

山林地形特性을 고려한 山林收穫方法 및 集材方法의 선정기준¹

金 基 源²

Selection Criteria of Harvesting and Logging Methods in Consideration of Forest Terrain Characteristics¹

Ki Weon Kim²

要 約

본 연구는 林業機械化의 전제조건인 地域別 山林收穫體系를 수립하기 위한 기초연구로 시도되었다. 이를 위하여 山林收穫方法과 集材方法들을 制御하는 인자들이 무엇인가를 특히 地形的인 관점에서 조사하고 분석하였다.

주요한 산림수확방법은 短材收穫法, 長材收穫法 및 全木收穫法이다. 단재수확법은 地形條件이 劣惡한 山林에, 전목수확법은 良好한 山林에, 그리고 장재수확법은 中間條件의 山林에 적용됨이 조사되었다.

集材方法에 대해서는 陸上集材法을 중심으로 검토하고 주요 집재법으로는 畜力集材, 人力 및 重力集材, 車輛集材, 그리고 鋼線集材 등이다. 강선집재 중 케이블 크레인에 의한 집재는 集材距離에 따라 短距離(300 혹은 400m까지), 中距離(700 혹은 800m까지) 및 長距離(700 혹은 800m 이상) 등으로 구분한다. 集材作業範圍를 제어하는 인자는 傾斜와 集材距離이다. 車輛集材는 山林에 큰 負荷를 주며, 重力集材 중 log-line과 鋼線集材 중 케이블 크레인에 의한 집재법은 山林毀損을 最小化한다. 차량집재는 경사가 급할수록 어려워지고 케이블 크레인 집재는 120%까지 가능하다(上向集材).

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide a basis for establishing regional harvesting systems that ist the prerequisites for the forest mechanization. The factors restricting to the forest harvesting and logging methods from topographical aspects are studied for this purpose. Three main harvesting methods studied in this paper are : shortwood method, longwood method and full tree method. This study shows : the shortwood method is suitable for low, the longwood method for medium, the full tree method for high topographical conditions. For the logging methods, the focus of the study is on various ground based logging systems by animalpower, manpower, gravitation, wheeled & crawler vehicle and cable. The factors limiting the coverage of logging operation are slope and logging distance. The cable crane logging methods are classified by logging distance into short distance(to 300 or 400m), middle distance(to 700 or 800m) and long distance cable crane methods (over 700 or 800m). The wheeled vehicle method shows serious damages to forest resources, whereas the

¹ 接受 1992年 6月 10日 Received on June 10, 1992.

² 한국농촌경제연구원, 산림경제실 KREI, Hoegi-DONG 4-102, SEOUL 130-050.

logging by log-line of the gravitation logging method and cable crane method tend to minimize such damages. The wheeled & crawler vehicle method also shows difficult to apply in the high slope conditions, whereas cable crane method can be applied to maximum 120% steep slope and uphill conditions.

Key words : forest mechanization, harvesting system, harvesting method, logging method, topographical condition, slope, logging distance, cable crane logging.

서 론

山林收穫의 機械化를 위한 전제조건은 收穫方法과 集材方法을 최우선적으로 결정해야 한다. 어떤 방법으로 수확을 하고 어떻게 집재할 것인가가 고려된 다음에야 비로서 그에 맞는 기계의 종류가 선정되는 것이다. 이것은 곧, 山林收穫體系를 수립하는 것이 급선무라는 의미다. 산림수확체계 수립이란 林木收穫이 계획된 山林에 山林收穫方法과 集材方法을 선정하는 것을 의미한다. 수확이 예정된 임지에는 그에 적합한 收穫體系가 수립되어야 한다. 이의 수립을 위한 주요한 先決課題는 적용해야 할 收穫方法과 集材方法의 선정에 대한 基準을 마련하는 것이다. 아무런 기준없이 선정하여 시행한다면 作業의 非能率性和 經營의 非合理化를 초래하게 될 것이다.

山林收穫이 추구해야 할 세가지 중요한 목표는 첫째, 산림의 多機能 複合體系로서의 恒續性 維持, 둘째, 지역적 山林立地環境에 적합한 收穫方法과 技術을 적용한 木材 生産費의 最小化, 셋째, 人體 工學的인 山林收穫作業으로 安全事故의 예방이다(TRZESNIOWSKI, 1987). 모든 山林收穫作業은 현재 그 자체로서 균형상태에 있는 山林生態系에 대한 干涉行爲이기 때문에 특히 山林收穫方法의 선택에 특별한 중요성이 강조된다. 그 중요성이란 예를 들면 山林資源毀損의 最小化, 山林收穫 및 集材裝備의 立地環境 妥當性 등이다(HOLZWIESER, 1988).

실제로 산림임지환경은 집운재방법과 조화를 이뤄야 할 산림수확방법을 결정하며(MAYER, 1991), 특히 산림의 임지환경요인 중 地形의 形態와 特性은 山林開發과 山林收穫에 있어서 그들의 手段과 方法을 결정하는 것이다(KUONEN, 1983). 이처럼 지형은 收穫體系 樹立을 制御하는 가장 중요한 변수의 하나이고 현장에서 노동자와 기계의 作業動態에 영향을 줄 뿐 아니라 이용될

집운재방법의 형태를 제한하기도 한다(CONWAY, 1982; LETOUNEAU, 1987). 지형을 비롯한 산림 임지환경인자를 큰 변수로 생각하는 또 다른 이유 중의 하나는, 국내외적으로 고조되고 있는 環境運動의 推移를 감안해 볼 때, 앞으로의 산림작업계획이 더욱 親自然的이고 親環境의인, 즉 山林 資源을 덜 毀損시키는 방향으로 수립되어 갈 것이고 또 그렇게 되어야 할 것이라는 점을 염두에 두고 있기 때문이다.

따라서 山林地形은 산림수확 전반에 걸쳐 대단히 중요한 영향을 주고 있기 때문에 그의 특성을 파악하여 收穫方法과 集材方法의 선정 및 集材裝備의 投入基準 樹立에 고려하지 않으면 안된다. 이것은 또한 장차 임업기계화를 위해 구입할 장비의 종류 선택에도 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. 이러한 맥락하에서 그의 중요성을 인식하여 그 동안 산림지형에 대한 연구가 꾸준히 계속되어져 왔다(ABEGG, 1988; FPP, 1986, 1990b; GARLAND, 1991b; HEINIMANN, 1986; HOLZWIESER, 1988; LÖFFLER, 1979; OSWALD, 1972; SAMSET, 1967, 1971, 1975, 등).

본 연구는 山林收穫方法 및 集材方法의 결정에 있어서 기준이 될 만한 몇가지 자료들을 분석하고 문제점을 도출하여 山林收穫시스템을 수립하기 위한 기초연구이다. 본 연구의 결과를 기초로 하여 차후 연구에서는 몇 개 지역의 산림지를 선정하여 산림지형을 實驗的 方法으로 분석한 다음 그 지역에 적합한 산림수확시스템을 제안해 보고자 한다.

1. 연구방법과 내용

본 연구에서 검토되어야 할 주요 대상은 收穫方法과 集運材方法에 관한 것이다. 수확방법과 집운재에 관해서는 우선 그들의 개념을 규정해야 한다. 연구방법은, 본 제 I 부의 연구내용이 실

험에 의한 연구가 아니므로, 기존의 關聯 研究事例를 수집하여 리뷰를 통해서 본고의 연구방향과 목적에 맞게 종합적으로 분석하고 결과를 도출하는 연구방법을 취하였다.

(1) 山林收穫方法

山林收穫方法이란 立木을 伐倒한 후 造材를 어떻게 하느냐를 기준으로 분류하는 방법으로서, 일반적으로 短材收穫, 長材收穫, 그리고 全木收穫 등 3가지로 대분한다. 그러나, 收穫機械의 高性能化와 市場條件에 따라 7가지까지 세분되기도 한다¹⁾. 우리나라의 현장에서는 현재 그리고, 年間收穫量과 林業機械化 速度, 財政狀態 등을 고려해 볼 때, 장래에도 상당한 기간 동안 계속해서 위에 大分된 수확방법들이 이용될 것으로 본다. 또한, 細分된 수확방법을 연구대상으로 할 경우에 초래될 수 있는 분석과 이해의 難易를 피하기 위하여, 위에 大分된 것들을 主要 3 山林收穫方法으로 규정하여 고찰하기도 한다.

(2) 集運材方法

集運材는 集材와 運材의 合成語로서 兩者를 總稱하여 쓰거나, 혹은 집재인지 운재인지를 구분하기 어려울 때, 즉 같은 收穫場所에서 同一한 機械에 의하여 두 작업이 행하여 지고 있을 때를 위해 쓰이고 있는 것 같다.

運材는 수확된 목재를 伐倒現場에서부터 消費現場까지 필요한 수단과 방법으로 運搬하는 것을 뜻하고, 集材란 수확된 목재를 山林內에서 運搬하는 것으로 정의하고 있다(HAFNER, 1964; HOLZWIESER, 1982). 이 정의에 의하면 집재는 운재의 일부분이고 공간적으로도 한정되어 있다. 집재에 대한 이런 개념은 原木을 積載(上車)

한 (貨物)트럭이 林內를 通過하는 과정도 포함하고 있다. 集材는 원래 原木을 화물트럭에 실을 수 있도록 끌어 모으는 작업이다. 트럭 上車 後의 運搬은 보통 인근의 製材所 혹은 中間 寄着地인 항구나 철도역 그리고 最終 目的地인 소비현장까지 계속 이어지므로, '목재를 적재(상차)한 트럭이 임내를 통과하는 과정'을 집재의 개념에 포함시키는 것은 불합리한 일이라고 본다. 따라서, 貨物트럭 上車에 의한 운반은 운재의 개념에 포함시킴이 타당하며, 이런 이유로 본고에서는 벌도후 현장에서부터 임도상의 貯木場(혹은 集材場), 造材 作業場, 혹은 헬기에 의한 경우엔 헬기 積荷 지점까지, 즉, 화물트럭 상차 直前까지의 別個의 裝備에 의한 목재운반 과정을 集材, 화물트럭 상차에 의한 운반을 運材라고 정의한다. 물론 우리의 현실에서는 화물트럭 상차는 직접 벌도현장에서부터 이뤄지는 경우도 있다.

集材는 收穫作業 現場의 條件과 林道까지 운반하는데 이용되는 장비의 종류에 따라 세분한다. 이를테면, 根株地點에 있는 벌도된 나무를, 임도상의 상차지점까지 운반에 이용될 장비에 적재하기 위하여, 임내 일정지점으로 집재하는 先集材가 그것이다. 이때의 이 '일정지점'을 先集材場이라 정의한다. 또한, 하나의 기계로 多機能을 발휘하는 프로세서(processor)와 하베스터(Harvester)는 그의 작업과정 중에 先集材를 포함하고 있다.

集運材는 集材와 運材를 總稱하는 용어로 사용하기로 한다.

集材方法은 3 大分하여 水上集運材, 陸上集運材, 空中集運材로 나누나 뗏목에 의한 수상집운재 및 헬기와 氣球를 이용한 공중집운재법은 우리나라에서는 현재 존재하지 않는 고로 본고에서는 주로 육상집운재 중 집재분야를 중점적으로 다루기로 한다. 陸上集材는 집재에 이용되는 대상에 따라 畜力集材, 人力 및 重力集材, 車輛集材, 鋼線集材 등으로 세분한다.

(3) 山林地形 및 集材裝備

山林地形에 관한 내용은 주로 傾斜, 傾斜方向, 高度, 土壤, 地形의 形狀(屈曲狀態), 溪谷 및 河川 등에 관한 것들이다. 集材裝備에 관해서는 上向集材 및 下向集材에 따른 集材距離, 作業可能 傾斜, 主要裝備의 例 등이 조사된다.

1 CONWAY(1982): short-wood bobtail system, short-wood system with forwarder, long-log system, 그리고 tree-length system 등 4가지.
 MANN(1991): short wood(=pulp wood: 10피트 이하), log length(10피트 이상), tree length(가지와 초두부만을 절단한 것), 그리고 full tree(근주만 절단한 줄기와 초두부를 포함한 것).
 SKAAR(1988): billet-, shortwood-, short log length-, long log length-, tree length-, full tree- 및 chip method 등 7가지.
 여기서 tree length와 full tree의 우리말 번역을 각각 전간(全幹)과 전목(全木)으로 할.

2. 山林收穫方法의 適用範圍

단재수확법(short wood method, Sortiment-verfahren)은, 벌도된 임목에 대하여 벌목현장에서 가지치기, 원목절단, 초두부 절단을 실시하고 짧은 길이로 원목을 자르는 수확법인데 우리나라의 경우에는 보통 6, 9, 12자로 절단하여 수확하고 있다. 장재수확법(long wood m.)은 벌도된 임목에 대하여 벌목현장에서 부분 가지치기, 절단, 초두부 절단을 실시하고 임목의 길이를 단재 이상의 길이로 절단하는 수확법이다. 지피식생의 훼손을 줄이고 지예집재의 용이성을 위해서 극히 약간의 가지치기와 초두부만 절단하고 집재하는 경우가 많다. 장재수확법을 원목의 조재길이로 구분하기에는 어려운 점이 있지만, 단재수확법의 12자 造材基準, 그리고 SKAAR(1988)의 장재수확법(조재길이 6m 이상 15m)을 고려하여 4m이상의 길이로 수확하는 것을 장재수확법에 포함시키도록 한다. 한편, 산림청이 발간한 '임목수확(1984)'에서는 수확법을 全幹收穫法, 장재수확법, 단재수확법 등 3가지로 분류하고 있다. 여기서, 全幹收穫法의 영문이 'full tree'(Baumverfahren)라고 되어 있는데 이것은 全木收穫의 오기라고 판단되며, 全幹수확법이란 일부 가지치기와 초두부만을 절단하여 수확하는 것으로 본고에서는 장재수확법에 포함시켰다. 전목수확법(whole tree, 혹은 full tree method, Baumverfahren)은 벌목된 임목을 가지치기나

초두부 절단없이 근주만 절단하여 임목 그대로 수확하는 방법이며, 때때로 뿌리채 뽑아 수확하는 경우도 있다.

HOLZWIESER(1988)는 산림수확방법의 채택에 있어서 산림입지적 측면에서 고려되어야 할 주요한 요소로서 地質學的인 因子(土壤型, 土壤成熟程度 등), 海拔高度, 傾斜方向, 傾斜 및 地形形狀, 氣候的 條件 등을 열거하고 있다(Table 1).

Table1을 통해서, 土深이 깊고 腐植層이 두터운 成熟土壤地帶, 營養供給狀態가 좋은 곳, 高地帶보다는 平地 그리고 균형잡힌 물收支와 氣候條件을 가진 산림지형에선 全木收穫法이 적용될 수 있음을 알 수 있다. 한편, 未成熟된 토양지대중 가까운 장래에 토양 미생물학적으로나 局地氣候的인 이유로 토양이 더 진전된 성숙단계에 도달하지 못할 곳, 영양공급상태가 불량한 곳, 高山地帶 및 稜線部, 그리고 열악한 물수지와 기후조건에 입지한 곳에는 短材收穫法, 그리고 중간정도의 지형조건을 구비한 지역에서는 長材收穫法이 적용될 수 있음을 시사하고 있다.

또한 규산염 광물질이나 석회석 백운석 광물질이 많이 섞여 있는 토층 중 토심이 깊고 점토질인 지대에선 全木集材法의 적용이 유리하지만, 세립질토양이 적은 Rendzina 등의 토양에선 그의 적용을 피해야 할 것이라고 언급하고 있다(FPP, 1986).

Table 1. Checklists for the selection of harvesting methods

Topographical elements	Harvesting methods			
	short wood	long wood	full tree	
soil	· flat ground		· deep ground(soil)	
structure & ground condition	· poorly graded fine soil · high skeleton part · poor litter humus		· well-graded fine soil · low skeleton part · deep litter humus	
nutrition house hold	poor	midium	good	
height & slope	· steep hill-side · upper hill-side · hill-top · open ridge	sloping (medium)	· flat valley ground · under hill-side · inclined hill-side · plateau	
exposition	southern	western	eastern	northern
clima	· bad water-holding · temperature extrem		· good water-holding · balanced temperature condition	

Source : HOLZWIESER 1988.

3. 集材方法

집재에 이용되는 手段(畜力, 人力 및 重力, 車輛, 鋼線)에 따라 四分된 陸上集材法은 Fig. 1과 같이 세분되고 있다

畜力集材는 牛馬에 의한 집재법이다. 나라에 따라 코끼리나 낙타를 이용하는 경우도 있다. 人力·重力集材는 지형의 기울기로 인하여 생기는 重力을 이용하여 원목을 밀려 내려가게 하는 방법(=重力集材)이 거의 대부분이다. 인력은 중력 집재가 이뤄지도록 원목을 견인하거나 충격 등으로 동기를 부여하는 등 중력집재를 위한 補助手

段으로, 혹은 先集材場이나 짧은 거리를 직접 1인 혹은 여러명이 견인하는데 이용되기도 한다 (=人力集材).

車輛集材方法은 集材車의 車輪이 타이어式(wheeled)으로 된 것과 無限軌道式(crawler)으로 된 것이 있으나 구분하지 않았다. 車輛 地曳集材에 분류되는 트랙터 집재법에는, 농업용트랙터를 그대로 이용하는 농업트랙터 집재법, 농업트랙터의 後尾部位에 원목을 견인하는데 필요한 도구들, 예를 들면 원목밀림방지 보호철관, 원목연결 고리인 초우커(choker), 鋼線(cable), 소형 윈치 등을 裝着하여 集材作業용으로 改造한 트랙

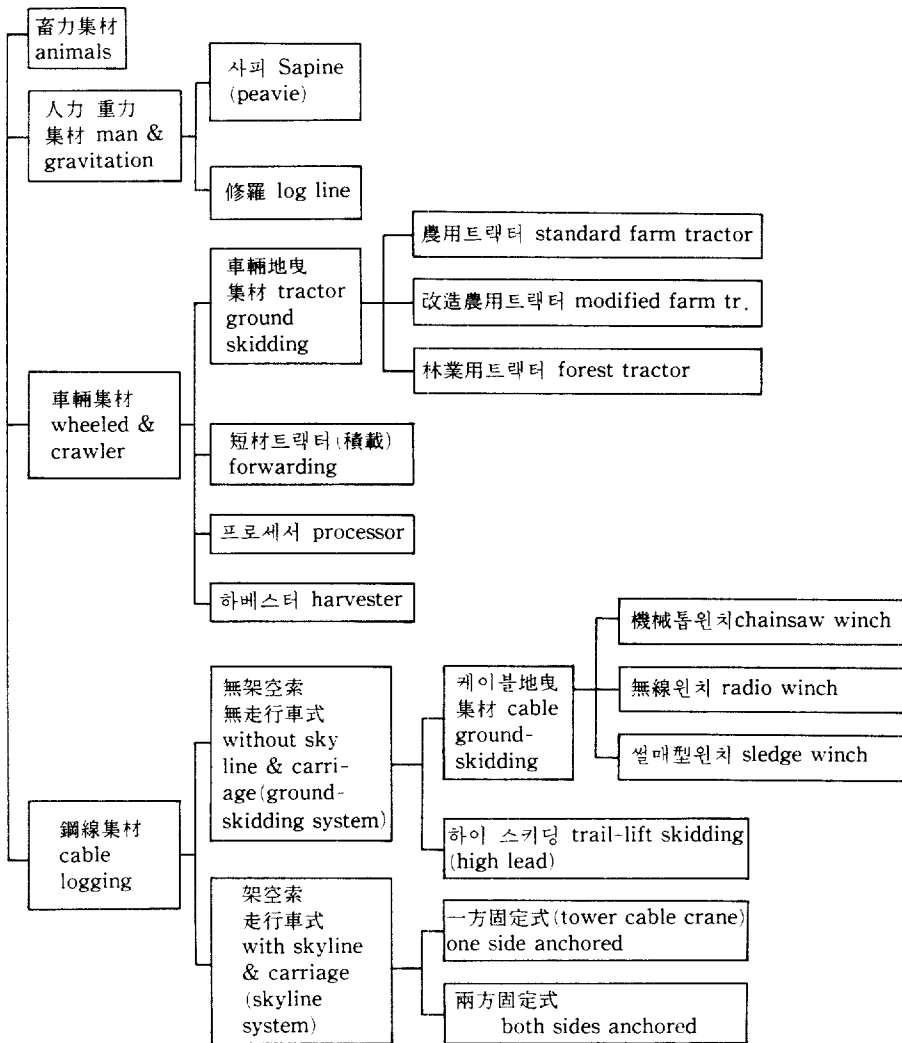


Fig. 1. Ground logging methods Modified based on DIETZ, et al. 1984, FPP 1986, GARLAND 1991, KUONEN 1983, PESTAL 1961, SAMSET 1985, TRZESNIOWSKI 1989, et al.

터를 이용한 집재법, 그리고 원래 집재작업용으로 제작된 임업용트랙터(articulated tractor, Knickschlepper)에 의한 집재법 등 세가지로 구분된다. 차량에 의한 지에집재는 이처럼 트랙터에 장착된 초우커 등에 통나무를 걸어 이것이 地面에 接地된 채로 牽引하는 방법이다. 短材트랙터에 의한 방법은 벌목현장에서 短材로 造材된 原木을 직접 단재트랙터(forwarder, Sortimentschlepper)의 積載函(wagon)에 上車하여 운반하는 방법을 말한다.

프로세서(processor)는 한 대의 기계로 枝打·剝皮·切斷·選材·貯木 등의 多機能을 발휘하는 作業機로서 직접 벌목현장이나 집재장에 투입될 수 있다. 하베스터(harvester)는 프로세서의 기능에 伐木의 機械이 합쳐진 高性能 收穫機이다. 이들 두 장비의 작업과정을 관찰하면 (先)集材過程을 포함하고 있다.

鋼線集材法은 主索인 架空索(sky line, Trage-seil)과 走行車(carriage, Laufwagen) 혹은 搬送器가 있는지를 기준으로 二分한다. 가공삭과 주행차를 이용하는 강선집재를 특히 架線集材(혹은 索道集材)라 한다. 강선(혹은 케이블식) 지에집재법은 소형 윈치를 이용하는 집재법으로서 세가지가 있는데, 기계톱 윈치법(chainsaw winch)은 기계톱의 엔진을 이용하여 윈치를 작동시키고, 無線윈치법(radio winch)은 윈치를 無線裝

置로 遠隔操縱하며, 썰매형 윈치법(sledge winch)은 윈치가 장착된 소형 썰매차를 손으로 운전하여 집재하는 방법이다. 하이 스키딩은 윈치의 머리부분을 쳐들어서(highlead, kopfhochverfahren 혹은 Hebeschleifzug) 집재하는 방법이다. 一方固定式 鋼線集材法은, 架空索 윈치로부터 풀려 나온 架空索의 한 쪽 끝이 산쪽이나(下向集材) 계곡쪽(上向集材) 立木(=支柱木)이나 기타 앵카에 고정되고, 다른 한 쪽은 차량이나 혹은 독립장비에 함께 장착된 윈치와 타워에 연결된 채로, 견인삭 윈치에 감긴 牽引索(作業索)과 走行車 및 補助索 등을 이용하여 집재하는 방법이다. 兩方固定式은 가공삭의 양 쪽 끝을 산과 계곡 쪽의 앵카에 고정시키고 견인삭과 주행차를 독립된 윈치(예를 들면 썰매형 윈치)로부터 조종하여 집재하는 방법이다.

4. 集材方法의 一般的인 適用基準 및 集材裝備의 作業範圍

畜力集材법은 대개 機械裝備에 의해 집재할 수 없는 곳, 자연보호구역, 침식의 우려가 있는 지역 등에 적용한다. 경사조건은 말에 의한 하향집재시 40%까지 할 수 있으며, 상향집재는 잘 행해지지 않지만 약 10%이하의 경사에서 가능한 곳으로 조사된다(LETOURNEAU, 1987). 人力

Table 2. Work areas of main logging methods

logging system work area	animals	man gravitation		wheeled vehicles	cable
		Sapine	log line		
general conditions	- impossible area for mechanized logging	- impossible area for tractor & cable logging	- regular and passable terrain	- enough passability & stability of ground surface	- no forest road area, protection area
	- natural protection areas	- best for small diam. logs	- good view condition	(regular slope, sound basis, no rockband, etc)	- complete opening up mountain forests
erosions-danger area	- erosions-danger area	- area for gravitation use	- natural protection area		- all terrain conquerable
		- erosionsdanger area	- erosionsdanger area		
slope range	- possible to 40% (downhill, max.)	- 35-65% : mprmal	- mind. : 15-25%	- downhill : to 45% (60%)	- from 20% for gravitation system
		- 35-50% : without bark → dry ground surface	- optm. : 25-35%	- uphill : to 20% (unload // : to 35%)	- all-terrain system : flatland forests
		- 50-65% : with bark → icy & wet ground surface	- max. : 50-60%		- economic limit ca. 120%

Modified based on ERICKSON 1988, FPP 1986, HAFNER 1964, LETOURNEAU 1987, SCHLAGHAMERS-KY 1985+1986, STREHLKE et al. 1970.

및 重力集材法은 일반적으로 경사가 고르게 발달되어 있는 지역, 林道邊에서 적용이 유리한 집재법이다. 사피에 의한 인력집재는 소경목 집재에 적합하다. 修羅(Log-line)에 의한 집재는 특히 경관적인 혹은 산사태 등의 이유로 임지를 보호해야 할 경우에 유용하게 투입할 수 있는 집재장비이다.

車輛集材法은 차량의 通行性이 충분히 보장되고 지형경사도 균일하게 발달한 곳, 岩盤이 노출되지 않은 곳, 그리고 表土層이 안정되어 있는 곳에 적용하도록 권장하고 있다(PAMPEL, 1987; SCHLAGHAMERSKY, 1985+1986). 鋼線集材法은 경관보호의 차원이나 지형의 험준함 등으로 林道가 개설되어 있지 않은 지역과 중력집재법이나 차량집재법으로는 집재하기가 불가능한 지역에 고려된다. 그래서 이 집재법은 한 지역의 山林收穫體系를 完成시키는 手段으로 검토된다(HAFNER, 1964; PESTAL, 1961; STRHLKE et. al., 1970; etc).

한편, 集材方法이나 集材裝備의 作業範圍에 영향을 미치는 인자는 地形傾斜, 地表面의 狀態, 그리고 集材距離 등이며, 그 중에서 傾斜는 결정적인 영향요소이다. 특히, 타이어나 무한케도를 장착한 차량형 집재장비의 경우 上下向 集材作業範圍는 순전히 지형경사에 從屬的이다. 한편, 同一 傾斜地에서의 작업기의 登板能力은 모터의 出力, 驅動方式, 타이어나 무한케도의 接地能力에 좌우된다. 예를 들면 全輪 驅動型 트랙터의 경우 空走行과 初行의 모양 조건하에서 약 35%의 오름경사를 등판 할 수 있다고 한다(SCHLAGHAMERSKY, 1986). 한편으로, 지나치게 긴 거리(=集材距離)를 운행하면 작업능률의 향상에 지장을 초래하므로 실험연구를 통하여 經濟的인 집재거리를 조정해야 할 것이다.

한편, 타워형 케이블 크레인(一方固定式)에 의한 집재는 각 기계의 집재거리에 따라 단거리(300m 내지 400m까지), 중거리(700m 내지 800m까지), 그리고 장거리집재(700m 혹은 800m 이상)로 三分 분류했는데, 이것은 오지리 등의 기준에 따른 것이다. 三分 분류의 근거는, 지금까지 제작된 집재기(윈치)들의 집재거리를 종합해 볼 때 三分 분류하는 것이 적당하다고 생각하여 임의 분류하고 있는 것으로 안다. 한편, 그림 2에서의 short-, middle-, long distance의 의미

는 거리의 의미가 아니라 그러한 거리를 가진 집재기들에 의한 '집재방법'을 의미하는 것이다.

5. 集材方法別 集材裝備의 特徵 및 要求條件

인력과 중력집재에 사용되는 사피는 우선 취급에 있어서 용이해야 하기 때문에 가볍고 손잡이와 자루의 모양이 體型과 作業의 性格에 잘 맞아야 하며 견고해야 한다. 車輛型 集材機는 變化難測한 山岳地形에서 운행되어야 하기 때문에 차체 자체가 가능한 자유재로 움직일 수 있도록 마치 곤충의 몸통처럼 구조되어 있다. 실제로 트랙터의 발전과정을 살펴보면, 地形障礙物 특히 지형의 凹凸을 잘 극복할 수 있도록 개발되어져 왔다. 오늘날 사용되는 임업용 트랙터의 대부분은 이처럼 地形適應性이 뛰어나다. 이를테면 分節式 트랙터(articulated tractor 혹은 Knickschlepper)가 바로 그것이다.

프로세서와 하베스터는 車輛에 裝着된 作業機이기 때문에 本車輛(base vehicle)의 安定性이 요구된다.

鋼線集材機의 경우, 단지 고정지점에서만 통나무를 싣고 내려 놓을 수 있는 케이블 웨이(cable way)가 이 부류에 있어서 始祖格이다. 그러던 것이 어느 지점에서나 상하차가 가능한 시설이 개발되게 되었다. 이것이 곧 케이블 크레인이다. 케이블 크레인 집재법에 있어서는 上向集材專用, 下向集材專用 裝備가 점진적으로 개발되어 왔는데, 두 시설의 운용은 거의 대부분 지형과 중력의 이용에 의존한다. 올 라운드 케이블 크레인(all-terrain cable crane)은 상하향집재 모두를 할 수 있도록 개발된 집재기이다. 집재기의 발전의 관건은 走行車의 開發에 달려있다(FERNSEBNER, 1990; PESTAL, 1961).

케이블식 地曳集材 裝備들은 작고 간편하고 구입가가 저렴하여 영세산주에 적합한 장비이며 특히 小量收穫과 小徑材 集材時에 대단히 유용하다. 이들은 그러나 한편으로, 重力式 地曳集材裝備(log line)의 운반에도 전용할 수 있다.

집재방법별 주요 장비들이 갖춰야 할 조건이나 특징들, 그리고 참고가 될 만한 주요 장비의 예를 다음에 요약하여 소개한다(Table 3). 임업트랙터 중에는 STEYR 社의 제품이 많이 알려져 있으며, 설매형 소형윈치는 ACKJA 윈치, 그리

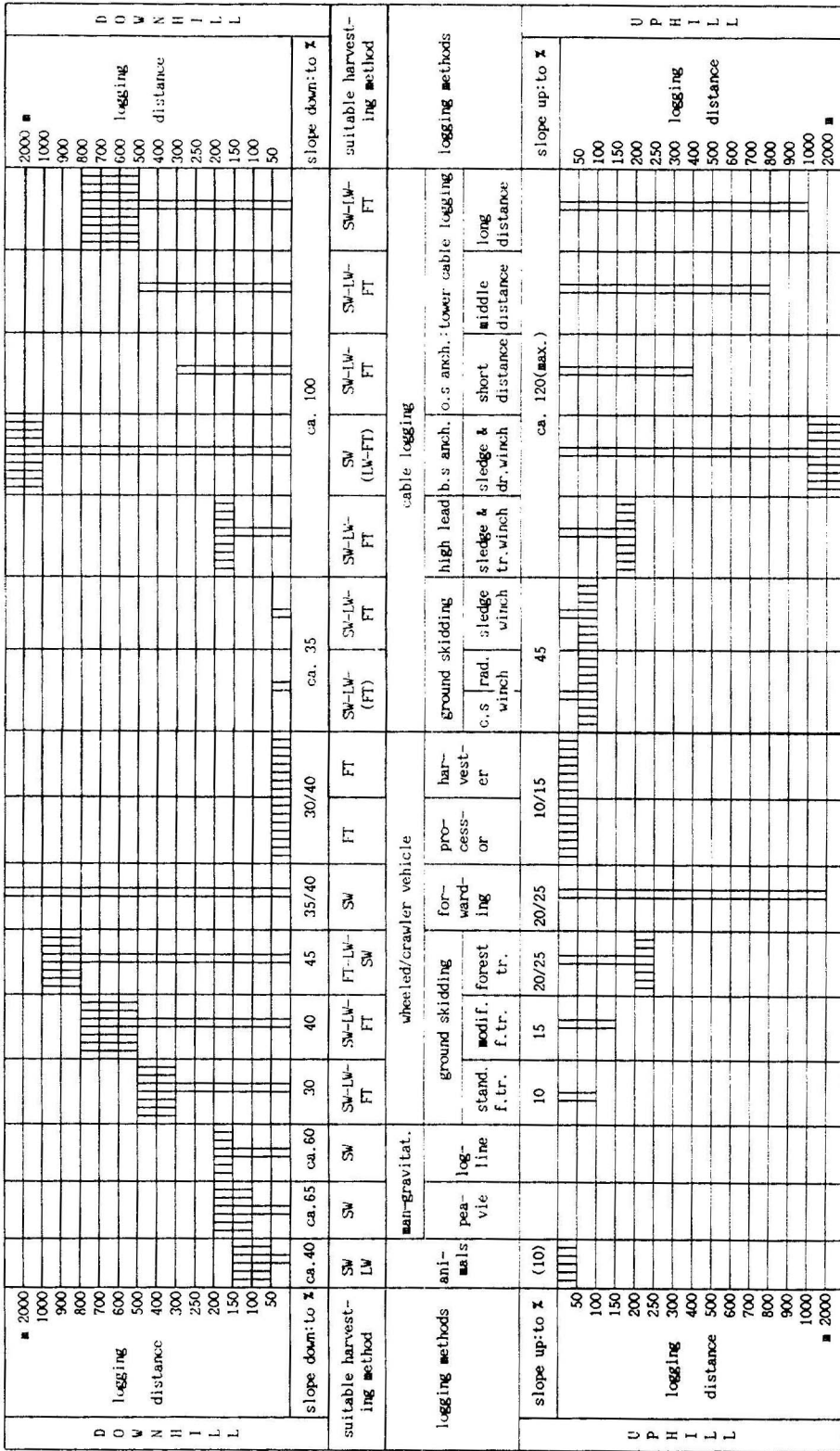


Fig. 2. Work areas (slope & distance) of logging methods with suitable harvesting methods
 Note: It means SW short wood, LW long wood, FT full tree, man-gravitat. man-gravitat., c.s chain saw, rad. radio, f. farm, tr. tractor, dr. driving, o.s anch. one side anchored, and b.s anch. both sides anchored.
 Words or numbers in () mean the cases of "abnormally" or "not frequently".
 Short, middle, and long distance mean logging methods by the machine with these logging distance. The conditional coverage means a logging distance with difficulty.

Table 3. Requirements & example equipments by logging methods

logging systems	logging equipments group	requirements (features)	example equipments
animals	horse, oxen	healthy & powerful	FJORD, NORIKER
man-graft/vitiation	sapine(peavie)/log line	light, strong, /light. for all wood	LEYKAM, domestics
wheeled & crawler	standard farm tractor	mind. motor output 60-75ps, good weight distribution, 4wheel-driving, good terrain passibility, articulated	STEYR 8075, MB-TRAC 900, STEYR 8080, HOLDER A 65 F, IWAFUJI T 30, (T-40G/60, D40AM, LKT81 TURBO) 450B, *tractor-attached winch :
	modified farm tractor	section, high tract	IGLAND, FARMI, KÖNIGWIESER, HOLZKNECHT, MAXWALD,
	forest tractor	power, high drum capacity, driver protect cabine	
	forwarding		BRUNETT MINI 678 F, RMF 6WD
	processor	powerful base vehicle & crane, broad rotator angle, exact length cut	STEYR KP40/60, PIKA 36, VALMET
cable logging	harvester		FMG 7xx, VALMET 9xx, LOKOMO
	chainsaw winch	tract power 500-1500kg, weight 50-450kg, one-man workability, light-	DMSS 3/10, M-KBF, ZOLLERN PW17
	radio winch	controll. good terrain passibility,	NORDFOR, RADIOTIR ALPIN
	sledge winch	good drum capacity, high tract power	ACKJA KMF 422, JINSEONG ACKJA
	trail-lift skidding (high lead)		IGLAND
logging	tower cable crane : short distance c.c	to 300(400)m	WANDERFALKE & WANDERFALKE UNIVERSAL I, URUS I, K 300 & K400, NUK 300A
	middle distance c.c	to 700(800)m	W-UNIVERSAL II, TURMFALKE, URUS II, III, IV & V, K 500, ESK 5000, HSK 6000, HT 600, TIMBERMASTER, KSK 16, H-FALKE
	long distance c.c	over 701(801)m	K 800, URUS IV & V, KSK 20
	sledge winch drive winch	good drum capacity, high tract power	GANTNER MAXWALD

Modified based on ERLACHER 1989, FPP 1990a, HOLZWIESER 1989, SCHLAGKAMERSKY 1986, 林業機械化推進研究會編 1990.

고 이를 원용한 진성원치가 쓰이고 있다. 장거리 타워형 케이블 크레인 중엔 집재거리가 1000m에 이르는 것도 개발되어 있다(URUS V-1000).

6. 考 索

산림수확 계획수립에 있어서는 우선 收穫方法을 채택하고 나서 集材方法을 선정하며 이어서 集材路開設과 伐木方向이 결정된다(HOLZWIESER, 1988). 그러나, 집재장비가 충분히 갖춰져 있지 않은 상태에서는 이와같은 순서는

지켜지지 않는다. 말하자면 준비된 장비에 맞춰 수확방법과 집재방법을 결정하는 오류를 범하고 만다.

그럼에도 불구하고, 수확방법을 선정할 때는 여전히, Table 1이 보여주는 것처럼, 山林立地の인 條件을 충분히 고려하여야 한다. 즉, 토층의 영양상태가 나쁘고 고지대에 위치한 산림일수록 短材收穫法이 적합하고 그 반대조건일 때는 全木收穫法이 요구된다. 이것은 단재수확시에는 벌목현장에서 造材된 통나무의 枝葉이 林地에 즉시 환원되므로써 腐植을 형성하여 임목의 營養源

으로 이용되기 때문이다. 이런 관점에서 본다면, 腐植層이 잘 발달되지 않은 한국의 산림지에서는 거의 대부분 단재수확법이 적용되어야 함을 유추해 볼 수 있다. 집재방법과 관련하여 고찰하면, 또한 단재수확법은 프로세서와 하베스터를 제외한 모든 집재법을 이용할 수 있다(Fig. 2).

집재방법 중 車輛集材法을 제외한 畜力集材, 人力 및 重力集材, 그리고 鋼線集材法은 集材作業으로 負荷되는 山林資源의 毀損을 最小化시키는 집재법이다. 특히 프라스틱 修羅인 log-line과 스카이 라인 집재는 山林毀損을 거의 惹起시키지 않아 自然資源의 保護地域과 山沙汰 危險地域 등에 유용한 집재법이다. 이에 반하여 차량집재법은 산림환경에 극도의 부하를 초래한다. 이것은 집재장비에 의한 土壤踏壓이 임목을 성장시키는 土壤의 生産性を 低下시키고, 과도한 土壤攪亂으로 浸蝕을 이르게 하며 수질을 악화시키는 원인이 된다(BROWN et al. 1988; GARLAND 1991b; ISENSEE, 1986; KRAUSE, 1986; MANN 1991c; OLFE 등, 1986; SOMMER 등 1986).

한편, 차량에 의한 집재방법을 채택할 때에는 山林土壤層의 條件(土壤의 種類, 地被植生, 表層의 乾燥有無 등)과 氣候條件도 잘 고려해야 한다. 이들은 모두 作業機 車輪의 接地能力에 큰 영향을 주기 때문이다. 접지능력은 또한 타이어의 프로파일(profile 혹은 lug)과 지면과의 摩擦抵抗係數 등에 따라 달라진다. 接地能力을 향상시키기 위해서 타이어의 프로파일을 개선하거나 체인을 감으며 타이어의 80%가량을 물로 채우기도 한다. 그러나, 집재기의 最大登板能力 혹은 限界集材傾斜는 집재기 운전기사의 차량 장악능력에 달려 있다고도 할 수 있다. 등판능력을 최대한로 활용하기 위해선 장비에 대한 완전한 숙지와 많은 경험과 고도의 기술이 요구된다.

집재장비가 牽引力으로 극복해야 하는 總抵抗은 荷重(통나무)의 滑動抵抗, 하중의 傾斜抵抗,

집재기의 走行抵抗 및 집재기의 傾斜抵抗 등 4요소로 구성되어 있다. HAFNER(1964), L NZMANN(1968) 등의 연구에 나타난 바와 같이 滑動抵抗係數는 媒質(토양표층)이 濕潤할수록 낮고 乾燥할수록 높으며, 走行抵抗係數는 堅固하고 均一한 媒質일수록 낮으므로 장비선택시 혹은 현장작업시 유의해야 한다. 잘못된 계획은 作業能率을 低下시키고 安全事故를 유발하여 經營不實을 招來한다.

케이블 크레인에 의한 집재법의 선택에 있어서는, 특히 작업기의 集材距離(300-500-800m 등)를 충분히 이용할 수 있도록 地形條件이며 林道間隔 등이 허락되고 있는가를 우선 조사해야 하며, 作業량이 충분한가도 검토해야 한다. 短距離(中距離) 케이블 크레인의 年間稼働率은 700-1300(800-1400)시간, 機械時間當 作業량은 1.5-6(6-12)m³, 한 곳의 收穫地域에서 집재해야 할 最小作業량은 300-500m³, 索道施設 1회 설치시 즉 삭도 1 corridor에서 집재되어야 할 最小작업량은 25m³ 등이 참고해야 될 경제적 下限值이다(FPP, 1986). 實作業량이 적은 경우에 있어서 큰 장비의 사용은 적합하지 못하다. 이것은 특히 裝備設置와 撤去로 인한 막대한 양의 勞動時間을 虛費하는 것과, 설치후 작업량이 모자라서 放置하는 등 不充分한 裝備可動率 등의 비능률적인 면을 생각하면 대형장비야말로 奢侈多量 機械化의 표본이다(PESTAL, 1972). 작고 간단한 기계일수록 더욱 안전하고 경제적이다. 조작성 간편하고 구입비와 관리비가 낮기 때문이다.

結 論

山林收穫體系의 樹立에 根幹이 되는 山林收穫方法 및 集材方法의 選定基準에 관련된 연구들을 조사한 결과 다음과 같은 사실들을 얻을 수 있었다:

1. 단재수확법은 立地環境이 劣惡한 山林에, 전목수확은 良好한 山林에, 그리고 장재수확법은 中間의 條件을 구비한 山林에 적용한다.
2. 집재작업의 범위를 제한하는 地形的인 因子는 傾斜와 集材距離이다.
3. 경사가 급하면 급할수록 차량에 의한 上向集材는 어려운 반면, 케이블 크레인에 의한 집재는 120%까지도 가능하다.

2) GARLAND는 집재작업에 의한 토양의 과도한 流失과 汚染을 막기 위해서는, 集材路가 커버해야 하는 集材面積(集材場을 포함한 면적이며 林道를 포함하고 있지 않음)을 全收穫面積의 15% 以內로 조정해야 한다고 주장하고 있다. 이보다 적은 퍼센테지가 의미하는 것은 집재장비의 통행면적이 줄어들어 결과적으로 산림면적의 훼손이 그 만큼 더 輕減됨을 의미한다.

4. 타워형 케이블 크레인 은 集材距離에 따라서 단거리(300 혹은 400m까지), 중거리(700 혹은 800m까지) 및 장거리(700 혹은 800m 이상)로 구분한다.
5. 地表層의 條件은 차량의 走行性에 영향을 주는데, 堅固하고 均一한 山林土壤은 낮은 走行抵抗係數를 가진다.

引用 文 獻

1. ABEGG, B. 1983. Zur Methode der Walderschliessungsplanung. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen(EAFV). Berichte Nr. 252. 43p.
2. _____. 1988. Wirtschaftliche Erschliessung von Wäldern in Hanglagen. EAFV. Berichte Nr. 308. 176p.
3. BROWN, G.W. ; JEMISON, G.M. 1988. Timber harvest and environmental protection. In : Fest - skrift til IVAR SAMSET. NISK : 333-336.
4. CONWAY, S. 1982. Logging Practices. Miller Freeman Publication, San Francisco. 432p.
5. DIETZ, P., KNIGGE, W., LÖFFLER, H. 1984. Walderschliessung. Paul Parey, Hamburg, Berlin. 426S.
6. EISBACHER, J. 1988. Pferdeinsatz im österreichischen Wald. ÖFZ. 7 : 53-56.
7. ERICKSON, J.R. 1988. Changes in Wood Harvesting and Utilization in the United States. In : Festschrift til IVAR SAMSET. NISK : 251-266.
8. ERLACHER, G. 1989. österreichische Kippmast geräte und Laufwagen. OFZ. 7 : 5-8.
9. FERNSEBNER, N. 1990. Laufwagen für Seilkrananlagen, Diplomarbeit, BOKU. Wien. 169 p.
10. FPP. 1986. Seilgelände-Planung - Holzernte in der Durchforstung. FPP. Wien. 106p.
11. _____. 1990a. Geräte - Holzernte in der Durchforstung. FPP. Wien. 223p.
12. _____. 1990b. Schleppergelände-methodische Arbeit - Holzernte in der Durchforstung. FPP, Wien. 72p.
13. FRIEDEL, M. 1989. Seilbringung in Bayern. In : Workshop-Seilbringung. Universität für

Bodenkultur(BOKU) Wien : 20-26.

14. GARLAND, J.J. 1991a. Operating Characteristics - tics of Ground-Based Logging Systems. In : Oregon Symposium 1991. 24p.
15. _____. 1991b. Designated Skidtrails to Minimize Soil Compaction. In : Oregon Symposium 1991. 3p.
16. GASSER, O. 1982. Projektierung, Montage und Betrieb von Koller Kippmastseilkran. Diplomarbeit. BOKU Wien. 200p.
17. HAFNER, F. 1964. Der Holztransport. Österreichischer Agrarverlag Wien. 445p.
18. HEINIMANN, H.R. 1986. Seilkraneinsatz in den Schweizer Alpen. Diss. ETH, Zürich. 169p.
19. HOLZWIESER, O. 1982. Forstmaschinen - Studienblätter. Univ. für Bodenkultur Wien.
20. _____. 1988. Die Wahl des richtigen Holzerverfahrens. öFZ. 2 : 11-14.
21. _____. 1989. Seilbahn - und Seilkranbau - Studienblätter. Univ. für Bodenkultur Wien.
22. 山林廳, 1984. 林木收穫. 224pp.
23. ISENSEE, E. 1986. Untersuchungen mit verschiedenen Maschinen und Arbeitsverfahren. In : Bodenverdichtungen beim Schlepper - und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verhinderung. KTBL-Schrift 308 : 105-116.
24. 日本林業調査會, 1991. 機械化・路網・生産システム. 265p.
25. 林業機械化推進研究會編. 1990. 機械化のヒ"シ"ョン 177p.
26. KELLOGG, L. 1991. Mechanized harvesting. In : Oregon Symposium 1991. 26p.
27. KRAUSE, R. 1986. Die. Befahrkeit des Bodens. In : Bodenverdichtungen beim Schlepper - und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verhinderung. KTBL-Schrift 308 : 89-104.
28. KUONEN, V. 1983. Wald - u. Güterstrassen. Eigenverlag des Verfassers. Pfaffhausen, Schweiz. 743S.
29. LETOURNEAU, L.R. 1987. Selection of logging systems and machinery. FAO forestry paper 78 : 47-78.
30. LEUSCHNER, W.A. 1990. Forest regulation, harvest scheduling, and planning techniques. John Wiley & Sons. NY. 281p.

31. LÖFFLER, H. 1979. Forsttechnische Gelände – klassifikation. Forsttechnische Informationen, 31(12) : 89-92.
32. MANN, J.J. 1991a. Mechanized Harvesting. In : Oregon Symposium 1991. 31p.
33. _____. 1991b. Performance Factors in Determining Productivity of Tractor Logging Equipment. In : Oregon Symposium 1991. 29p.
34. _____. 1991c. The Use of Designated Skidtrails in Tractor Logging Operations. In : Oregon Symposium 1991. 49p.
35. MAYER, H., OTT, E. 1991. Gebirgswaldbau · Schutzwaldpflege. 2. Auflage. Gustav Fisher, Stuttgart, NY, 587S.
36. OLFE, G. und SCHÖN, H. 1986. Bodenbelastung durch Schlepper – und Maschineneinsatz. In : Bodenverdichtungen beim Schlepper – und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verhinderung. KTBL-Schrift 308 : 35-47.
37. OSWALD, D. 1972. Forsttechnische Gelände – Klassifizierung am Beispiel von Norwegen. AFZ, 22/23 : 456-460.
38. PAMPEL, W. 1987. Technik der Holzernte und Holzaufbereitung. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 328p.
39. PESTAL, E. 1961. Seilbahnen und Seilkrane für Holz und Materialtransport. Verlag Georg Fromme & Co. Wien und München, 611S.
40. _____. 1972. Grundlagen der Mechanisierung im Bauernwald. Praktische Landtechnik, 11-12/13-14 : 1-4.
41. SAMSET, I. 1967. Terrain classification of forest areas in the Greek mountains, Reports of the Norwegian Forest Research Institute, 22(84) : 575-631.
42. _____. 1971. Classification of terrain and operational systems. FAO, Symposium on forest operations in mountainous regions, Paper LOG/SYMP. 5/3.
43. _____. 1975. The accessibility of forest terrain and its influence on forestry conditions in Norway. Reports of the Norwegian Forest Research Institute, 32(1) : 45-94.
44. SCHLAGHAMERSKY, A. 1985. Feinerschließung. Hildesheim Holzminden, Göttingen, 146 p.
45. _____. 1986. Holzrücke Maschinen. Hildesheim Holzminden, Göttingen, 223p.
46. SKAAR, R. 1988. Truck transportation systems and forest road standards. In : Festschrift til IVAR SAMSET. NISK : 383-394.
47. SOMMER, G. und ZACH, M. 1986. Bodenverdichtungen und deren Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag. In : Bodenverdichtungen beim Schlepper – und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verhinderung. KTBL-Schrift 308 : 73-88.
48. STREHLKE, E.G., STERZIK, H.K., STREHLKE, B. 1970. Forstmaschinenkunde, 277p.
49. TRZESNIOWSKI, A. 1979. Maschinengerechte Wälder oder waldgerechte Maschinen OFZ, 90(12) : 356-357.
50. _____. 1987. Holzerntemechanisierung in Österreich. Vortrag, 14p.
51. _____. 1989. Österreichische Seilbringungstechnik. In : Workshop Seilbringung – Ossiach, BOKU, Wien : 50-66.