.0	34	<i>Sh, So</i> (2)	3
F-4	NE	8.3	15.0	40	<i>Ae, Rcr</i> (2)	5

Notes : N : No. of species, CI : Coverage of invaded trees, V : Gravel

Ae : *Aralia elata*, *Aj* : *Alnus japonica*, *Apa* : *Acer palmatum*,
Apl : *Alangium platanifolium* var. *macrophyllum*,
Bp : *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Lb* : *Lespedeza bicolor*,
Rcr : *Rubus crataegifolius*, *Rph* : *Rubus phoenicliasius*, *Rv* : *Rhus vernicifolia*,
Sa : *Sorbus alnifolia*, *Sh* : *Salix hulteni*, *So* : *Styrax obassia*,
Ws : *Weigela subsessilis*.

도는 6.3과 8.3mm였다. 斜面물매는 32°~44°에 걸쳐 분포하고 있으며, 斜面길이는 10.0~30.0m로 비교적長大斜面이다. 전체적으로 盛土斜面은 불안정한 상태였으며, 특히 Plot F-2에서는 큰 규모의 浸蝕痕迹이 발견되었다.

植生工은 施工되지 않았으나 Plot F-3, 4에 각각 페타이어 쌓기와 돌망태가 施工되었다. 侵入樹種數는 木本類가 2~7種으로 적었으며, 木本侵入率 역시 10%이하로 저조하였다. 木本類는 1~2년생의 싸리, 쪽동백 등이 侵入하여 生育하고 있으나 아직 地表固定이 이루어지지 않은 상태였다(表 6).

6) 育林路 林道

本 林道の 斜面方位는 西向, 北西向이며, 土壤硬度는 5.2~8.5mm였다. 斜面물매는 33°~43°를 전후하여 분포하고 있으나 Plot G-3를 제외하고는 40° 이하로 조성되어 있었다. 斜面길이는 10m 이하가 2개소(Plot G-2, 10) 분포하고 있었으나 Plot G-2와 G-7는 각각 16.1m, 23.0m에 이르는 長大斜面이며, 전체적으로는 斜面이 안정된 상태였다.

土木 基礎工은 施工하지 않았으나 부분적으로 철쭉나무를 植栽하였다. 侵入樹種數는 Plot G-2를 제외하면 10種에 가까운 木本이 侵入하여 生育하고 있었으며, 木本侵入率 역시 50% 전후로 양호한 편이었다. 원래 소나무와 낙엽송이 주로 生育하고 있었으나 10~24년생의 붉나무, 산딸

기, 국수나무, 쪽동백 등이 林道開設後 侵入하여 生育하고 있었다(表 7).

7) 芳荷路 林道

淸平湖流域의 湖岸을 따라 조성되어 있는 본 林道の 斜面方位는 주로 北西向과 西向이며, 土壤硬度는 1개소의 砂礫地帶를 제외하면 3.3~13.3mm였다. 斜面물매는 33°~39°에 분포하고 있어 큰 차이가 없으나, 斜面길이는 최저 24.0m로부터 최대 61.0m에 이르는 超長大斜面으로 조성되어 있다. 특히 斜面下部가 淸平湖水面에 연결되어 있으므로 불안정한 상태이며, 앞으로는 상당한 斜面浸蝕이 예상되는 구간이다.

土木 基礎工은 施工하지 않았으며, Plot H-10, 11에는 盛土斜面의 上段部에 부분적으로 참싸리를 植栽하였다. 侵入樹種數는 Plot H-3, 4, 8을 제외하면 3種 이내로 적었으며, 木本侵入率 역시 Plot H-3, 4를 제외하면 2% 이내로 매우 불량한 상태였다. 원래 소나무가 주로 生育하고 있었으나 2년생 이하의 붉나무, 산딸기, 참싸리 등이 소량 侵入하여 生育하고 있었다(表 8).

2. 盛土斜面의 木本侵入

盛土斜面의 木本侵入의 자료를 기초로 林道開設時에 人爲的으로 조절이 가능한 因子인 斜面길이·斜面물매와 施工後 經過年數를 중심으로 대비하여 보았다.

Table 7. Slope surface and invaded trees on the banking slopes of forest road in Yukrimro, Kwangreung.

Plot No.	Direc-tion	Soil hardness (mm)	Slope		Invasion Tree(N)	CI (%)
			Length (m)	Gradient (°)		
G- 2	E	8.5	8.0	38	<i>Ae, Rcr, Zsc</i> (3)	44
G- 3	"	5.2	16.1	43	<i>Apa, Cco, Cd, Ch, Cl, Rch, Rcr, Si, So</i> (9)	63
G- 7	NE	6.5	23.0	39	<i>Aa, Ae, Aps, Cl, Kp, Pd, Qs, Si, Sj, So</i> (10)	59
G-10	"	5.3	9.6	33	<i>Ae, Apl, Aps, Cd, Cht, Rch, Rcr, Si, Ss, Ws, Zo, Zsc</i> (13)	51

Notes : N : No. of species, CI : Coverage of invaded trees, V : Gravel

Aa : *Actinidia arguta*, *Ae* : *Aralia elata*, *Apa* : *Acer palmatum*,
Apl : *Alangium platanifolium* var. *macrophyllum*, *Aps* : *Acer pseudo-sieboldianum*,
Cco : *Cornus controversa*, *Cd* : *Callicarpa dichotoma*, *Ch* : *Corylus heterophylla*,
Cht : *Corylus heterophylla* var. *thunbergii*, *Cl* : *Carpinus laxiflora*,
Kp : *Kalopanax pictus*, *Ll* : *Larix leptolepis*, *Pd* : *Pinus densiflora*,
Qs : *Quercus serrata*, *Rch* : *Rhus chinensis*, *Rcr* : *Rubus crataegifolius*,
Si : *Stephanandra incisa*, *Sj* : *Styrax japonica*, *So* : *Styrax obussia*,
Ss : *Securinega suffruticosa*, *Ws* : *Weigela subsessilis*, *Zo* : *Zingiber officinale*,
Zsc : *Zonthoxylum schinifolium*.

Table 8. Slope surface and invaded trees on the banking slopes of forest road in Banghoro, Chuncheon-gun.

Plot No.	Direction	Soil hardness (mm)	Slope		Invasion Tree(N)	CI (%)
			Length (m)	Gradient (°)		
H- 2	NW	9.7	56.0	38	<i>Lb, Rch, Rpa</i> (3)	1
H- 3	"	12.7	61.0	37	<i>Ma, Lb, Qal, Rch, Rcr, Sf, Ud</i> (7)	6
H- 4	N	10.0	57.0	38	<i>Lb, Qal, Rch, Rcr, Rpa, Sp, Ud, Zse</i> (8)	15
H- 5	NW	9.8	25.6	33	<i>Lb</i> (1)	2
H- 6	W	13.3	42.0	38		0
H- 7	"	7.2	30.0	39	<i>Lb</i> (1)	1
H- 8	"	V	28.1	37	<i>Ch, Lb, Lc, Rch, Spr, Zo</i> (6)	5
H- 9	"	5.0	25.0	33	<i>Lb, Rch, Rcr</i> (3)	1
H-10	"	7.5	26.6	35	<i>Lc</i> (1)	7
H-11	SW	3.3	24.0	34	<i>Lc</i> (1)	1

Notes : N : No. of species, CI : Coverage of invaded trees, V : Gravel

Ch : *Corylus heterophylla*, *Ma* : *Morus alba*, *Lb* : *Lespedeza bicolor*,
Lc : *Lespedeza cyrtobotrya*, *Qal* : *Quercus aliena*, *Rch* : *Rhus chinensis*,
Rpa : *Robinia pseudo-acasia*, *Rcr* : *Rubus crataegifolius*,
Sf : *Salix floderusis* var. *globra*, *Sp* : *Spiraea prunifolia* var. *simpliciflora*,
Ud : *Ulmus davidiana* var. *japonica*, *Zo* : *Zingiber officinale*, *Zse* : *Zelkova serrata*.

1) 斜面길이와 木本侵入

林道는 急傾斜地에 開設되므로 당연히 대규모의 人工裸地가 연속적으로 형성되게 된다. 이러한 人工裸地는 동일한 流域條件과 氣象條件인 경우에도 斜面길이에 의해 安定化에 커다란 영향을 미치게 되며, 이 斜面의 物理的 安定化는 木本の 侵入에도 지대한 영향을 미친다. 즉 주위로 부터 일단 木本類의 先驅樹種이 侵入한다 하더라도 소규모의 地表의 變動에 의해서도 着生하지 못하며, 이러한 현상이 반복되므로서 盛土斜面에 있어서의 木本の 自然侵入에 의한 斜面固定化 역시 기대하기 어렵게 된다.

그림 3에 각 路線別의 斜面길이와 木本侵入率과의 관계를 대비하여 보았다. 斜面길이는 4.0~61.0m까지 다양하게 분포하고 있었으며, 木本侵入率 역시 0~100%로 다양하게 분포하고 있다. 그림 3에 의하면 林道開設後 經過年數가 비교적 짧은 接洞路, 馬鳴路, 直洞路, 芳荷路의 경우는 아직 斜面이 安定되지 않아 斜面길이와 木本侵入率과는 명확한 相關關係가 확인되지 않았으며, 대체로 10%이내의 侵入率을 나타내고 있다. 그러나 經過年數가 긴 所法路, 開谷路, 育林路 등은 일부 特定斜面(土木基礎工 施工地 및 崩壤發生地)를 제외하면 대체로 斜面길이에 반비례하여 木本侵入率이 증가하였다. 즉 所法路의 경우 斜面길이가 5m이하의 경우에는 대체로 40% 이상의 木本侵入率을 나타내고 있으며, 開谷路의

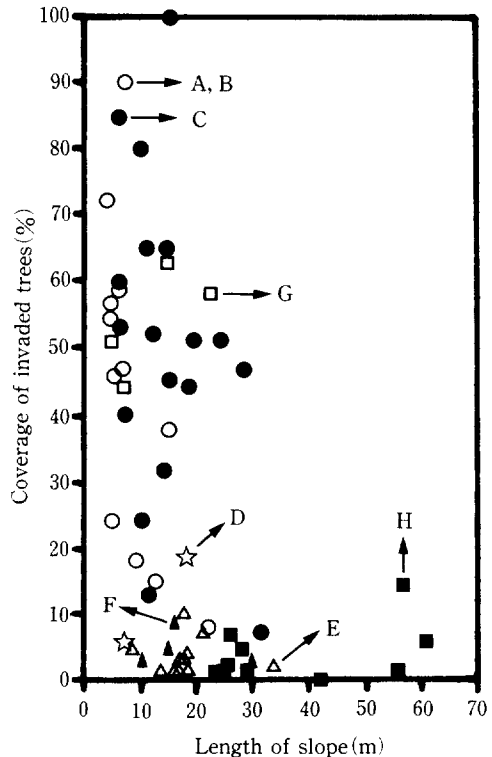


Fig. 3. Length of slope and coverage of invaded trees(CI). (A, B : Sobeobro, C : Kaekokro, D : Jeobdongro, E : Mamyongro, F : Jikdongro, G : Yukrimro, H : Banghoro)

경우에도 土木基礎工이 施工되어 林道開設 직후에 斜面이 안정된 Plot C-26(斜面길이 16.0m, 侵入率 100%)와 최근의 斜面浸蝕이 발생한 C-10, 21(斜面길이 각 12.0m, 11.0m, 侵入率 각 13%, 24%)를 제외하면 전체적으로 斜面길이에 반비례하였다. 育林路의 경우에도 Plot G-2를 제외하면 이상의 相關關係가 확인되었다.

이상과 같이 斜面길리와 木本侵入率과는 반비례하는 경향이 있으며, 일부 Plot를 제외하면 20m 이상이 되면 木本侵入이 불량하였다. 특히 斜面의 概觀的 安定狀態인 木本 侵入率 50% 이상이 되기 위하여는 적어도 15m 이하의 斜面길이를 유지하며, 부득이 하게 斜面길이가 길어지게 되는 경우에는 반드시 일정간격으로 土木基礎工을 施工하여 斜面을 안정시켜야 木本侵入에 의한 斜面安定을 기대할 수 있다고 사료된다.

2) 斜面물매와 木本侵入

林道の 施工에 있어서 斜面의 安定化를 위해 斜面의 물매를 安息角(盛土斜面의 경우는 1:1.5, 즉 33° 41') 이내로 조성하는 것이 바람직하나 실제로는 施工對象地가 急傾斜地이기 때문에 急물매로 조성되고 있으며, 특히 우리나라에서는 林道開設時 捨土場을 설정하지 않아 林道開設에 의해 생산된 土砂가 盛土斜面을 중심으로 방치되고 있다. 더우기 현재의 林道施工費로는 路線全體의 길어깨 및 斜面表層部의 轉動, 土木基礎工 및 植生工에 의한 斜面處理가 불가능하므로 盛土斜面의 물매는 林道の 斜面浸蝕 防止에 중요한 요인이라 할 수 있다.

그림 4에 斜面물매와 木本侵入率과의 관계를 나타냈다. 調査對象地의 斜面물매를 각각 25°~30°, 31°~35°, 36°~40°, 41° 이상으로 구분하여 보면(表 2~8 참조), 각각 6, 19, 29, 7개로 31°~40°가 절대적이었으며, 盛土斜面의 安息角(33° 41') 이하로 조성된 Plot는 전체의 20%(12/61)에도 미치지 못하였다. 따라서 전체적으로는 斜面물매와 木本侵入과의 相關關係가 명확하게 확인되지는 않았지만 林道開設後 經過年數가 干路線의 경우인 Plot C-3, 5, 24, 28 및 G-10의 木本侵入率은 각각 65, 45, 47, 53, 및 51%로 전반적으로 안정되어 있으며, 일반적으로 木本侵入이 이루어진 이후에는 部分浸蝕에 의한 地表變動이 발생하지 않았음을 樹木年代學의 분석에 의해 확인되었다. 결국 현재 施工되고 있는 盛土斜

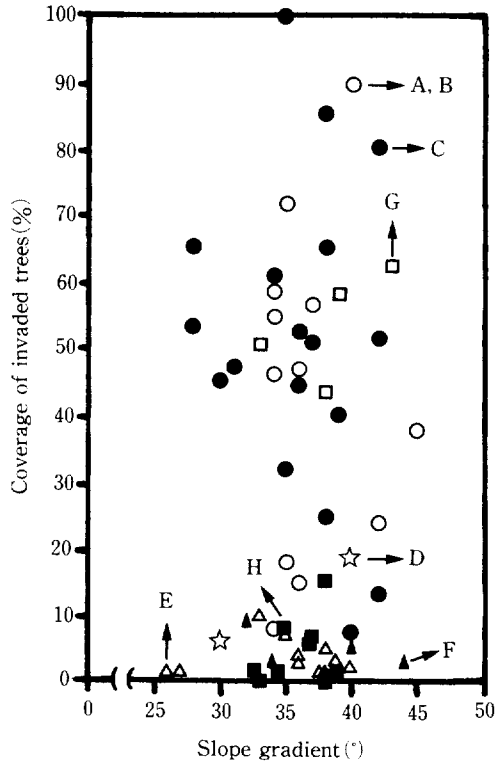


Fig. 4. Slope gradient and coverage of invaded trees(CI). (A, B : Sobeobro, C : Kaekokro, D : Jeobdongro, E : Mamyongro, F : Jikdongro, G : Yukrimro, H : Bangh-aro)

면은 斜面의 物理的 安定을 기대하는 安息角 이내로 조성하지 못하므로 이에 따른 斜面安定을 기대할 수 없으며, 이를 해결하기 위하여는 長大斜面을 대상으로 일정한 土木基礎工을 施工하므로써 安息角 이내로 斜面을 조성할 수 있도록 하여야 할 것이다.

3) 施工經過年數와 木本侵入

調査路線중 일부를 제외하면 林道開設後 斜面處理를 거의 실시하지 않고 있는 실정므로 방치후의 빠른 시간내에 木本の 自然侵入에 의해 斜面이 被覆되는 것은 斜面固定에 중요과제라 할 수 있다. 즉 木本侵入은 斜面이 物理的으로 安定된 후에 侵入하여 着生하므로 斜面이 안정화하는데 소요되는 시간인 施工經過年數와 어느정도 관계가 있다고 추측할 수 있으므로 대비하여 보았다(그림 5).

그림 5에서 알 수 있듯이 施工對象地에 있어서

의 施工經過年數와 木本侵入率의 명확한 相關關係는 확인되지 않았으나 전체적으로 5년이하 林道の 木本侵入率은 10% 이하(平均 木本侵入率: 馬鳴路 3.45%, 直洞路 5.00%, 芳荷路 3.90%)였으며, 경우에 따라서는 거의 木本侵入이 이루어지지 않은 구간도 상당수 확인되었다. 즉 接洞路, 馬鳴路, 直洞路, 芳荷路의 경우에는 대부분의 경우 木本侵入이 확인되지 않아 이 기간동안에 지속적으로 斜面浸蝕이 발생하였음을 알 수 있었으며, 5년째인 接洞路의 경우에만 平均 木本侵入率이 12.50%였다. 그러나 所法路의 일부구간(Plot A-10, 12, 14)의 경우에는 路線通過地 부근에 침입이 왕성한 오리나무가 단지로 분포하고 있어 50%이상의 木本侵入率을 나타내는 경우도 있었다. 한편 經過年數가 18년인 開谷路와 26년인 育林路의 경우에는 각각 7~100%(평균 50.78%), 44~63%(평균 54.25%)의 높은 木本侵入率을 나타냈으나, Plot에 따라서는 상대적으로

낮은 木本侵入率을 나타내고 있으므로 명확한 相關關係는 확인되지 않았다.

이상의 결과는 林道施工後 3~4년이 경과하면 木本侵入이 시작되어 10~20년에서 50%, 完全侵入에는 40년 정도의 經過年數가 필요하다는 연구보고^{1,2)}와 부분적으로는 일치하고 있다. 그러나 林道の 盛土斜面을 방치할 경우에는 施工直後에 주로 발생하는 土砂災害를 방지하고 木本の 自然侵入을 위한 環境造成에는 한계가 있으며, 이러한 상황은 앞으로 林道施工 對象地의 物理的 特性을 고려할 때 더욱 심화되리라 사료된다. 한편 盛土斜面의 概觀的 安定狀況인 木本侵入率 50%를 유지하기 위하여는 10~20년의 經過年數가 필요하다는 연구결과²⁾가 있으나, 18년이 경과한 開谷路의 경우와 26년이 경과한 育林路의 경우에도 전 Plot의 50% 정도가 木本侵入率 50% 이하였으므로 木本の 自然侵入에 의한 斜面固定에는 物理的 特性에 따라 한계가 있다고 할 수 있다.

結 論

林道開設에 의해 형성되는 盛土斜面은 불안정한 상태로 방치되고 있으며, 특히 夏季의 集中豪雨 등에 의해 土砂災害가 발생하고 있다. 따라서 林道斜面의 安定化를 위해 斜面의 物理的 固定과 植生에 의한 斜面安定을 고려한 林道事業이 실시되어야 하나 현재의 林道施工은 機能性을 확보하기 위한 최소한의 경비만이 투자될 뿐 斜面保護를 위한 合理的인 斜面處理를 실시하지 못하는 실정이다.

특히 우리나라의 盛土斜面은 人爲的 調節可能 因子인 斜面길이, 斜面물매를 조절하므로서 기대할 수 있는 物理的 安定을 고려한 合理的인 林道事業이 실시하지 못하고 있으며, 이로 인해 表面浸蝕 및 斜面脚部의 崩壞에 의한 土砂災害가 발생하고 있다. 또한 時間的 要因인 施工後 經過年數는 상대적으로는 영향을 받고 있으나 地域別로는 절대적인 相關關係가 확인되지 않아 방치할 경우 木本の 自然侵入에 의한 斜面固定에는 한계가 있음이 확인되었다. 따라서 木本の 自然侵入을 용이하게 하는 土木 基礎工과 植生工을 병행하므로서 生育環境을 整備하여야 하며, 동시에 林道斜面에 대한 관계 종사자의 認識轉換, 施工費 등의 現實化 및 工法開發 등이 선행되어야 할

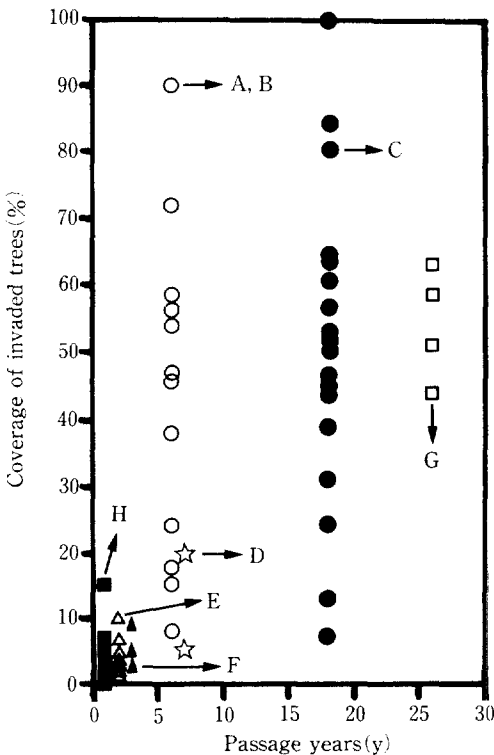


Fig. 5. Passage years and coverage of invaded trees (CI). (A, B: Sobeobro, C: Kaekokro, D: Jeobdongro, E: Mamyongro, F: Jikdongro, G: Yukrimro, H: Bangharo)

것이다.

參 考 文 獻

1. 金鍾閔·李海周·李鳳洙·吳世元. 1990. 數量化에 의한 林道 被害原因 分析. 林研研報 41: 36-62.
2. 徐丙秀·金世泉·李昌憲·朴鍾旻·李奎完. 1990. 智異山 國立公園 道路비탈면에 對한 조사 研究. 韓國造景學會誌 18(3): 39-56.
3. 全槿雨. 1990. 1990年 6, 9月 集中豪雨에 의한 洪川郡 北方地域의 斜面崩壞와 土砂流出. 江大演研報 10: 17-26.
4. 全槿雨·吳在萬. 1992. 林道斜面의 土砂流出과 植生侵入에 관한 研究(Ⅰ) - 切土斜面의 木本侵入에 대하여 -. 江大演研報 12: 39-58.
5. 新谷 融·矢島 崇·內藤 滿. 1980. 林道法面における植生變化に關する研究. 北大農演研報 37-1: 165-208.
6. 新谷 融·勝呂 博之·矢島 崇·橋田 欣一. 1981. 綠化施工道路法面における植生回復に關する研究. 北大農演研報 38-1: 1-30.
7. 新谷 融. 1984. 林道法面の植生回復. 林業技術 506: 17-20.
8. 江崎 次夫. 1980. 盛土のり面の植生保護工に關する研究(Ⅶ) - 盛土實驗斜面における土砂流出と植生の保護效果について -. 愛媛大演報 17: 77-91.
9. 龜山 章. 1982. 高速道路のり面の植生遷移について(Ⅶ) - のり面植生の遷移に關する總合的考察 -. 應用植物社會學研究 11: 33-42.
10. 加藤 博之. 1981. のり面の植栽樹木の生長について. 斜面綠化研究 3: 15-26.
11. 駒村 富士彌. 1978. 植生による斜面浸蝕および崩壞防止の效果. 綠化工技術 5(2): 9-13.
12. 小橋 澄治. 1981. のり面での植生生長とその變化豫測手法の研究(第1報). 斜面綠化研究 3: 1-14.
13. 小橋 澄治. 1982. のり面での植生生長とその變化豫測手法の研究(第2報). 斜面綠化研究 4: 1-16.
14. 丸山 幸平·土井 功·石河 滿·志田 武司. 1982. 飯豊山麓·溫身平林道法面の二次遷移(Ⅱ) - 7年間の傾向 -. 日林誌 64(11): 429-437.
15. 大手 桂二. 1982. 林道法面に成立した植生に對する評價法の一試案. 京府大演報 26: 52-71.
16. Ezaki, T., Fujihisa, M., Yamamoto, M. and Kohno, S.. 1986. Plant Succession on the Face of Slopes of Forest Roads(Ⅳ) - The invasion and change of ligneous plants on road banking slopes in the warm-temperate zone -. Bull. Ehime Univ. For. 24: 111-128.
17. Ezaki, T., Fujihisa, M., Ogami, K., Kohno, S. and Yamamoto, M.. 1987. Plant Succession on the Face of Slopes of Forest Roads(Ⅶ) - The growth processes of invading woody plants and degree of soil formation on road banking slopes in the warm-temperate zone -. Bull. Ehime Univ. For. 25: 89-102.
18. Ezaki, T. and Fujihisa, M.. 1988. Plant Succession on the Face of Slopes of Forest Roads (Ⅸ) - The transition of woody plants on banking slopes in the warm-temperate zone -. Bull. Ehime Univ. For. 26: 115-129.
19. Swift, L.W.. 1984. Gravel and grass surfacing reduces soil loss from mountain roads. For. Sci. 30: 657-670.