

# 밤 및 노령벌채목의 운반을 위한 케이블 운재시스템의 개발

마호섭

(경상대학교 농과대학 산림과학부)

## Development of Cable Harvesting System for Transportation of Chestnut and Cutting Tree

Ho-Seop Ma

Faculty of Forest Science, College of Agriculture,  
Gyeongsang National University

### 적 요

밤재배 농가의 근본적인 현장애로 대책 및 노동력 절감을 통한 주민 소득증대와 생산구조개선을 위하여 밤 수확물 및 노령벌채목을 운반하는 케이블 운재시스템의 작업모델과 방법을 개발하여 효율적인 작업조직의 체계화를 도모함과 동시에 경제적이고 작업기술이 복잡하지 않는 케이블 운재시스템을 농가에 보급시키고자 연구한 결과는 다음과 같다.

밤수확에 있어서 작업과정을 작업흐름도에 따라 집재 및 운재사이클의 두 작업조직으로 체계화하였고, 밤나무림 경영에 가족 단위의 노동을 2인으로 기준할 경우 그 수확시기를 약 40일 전후로 한다면 적어도 5-7ha까지는 경영할 수 있을 것으로 나타났다. A 및 B 두 조사지점의 케이블운재와 인력운재에 의한 작업효과는 케이블운재가 약 23-29배 정도 더 높아 노령화된 농촌의 노동력을 감안할 때 매우 활용가치가 높다. 또한, 케이블에 의한 1회 운재 가능한 무게는 30-50kg정도 되므로 알밤 및 노령벌채목 운재작업시 거리가 멀수록 케이블을 이용한 운재작업은 매우 권장할 만하다. 케이블 운재시스템은 잔존 밤나무림에 피해를 주지 않고, 설치지형의 제한이나 토양침식의 위험이 없어 위에서 아래로 운반하는 하향집재 및 삭장이 간단하여 중거리 집재에 아주 적합하다.

따라서, 케이블 운재시스템은 지형이 험준하여 林道가 개설되어 있지 않은 지역을 중심으로 밤나무림내의 지형적 특성, 산지집재장 및 운반거리를 고려하여 케이블을 설치하면 경제적으로 아주 적절하게 이용할 수 있다. 이러한 밤수확을 위한 새로운 기술의 도입은 林業生産性 향상과 산주의 소득증대에 기여하므로서 풍요로운 농산촌을 건설하는데 이바지하게 될 것이다.

### I. 서 론

우리나라의 밤나무 재배역사는 약 2,000여년전 낙랑시대에 중국으로부터 처음 들여와 대동강 주변에 식재하여 그 후 점

차 확대되었고, 고려시대에는 밤나무의 식재를 널리 권장하였다는 기록이 남아 있다. 최근 1970년대 부터 정부의 적극적인 장려에 힘입어 밤나무의 재배면적은 전국 과수 면적의 약 2배가 넘는 구성비를 보유하고 있지만 일반 과일에 비하여 주로 산지재배를 하고 있어 수확량은 ha당 400kg 미만으

로 저조한 실정에 있다. 그동안 재배기술의 개발과 관리의 집약화를 통하여 밤 생산량은 상당히 증가하게 되어 농가의 고소득원으로서 기여하게 되었고, 또한 생산량의 증가로 수출뿐만 아니라 가공기술의 개발로 외화획득에 일조를 할 수 있는 수출상품으로서 전망도 매우 밝아졌다. 특히 1994년도 밤 생산액은 2,212억원에 달해 전체 임산물 생산액 1조 7,154억원의 약 13%를 차지하여 약 10만톤의 사상 최고의 생산량을 기록하므로써 많은 양이 일본을 비롯하여 외국으로 수출되었다. 수출금액으로는 1억불을 초과하여 단일 품목으로는 농림수산물 가운데 최고의 수출액수를 기록하였고, 그중 경남지역은 전국 밤생산의 41.4%를 생산하는 최대 생산지로서 전체 밤생산에 미치는 파급효과가 클 뿐만 아니라 밤생산이 지역경제에 미치는 효과도 매우 크다고 할 수 있다. 농축산물 표준소득에 의하면 밤재배규모별 경영수지 분석에 있어서 다른 과수와는 달리 경사진 산에서 재배되고 있는 생산입지여건을 감안하더라도 밤재배의 수익성도 좋고, 단위면적당의 노동투입량이 다른 과수작목에 비하여 월등히 낮기 때문에 노동력의 부족에 대처하는 차원에서 바람직한 작목이라 하였다.<sup>2,3)</sup>

밤나무림의 소득증대를 위해서는 임도의 설치, 시비 기준의 수립, 적정규모의 재배면적, 관리의 규격화 및 입지조건 등의 개선을 통하여省力化방안을 강구하여야 할 것이다. 우리나라 林業의 山林生産作業中에서 集材作業의 기계화는 아직까지 초보적인 수준에 불과하며 林業機械化와 山林作業에 대한 연구도 미흡하다.<sup>5)</sup>

일반적으로 기계화작업은 인간의 노력을 절감시키고, 작업의 효율을 높이며, 인력작업시 발생하는 기술적 어려움과 위험을 감소시킴으로서 작업결과의 질을 높여 주게 됨을 강조하고있으며, 특히 林業機械化는 토지생산성과 노동생산성의 향상은 물론, 작업자에 대한 안정성 향상 및 부담감의 감소 등의 장점을 가지게 되는데, 이러한 장점의 극대화를 위해서는 필수적으로 作業研究가 수행되어야 한다고 하였다.<sup>11, 13, 14, 15, 16)</sup>

노<sup>4)</sup>는 농산촌의 현실은 급속한 산업화와 도시화로 농촌인구의 도시유출 현상이 일어나 임업노동력의 부족을 더욱 심화시키고 있으며, 이러한 임업노동력의 부족현상의 해결과 임업경영의 합리화를 위해 임업분야의 각종 작업에 기계화의 필요성을 강조하였다. 김<sup>3)</sup>은 경남지역의 밤재배실태 및 전망에 있어서 경영상 애로사항은 노동력부족과 가격하락을 들었

으며, 또한 기술상의 애로사항으로 병충해 방제와 수확상의 어려움이라 하였다. 그리고 이들의 개선방향으로서 기술개발을 통하여 노동생산성 향상과 가족노동만으로는 경영규모를 모색함으로써 노동력의 부족현상을 타개하여야 한다고 하였다. 우리나라 산지의 대부분이 지형이 험준하고 경영계획에서 기계화작업을 고려하지 않았기 때문에 既成林分에서 기계화를 시도하는 것은 많은 어려움이 있을 수 있으나 대부분의 밤나무림은 산주의 계획하에 植材를 하므로 완경사지 및 급경사지의 밤나무림 관리 및 수확작업에 각종 기계를 투입하여 작업의 효율성을 높일 수 있을 뿐만 아니라 지형에 따른 작업조건을 고려하여 林地의 손상을 최소화하고 밤생산 작업시 밤나무림내 분산된 여러곳에 떨어진 알밤을 주위 林道邊 또는 作業路邊의 土場(산림내 임시집재장)으로 집재하여 架線을 이용하는 케이블운재는 밤나무의 성장에 피해를 주지 않고 수확작업을 할 수 있는 아주 유리한 運材作業 方法이라 할 수 있다. 또한 상품가치가 높은 밤생산과 아울러 단위면적당 생산량의 증가, 노동력 절감을 통한 주민소득증대를 위하여 밤나무 재배의 근본적인 현상으로 대책을 수립하기 위한 기술도 개발하여야 한다. 이러한 점에서 밤재배 농가의 경영실태에 따른 생산구조개선을 위하여 밤수확의 작업시스템을 개발하는 것은 매우 의의가 크다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 밤재배 농가의 근본적인 현상으로 대책 및 노동력 절감을 통한 주민 소득증대와 생산구조개선을 위하여 밤 수확물 및 노령별체목을 운반하는 케이블 운재시스템의 작업모델과 방법을 개발하여 효율적인 작업조직의 체계화를 도모함과 동시에 경제적이고 작업기술이 복잡하지 않는 케이블 運材시스템을 농가에 보급시키고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

본 연구를 위한 조사지역은 경남 진주시 집현면 정평리에 위치한 곳으로 밤나무림의 총면적은 3 ha로서 주 재배품종은 추파로 이루어져 있다. 조성된 밤나무림내의 입지조건을 고려하여 A, B 두곳의 林內集材場(산지집재장)에 케이블을 설치한 후 상하좌우 4방향상에 각각 12개의 방형구(10m x 20m = 200㎡)를 설치하여 총 24개(200㎡ x 24 = 4800㎡)의 각 방형구에 대하여 밤나무의 본수 및 지황조사를 실시하였

표 1. 조사지역의 개황

구 분	방형구No.	수령(년)	본 수(본)	사면방향	사면경사(°)	품 종
A site	1	6-8	8	N20 W	39	추 파
	2	6-8	9	S20 W	32	
	3	6-8	9	S60 E	35	
	4	6-8	9	N59 E	41	
	5	6-8	9	N20 W	45	
	6	10	8	S20 W	32	
	7	6-8	9	S60 E	27	
	8	6-8	5	N59 E	42	
	9	6-8	7	N20 W	46	
	10	6-8	8	S20 W	40	
	11	6-8	7	S60 E	28	
	12	6-8	8	N59 E	44	
B site	13	10	9	N20 W	42	추 파
	14	11-15	5	S20 W	42	
	15	11-15	4	S60 E	42	
	16	11-15	6	N59 E	38	
	17	11-15	6	N20 W	40	
	18	11-15	8	S20 W	42	
	19	11-15	9	S60 E	42	
	20	11-15	9	N59 E	46	
	21	11-15	7	N20 W	43	
	22	11-15	8	S20 W	42	
	23	11-15	8	S60 E	41	
	24	11-15	9	N59 E	39	

다. A조사구의 수령은 비교적 6-8년생이며, B조사구는 11-15년생으로서 생산량이 많은 최대수확의 시기에 있고, 사면 방위는 북서, 북동 및 남동, 남서사면으로서 경사는 28° 이상의 급경사 지역이다. 조사대상지역 방형구내의 개황을 보면 표 1과 같다.

## 2. 연구내용

### 가. 작업장비 및 도구

본 연구지역은 급경사지로 林道의 개설이 곤란한 밤나무 단지로서 생산물(알밤)의 반출에 응용이 가능한 케이블 운재 시스템 기술을 중심으로 밤생산에 적합하고 보급이 가능한 것으로 제한을 하였다. 케이블 운재시스템 作業의 방법은 중력을 이용한 鋼線運材作業으로서 이용되어진 장비 및 도구는 다음과 같다(Plate I 참조).

① 主鋼線(φ6mm) : A, B 케이블 운재作業의 主索道線으로서 單線이다.

② 나무원치 : 산지집재장에서 주집재장으로 이어지는 주삭도선의 장력조절을 위하여 버팀목 앞부분에 "X" 모양으로 원목을 설치한 것이다(Photo 3).

③ 클립(Clips) 및 본줄침쇠(Heel line) : 주집재장과 소집재장에서 주삭도선을 버팀목에 고정시킬 때 사용되며 일반 시중에서 구입하여 이용하였다(Photo 3).

④ 도르레고리(초커) : 산지집재장에서 주집재장으로 밤포대를 이동시킬 때 밤포대를 묶은 노끈과 주삭도선을 연결하여 주집재장으로 이동시켜 주는 도구로서 특별히 고안하여 제작 하였다(Photo 4).

⑤ 페타이어 : 산지집재장에서 주집재장으로 운반될 때 충격으로 인한 포대 속 알밤의 손상을 방지하기 위하여 주집재장 주위에 배치한다.

그외 밤나무에서 떨어진 밤송이 속의 알밤을 줍기위해 특별히 만들어져 판매되고 있는 두꺼운 고무장갑과 주운 밤을 산지집재장으로 이동한 후 포대에 담아 주집재장으로 운반할 때 사용하는 포대, 방형구에서 휴대하여 밤을 담을 수 있는

플라스틱제품의 바구니 및 초커에 연결하여 케이블에 걸수 있도록 밤포대를 묶는데 이용되는 노끈이 필요하다.

나. 케이블 運材시스템의 설치 및 작업

(1) 케이블 운재시스템의 設置

본 연구를 수행하기 위한 鋼纜運材 시스템의 架線設置作業의 순서는 아래와 같이 진행되었다.

가) 준비작업

- ① 步道の 설치
- ② 運材路綫의 설정
- ③ 架線의 點檢(특히 Wire rope의 상태를 점검)

나) 集材場의 설치

- ① 主集材場內의 앞기둥 선정
- ② 生林木의 경우 줄감기(添木) 附設
- ③ 산지집재장내의 버팀목 설치
- ④ 도르레 및 초커의 점검

다) 앞기둥쪽의 고정 지주목 선정

- ① 添木의 설치
- ② 버팀줄(Guy line)의 설치
- ③ 張力조정용 나무원치 설치

라) 뒷기둥쪽의 Skyline의 설치

- ① Skyline의 임시고정
- ② 지주목(Anker)에 Skyline 고정

마) Skyline 장력주기

- ① Skyline 장력주기
- ② Skyline 장력측정

바) 본줄철쇠(Heel line)를 Skyline의 앞기둥쪽의 앵커에 고정

사) Skyline의 검정

아) 점검 및 조정

설치가 완료되고나면 運材作業을 하기 전에 앞기둥과 뒷기둥의 철쇠에 와이어 로프가 잘 묶였는지 또는 架線의 장력여부를 확인하며, 이상이 발견되었을 경우 이를 다시 조정한다.

(2) 짐걸기(Chocking) 및 짐내리기作業

각 방형구에서 수확되어진 밤을 담은 바구니가 밤나무 밑내 산지집재장에 운반되면 이를 케이블을 통하여 운반에 용이하도록 밤포대에 다시 담는다. 이때 밤포대의 무게는 대개 30-40kg이 되도록 하여 케이블에 의해서 주집재장까지 안전하게 운반할 수 있도록 노끈으로 묶는 작업을 수행한다. 밤포대

에 담고 묶는 작업이 완료된 후 짐걸기의 경우 밤포대의 중간 부분에 초커를 달수 있도록 노끈을 조절하고, 運材中 노끈이 풀리거나 꼬이지 않도록 한다. 그리고 케이블과 밤포대를 연결해 주는 도르레의 상태를 검토한 후 도르레에 달려있는 후커에 밤포대를 걸어 運材를 하기 위한 준비작업을 실시한다. 또한 작업원은 항상 중량을 目測하는 연습을 하여 目測能力을 향상시켜 케이블의 使用荷重을 초과하지 않도록 주의한다.

짐내리기의 경우 케이블을 통하여 주집재장에 도달한 밤포대가 자동적으로 케이블을 이탈할 수 있도록 주집재장내의 케이블의 일부에 고무밴드를 부착한다. 또한 밤의 손상을 방지하기 위하여 주집재장 주위에 페타이어와 밤포대의 낙하지점 근처에 거적을 깔아둔다.

이와같이 運材作業을 실시할 때 작업원이 주의해야 할 주의사항은 다음과 같다.

- ① 케이블의 상태를 점검한다.
- ② 산지集材場內에서 장력상태를 점검한다.
- ③ 主集材場內의 주변정리와 케이블을 고정시킨 클립 및 철쇠의 상태를 점검한다.
- ④ 산지집재장에서 主集材場으로 이동된 후 밤포대의 노끈 및 포대상태를 점검한다.
- ⑤ 運材作業이 있을 때는 개시 전 및 후에 케이블 상태를 점검한다.

(3) 밤수확作業 및 實績調査

본 연구의 밤수확작업에 투입되어진 작업원은 총 8인으로 서 연구보조원 4인과 산주 및 마을주민 4인으로 구성하였다. 특히 케이블(索道)을 이용한 운재작업은 특별히 고안하여 만든 도르레를 이용하여 중력에 의한 運材作業이 진행되므로 각 작업요소에 투입되는 노동의 질과 형태를 주의 깊게 관찰할 필요가 있다. 일반적으로 時間調査는 豫備調査, 本調査, 附帶調査의 3단계로 나누어 순차적으로 실시하게 된다. 먼저 작업자 선정에 있어서 미숙련자는 작업이 서툴고 불안정하여 例外動作이 발생하기 쉬워 관측이 곤란하므로 경험이 많은 우수한 작업자를 선정하는 것이 좋으나 표준작업공정을 도출하고 기계화에 의한 작업능률 향상을 위한 목적이므로 작업자를 무작위로 선정하였다. 관측에 들어가기전 우선, 모든 작업자들은 작업순서 및 방법 등에 대한 설명을 잘 듣고 작업진행과정을 2-3회 관찰한 다음 수확작업방법과 행동에 대하여 豫行演習을 실시한 후 要素作業으로 분할하여 시간관측을 실

시하였다. 여기서 각 요소작업에 소요되는 시간은 규칙적 및 주기적으로 반복되는 작업시간을 말한다. 또한, 실작업시간은 순작업시간에 일반작업시간을 합친 총작업시간이며, 일반작업시간은 준비시간과 여유시간을 포함하고 있지만 여기서는 運材作業을 위한 케이블의 설치에 소요되는 作業時間과 餘裕時間의 생리적인 여유시간을 배제하여 純作業時間만을 측정하였다. 작업시간의 측정은 각 요소작업의 소요시간을 초시계 (Stop watch)를 사용해서 연속시간 관측법 (Continuous reading time)을 적용하였다.

作業時間 및 作業實績 調査의 결과는 총체적 및 평균적인 견지에서 集運材作業의 전체적인 공정내역 등을 이해하므로서 향후 국내에서 이루어지는 架線을 이용한 밤수확작업의 표준화 단순화 전문화의 기초자료로서 활용하고자 한다.

본 연구에서 산지내 밤 수확작업시 측정되어진 要素作業 (Elemental operation) 및 單位作業 (Fundamental operation)별 시간구성 내역은 실동시간 (Productive hour)에 대한 각 요소작업시간의 백분율로서 나타낸다. 즉,

$$\text{Elemental time percentage (\%)} = \text{Elemental time} / \text{Productive hour} \times 100$$

이와같이 요소작업을 분석하기 위하여 먼저 2, 3회 정도 작업이 반복되는 과정을 관측하고 작업순서와 동작 등을 대체적으로 파악한 다음, 작업의 성질과 시간적 길이 등을 고려하여 다음과 같은 내용들을 요소작업으로 선정하였다.

- ① 준비시간 : 도로변(임도)의 주집재장에서 산지집재장까지 이동하여 밤수확작업을 위한 준비에 소요되는 시간을 말한다(예, 밤포대준비, 장갑착용 등 신체의 안전을 위하여 소지 또는 착용하는 것).
- ② 이동시간 : 두 산지집재장(A, B)에서 각각의 방형구로 이동하는데 소요되는 시간을 말한다.
- ③ 알밤줍기 : 두 지역의 각 방형구내에 떨어져 있는 밤을 바구니에 일정량 만큼 수확하는데소요되는 시간을 말한다.
- ④ 산지 집재 : 각 방형구에서 수확한 밤을 담은 바구니를 A, B의 두 산지집재장까지 휴대하여 운반하는데 소요되어진 시간을 말한다.
- ⑤ 운반거리 : 두 산지집재장에서 각 방형구내의 중앙지점까지의 거리를 말한다.
- ⑥ 경험유무 : 산지내 수확작업시 작업원들의 경험유무를 말한다.
- ⑦ 밤포대담기 : 각 방형구에서 산지집재장으로 운반되어

진 바구니들을 주집재장으로 운재하기 위하여 밤포대에 담는데 소요되어진 시간을 말한다.

⑧ 노끈묶기 : 밤포대담기가 끝난 후 주집재장으로 운재하기 위하여 밤포대를 노끈으로 묶는데 소요되어진 시간을 말한다.

⑨ 후커달기 : 밤포대를 노끈으로 묶은 후 후커가 달린 도르레와 케이블을 연결하는데 소요되어진 시간을 말한다.

⑩ 인력운재 : 케이블에 의한 운반무게와 똑같은 밤포대를 만들어 A, B 두지역의 산지집재장에서 사람이 지게짐을 저서 1회에 걸쳐 주집재장까지 운반되는데 소요되어진 시간을 말한다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

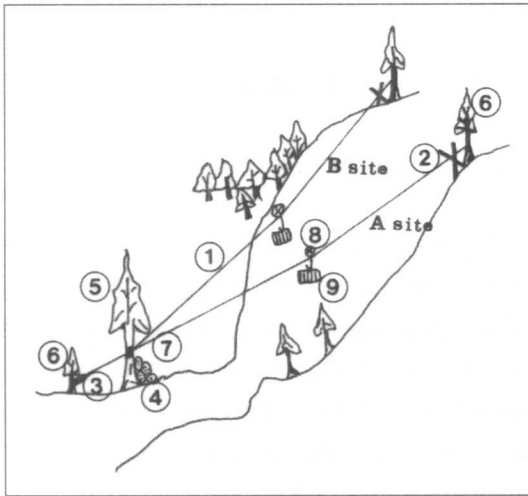
#### 1. 케이블 運材시스템의 索張方式

본 연구대상지역의 밤나무 재배면적은 3 ha로서 주집재장에서 산림내의 산지집재장까지 A지점 및 B지점으로 구분하여 각각 71m와 92m의 케이블을 설치하였다. 특히, 지형도 및 항공사진에 의한 지형적인 조건을 파악한 후 현지측량을 실시하여 작업로, 운재로 및 가선의 위치를 설계하였다. 또한 상부의 산지집재장, 하부의 최종집재장 및 앞기둥과 뒷기둥 지주의 위치와 높이를 기준으로 우선 적당한 가선의 길이를 가정한다. 다음에 무부하때 가선의 선형곡선, 하중계적곡선 및 필요한 지점에 있어서 보정치 등을 계산하여 설계도를 작성하고, 이 설계서를 검토한 후 설계된 가선의 위치상에 수확시기를 고려하여 적절한 케이블 운재시스템을 시설하였으며, 본 연구지역의 重力에 의한 케이블 運材의 작업시스템 모형도는 (그림 1)과 같다.

이 방식은 架線의 설치가 단순하고 쉬워 경사에 관계없이 사용할 수 있으며 주로 급경사 지역에서 위에서 아래로 운반하는 하향집재 및 중거리 집재에 유리하다. 또한 밤나무림내 작업로의 노폭은 50-70cm정도로 하였으며, 그 효과는 알밤과 밤송이의 흘러내림 방지, 병해충방지 및 시비작업, 임내의 밤수확물 운반효과, 가뭄시 물을 확보할 수 있는 수로의 기능과 수분공급을 위한 이동의 편리함 등 많은 효과가 있었다.

밤수확을 위한 케이블 運材시스템은 설치비용이 적고 재료의 감가상각비도 적어 매우 유용하게 적용할 수 있으며, 특수한 기술이 없어도 설치할 수 있고, 사용 수명도 길므로 관리

비용이 적어 경제적으로 이용할 수 있다. 잔존 밤나무에 피해를 주지않고, 설치지형의 제한이나 토양침식의 위험이 없어 임도가 개설되지 않는 중 급경사지에서 그 활용 가능성이 매우 높다. 특히 케이블 운材시스템은 지형조건, 경영규모 및 자연환경에 어울리는 최적 운材시스템이므로 밤나무 재배단지에 유용하게 이용할 수 있다. 이와같이 밤수확을 위한 새로운 케이블 운재기술의 도입은 林業生産性 향상과 山主의 소득증대에 기여하므로서 풍요로운 농산촌을 건설하는데 이바지하게 될 것으로 생각된다.



주 ① 主鋼線 ② 나무원치(장력계) ③ 클립(Clips) ④ 페타이어  
⑤ 앞기둥 ⑥ 버팀목 ⑦ 고무밴드 ⑧ 도르레 ⑨ 밤포대

그림 1. 케이블 운材作業의 설치 및 작업모형도

## 2. 밤 收穫作業 및 作業要因別 相關性

### 가. 밤 수확작업 흐름도 分析

우리나라의 밤수확은 조생종, 중생종 및 만생종으로 나누어 수확하고 있는데 그 수확시기는 조생종이 매년 9월 상순

에서 9월 하순, 중생종이 9월 상순에서 10월 상순, 만생종이 10월 상순에서 중순까지 수확할 수 있다. 이와같이 약 40일 동안에 밤 수확작업이 이루어지므로 이때 그 수확시기를 놓치면 밤의 질과 병해충 및 동물의 피해로 밤생산량이 현저히 떨어지므로 이 시기에 집중적으로 많은 노동력이 요구된다.

본 연구에서는 밤나무림내 작업원별 밤수확량에 대한 작업 시간 분석을 위하여 밤수확 후 다시 떨어져 있는 밤을 확보하기 위하여 2-3일 간격으로 각 방형구내의 밤 수확작업을 4회 반복하여 작업시간을 측정하였으며, 대상지역의 밤나무림내 두군데 산지집재장에서 각 방형구(10m x 20m)까지 이동하여 알밤 줍기작업을 실시한 후 바구니를 휴대하여 다시 산지 집재장까지 이동한 과정의 시간을 측정하였다. 또한 각 작업원의 경험유무(숙련도), 성별, 운반거리, 지형조건 및 수확작업 요인들과 수확량과의 관계를 분석하고자 저울을 이용하여 각 방형구내의 밤 수확량의 무게를 測定하였다.

이와같이 밤 수확작업에 있어서 작업과정은 【주집재장 → 임내 산지집재장으로 이동 → 준비시간 → 각 방형구로 이동 시간 → 알밤줍기 → 산지집재(바구니이동) → 밤포대 담기 → 후커달기 → 케이블운材】의 순서에 따라 작업을 실시하였다. 이와 같은 작업의 흐름도에 따라 작업동작을 분석한 결과 주기적으로 일어나는 동작은 두단계로 나누어 졌으며, 이 운반과정을 "집재 cycle"과 "운재 cycle"이라 하였으며, 그 작업 요소별 수행된 작업의 흐름도는 그림 2와 같다.

### 나. 밤 수확작업 요인별 관계분석

각 방형구내 작업원의 동작이 시작되는 점과 끝나는 점을 포착하여 각 요인별 수확작업 時間을 4회에 걸쳐 반복적으로 실시한 결과는 표 2와 같다. 표 2는 집재 cycle에 대한 작업 과정으로서 전체 수확작업공정에 대한 작업요인별 소요시간의 비율을 분석한 결과, 알밤줍기에 소요되어진 시간이 93.72%로서 다른요인에 비하여 압도적으로 높은 비율을 차

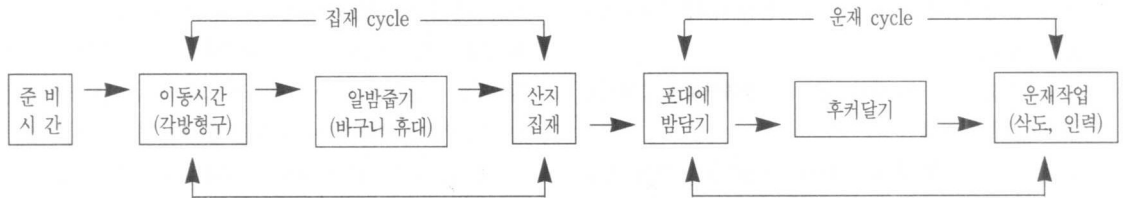


그림 2. 밤 수확작업의 흐름도

표 2. 밤 수확작업 요인별 소요시간

구 분	준비시간 (sec)	이동시간 (sec)	알밤줍기 (sec)	산지내집재 (sec)	전체작업 시간(sec)	무 게 (kg)	경 험 유 무	성 별	운반거리 (m)
작업시간	48	7	1805	30	1890	6.10	유	남	15
	45	5	1640	18	1708	6.80	유	남	15
	50	22	2062	35	2169	13.70	유	여	15
	60	13	2365	25	2463	9.50	유	여	15
	62	9	1690	43	1804	4.00	무	남	15
	61	31	1777	31	1900	4.50	무	남	15
	61	10	1085	12	1168	3.30	무	여	15
	64	12	1445	32	1553	2.50	무	여	15
	30	17	2020	45	2112	4.80	유	남	35
	45	16	1820	45	1926	7.20	유	남	35
	68	60	1480	60	1668	4.80	유	여	35
	58	22	1944	23	2047	4.50	유	여	35
	55	25	2022	58	2160	5.20	무	남	35
	55	12	2780	45	2892	4.90	무	남	35
	58	28	1979	62	2127	4.45	무	여	35
	60	30	1990	60	2140	4.70	무	여	35
	50	46	2157	65	2318	6.30	유	남	55
	65	52	2122	79	2318	5.20	유	남	55
	65	55	2442	63	2625	5.40	유	여	55
	70	60	2297	82	2509	5.32	유	여	55
61	32	1790	60	1943	1.50	무	남	55	
67	48	2088	72	2275	5.46	무	남	55	
62	28	2771	95	2956	6.00	무	여	55	
62	41	3320	72	3495	4.50	무	여	55	
소계	1,382.00	681.00	48,891.00	1,212.00	52,166.00	130.63			
비율(%)	2.65	1.31	93.72	2.32	100.00				

지하고 있음을 알 수 있다. 이와같은 결과는 현재 밤 수확작업시 알밤줍기는 순수한 人力에 의해서 이루어 지며, 또한 밤나무림의 지형적 특성과 밤의 생태적 특성으로 인하여 인력작업이 불가피함에 따라 나타나는 현상이라 판단되므로 앞으로 밤나무림의 지형적 특성 및 노동력 절감을 위한 밤수집기계의 개발이 절실히 요청됨을 알 수 있다.

또한, 그림 3 및 4에서 보면 작업원의 경험유무에 따른 전

체작업에 대한 소요시간을 평균한 값을 보면 각각 2146.08초, 2201.08초로 나타났고, 남녀간에는 각각 2103.83초, 2243.33초로 나타나 두 요인 모두 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 밤 收穫作業은 고도의 熟練을 요구하는 작업이 아님을 알 수 있으며, 단기간에 걸친 수확은 누구나 쉽게 작업에 임할 수 있으므로 가족단위의 자급노동력으로 밤나무림의 경영이 가능함을 보여 주고있다. 그러나 작업 경험의 유무와

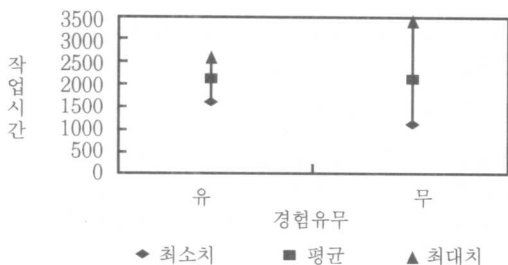


그림 3. 경험유무에 의한 작업시간

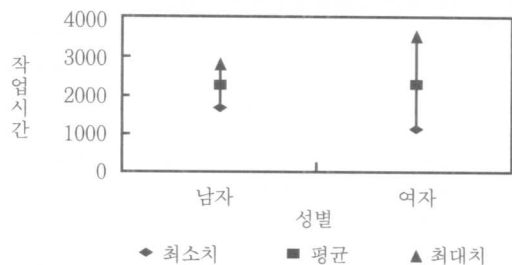


그림 4. 성별에 의한 작업시간

남녀간의 작업의 변화폭은 비교적 크게 나타나 장기간 작업을 수행한다면 경험자 및 남자는 작업효과 측면에서 다소 유리할 것으로 판단되었다.

또한, 밤 수확작업시 林内の 각 방형구에서 소집재장까지 운반距離別 작업시간을 분석한 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서 보면 단거리인 15m 및 35m인 경우 평균소요 시간은

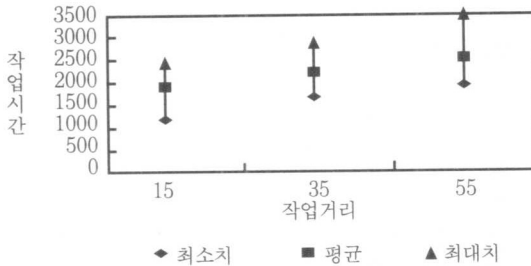


그림 5. 운반거리별 작업시간

각각 1831.88초 및 2134.00초로서 큰차이가 없음을 알 수 있으나, 장거리인 55m의 경우에는 2554.88초가 소요되어 앞의 두 운반거리별 소요시간과 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

특히, 집재 cycle에 있어서 밤 수확작업에 소요되는 총시간은 52,166초인데, 시간단위로 바꾸어 보면 14.5시간이 된다. 이것은 조사된 24개의 방형구의 면적(24 x 200m<sup>2</sup> = 4800m<sup>2</sup>)에서 소요된 시간이므로 전체 조사지역 3 ha에서는 약 90.6 시간이 소요됨을 의미한다. 일반적으로 하루에 8시간/1인 작업을 한다고 하면 밤수확 작업에만 총 11.3 일이 집중적으로 요구됨을 알 수 있다. 이는 밤나무 경영에 있어 가족노동을 2인으로 기준할 경우, 재배 품종을 조생종에서 만생종까지 고르게 분포시켜 수확시기를 약 40일 전후로 한다면 적어도 5-7 ha까지는 충분히 경영할 수 있는 범위라고 판단된다. 본 조사지역 3 ha 밤나무림의 경우 경영적입장에서 보면 kg당 가격의 추이에 따라 변동은 있을 수 있으나 2인

표 3. 각종 작업인들의 단계별 회귀분석

Variable	Regression coefficient	Partial R2	Model R2	F	Significance
Constant	55.5284				
알밤줍기	0.9733	0.9662	0.9662	629.8310	0.0001
이동시간	3.3057	0.0098	0.9760	8.5861	0.0080
무경험자	75.5490	0.0059	0.9819	6.5411	0.0188
Multi-R	0.9819				

가족노동으로 연간 순수익이 1,000만원 정도 되는 것으로 나타나 기타 과수작목에 비하여 소득이 비교적 높다. 이와같이 밤나무가 농가소득에 일조를 하므로서 최근 휴경지를 중심으로 재배농가가 많이 늘어나고 있는 추세에 있다.

또한, 밤 수확작업시 총 작업시간과 각종 작업인들의 소요시간과의 관계를 구명하기 위하여 stepwise 방법을 이용하여 단계별 회귀분석을 실시한 결과는 표 3과 같다.

표 3과 같이 총작업시간에 영향을 미치는 인자는 알밤줍기, 이동시간, 무경험자로 나타났으며, 이때 결정계수 R<sup>2</sup> = 0.9819이었고, 회귀방정식으로 나타내면 아래와 같다.

총작업시간 = 55.5284 + 0.9733(알밤줍기) + 3.3057(이동시간) + 75.5490(무경험자)로 도출되었다.

이와같이 밤 수확작업중 알밤줍기 공정에 거의 많은 시간을 소비하므로 알밤줍는 기계의 개발과 5 ha이상의 대면적의 밤나무림에는 지형적 특성과 산지집재장의 위치 및 운반거리를 고려하여 3-5개의 케이블(索道)을 설치하면, 운반작업시간의 절감효과가 매우 높을 것으로 기대된다. 이러한 밤수확을 위한 새로운 기술의 도입은 林業生産性 향상과 山主의 소득증대에 기여하므로서 풍요로운 농산촌을 건설하는데 이바지하게 될 것이다.

### 3. 케이블 運材作業의 분석

본 연구지역에는 2개의 케이블을 설치하였는데 케이블의 길이는 각각 71m, 92m이다. 케이블 운재작업의 요인분석은 케이블 설치지점에 옮겨진 바구니 속의 밤을 다시 밤포대에 담고 이를 초커와 삭도에 연결될 수 있도록 포대를 노끈으로 묶은 후 케이블(삭도)을 이용하여 밤수확물을 下向運材하는 작업이다. 이것은 산지집재장에서 주집재장까지 밤수확물을 운반하는 운재 cycle의 작업과정으로서 연속적으로 이 작업이 반복된다. 또한 인력에 의한 비교를 위하여 이들 케이블을



표 4. 케이블 運材作業 요인별 시간

단위(sec)

구 분	밤포대 담기	노끈묶기	후커달기 (지게실기)	케이블 (삭도)운재	인력운재	중 량 (kg)	전체작업시간 삭도(인력)
A site	55	37	8	7.3	187	28.4	107.3(287.0)
	74	40	11	7.4	171	33.4	132.4(296.0)
	92	33	12	7.2	165	34.1	144.2(302.0)
	70	32	7	8.0	170	28.2	117.0(279.0)
	65	35	6	8.2	203	30.5	114.2(309.0)
소계	356	177	44	38.1	896		615.1(1,473.0)
비율(%)	57.9(24.2)	28.8(12.0)	7.2(3.1)	6.2	(60.8)		100.0(100.0)
B site	85	44	15	7.8	184	32.2	151.8(328.0)
	69	31	9	7.5	245	31.6	116.5(354.0)
	86	38	10	8.3	202	28.5	142.3(336.0)
	81	41	5	8.0	246	27.8	135.0(373.0)
	48	45	7	7.2	235	20.7	107.2(335.0)
소계	369	199	46	38.8	1,112		652.8(1,726.0)
비율(%)	56.5(21.4)	30.5(11.5)	7.0(2.7)	5.9	(64.4)		100.0(100.0)

\* ( )안의 숫자는 총 인력운재 시간에 대한 백분율

통하여 運材되어진 밤수확물의 중량과 동일한 양을 지게를 이용하여 산지집재장에서 주집재장까지 運材作業을 실시하여 얻은 요인별 작업시간을 측정된 결과는 표 4와 같다.

표 4를 보면, A 조사지역의 경우 케이블에 의한 運材作業時 소요되어진 전체작업시간에 대한 각 요인별 비율은 밤포대담기(57.9%), 노끈묶기(28.8%), 후커달기(7.2%), 케이블運材(6.2%)의 순으로 소요되었으며, 지게로 인력에 의한 運材작업을 실시할 경우 산지집재장에 임시로 모아 밤포대담기(24.2%), 노끈묶기(12.0%) 및 지게실기(3.1%)까지는 똑같은 조건에서 작업이 이루어 지지만 그 이후는 각 산지집재장에서 주집재장까지 지게로 옮겨지게 된다. 이때 작업의 조

건을 같게하기 위하여 케이블이 설치된 장소에서 주집재장까지 옮겨진 작업시간을 측정하여 이것을 인력에 의한 작업소요 시간으로 하였다. 이와같이 A조사지의 케이블(索道)運材에 의한 총작업시간은 38.1초 였고, 인력운재에 의한 총작업시간은 896초로서 케이블운재에 의한 작업효과가 약 23배 정도 더 높은 것으로 나타났다.

B 조사지의 경우 케이블에 의한 運材作業時 소요되어진 전체작업시간에 대한 각 요인별 비율은 밤포대담기(56.5%), 노끈묶기(30.5%), 후커달기(7.0%), 케이블運材(5.9%)의 순으로 소요되었음을 알 수 있고, 케이블運材에 의한 총작업시간은 38.8초 였으며, 인력운재에 의한 총작업시간은 1,112

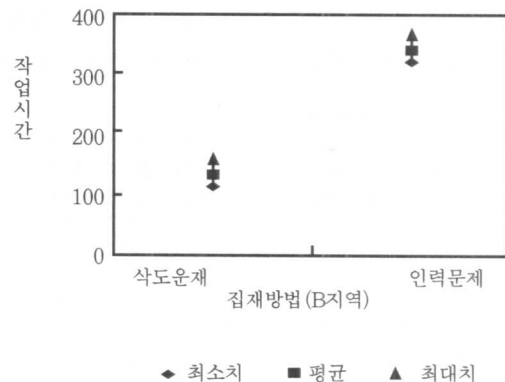
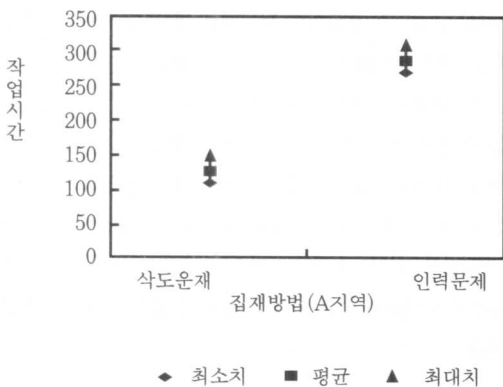


그림 6. 인력 및 케이블 運材작업의 비교

초로서 케이블운재에 의한 작업효과가 약 29배 정도 더 높은 것으로 평가되었다. 두 산지집재장에서 케이블(索道)과 人力運材의 효과를 비교한 결과 차이가 있음을 알 수 있는데 이는 산지집재장에서 주집재장까지의 거리가 멀면 멀수록 케이블을 이용한 운재작업의 효과가 높아 농산촌 주민의 소득증대에 기계화작업이 반드시 필요함을 보여주고 있다.

또한, A 및 B조사지점의 케이블 운재작업 전공정에 있어서 인력과 케이블 운재작업에 소요된 총 시간을 비교분석한 결과는 그림 6과 같다.

그림 6에서 A 지점의 집재방법별 작업시간을 비교하여 보면 케이블에 의한 運材作業은 평균 123.02초로서 인력에 의한 運材作業의 294.6초에 비하여 작업효율이 월등히 높음을 알 수 있다. B 지점의 평균작업시간은 각각 130.6초와 345.2초로 작업거리가 길수록 더 많은 차이가 발생함을 알 수 있다. 또한 두 지점의 같은 케이블 작업방법에서는 거리에 따른 작업상의 차이는 없음을 알 수 있으나, 케이블 및 인력에 의한 작업시간에는 큰 차이가 있으므로 運材거리가 길수록 작업효율이 더욱 커져 기계화의 필요성을 알 수 있다. 또한 중 급경사지의 밤나무림에서 인력에 의한 수확물의 운반 시에는 노령화되어진 농촌의 노동현실을 감안할 때 사고의 우려가 있으며, 지계에 의한 밤수확물의 運材는 중노동에 속하므로 이러한 케이블 運材方法의 적용은 농가의 소득증대뿐만 아니라 효율적인 기계화시스템의 개발에 따른 작업조직의 체계화도 동시에 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 노령벌채목의 運材作業

밤나무림의 케이블 운재시스템은 지형도 및 항공사진에 의한 지형적인 조건을 파악한 후 현지측량을 실시하여 작업로, 운재로 및 가선의 위치를 그림 1과 같이 설치하였다. 이러한

표 5. 지주목의 크기에 따른 허용장력

흉고직경 (cm)	정상조건시 허용장력(t)	최적조건(토양이 단단하고 건조시)의 허용장력(t)
10	10	10
14	14	14
18	18	18
22	22	22
26	26	26
30	30	30
34	34	34

밤나무림의 케이블 運材시스템은 주로 알밤의 수확을 위한 것이지만, 때로는 노령으로 인한 밤나무의 벌채목을 운반하는 수단으로 활용될 수 있다. 중력에 의한 케이블 운재작업시스템은 앞기둥과 뒷기둥의 지주목 위치, 높이 및 강도와 와이어로프의 직경에 따라 운반될 무게에 제한을 받게된다. 또한 케이블은 적재한 하중에 따라 垂下되므로 적하 및 작업줄이 하강하여 지상의 장애물이나 밤나무의 초단부에 접촉하는 일이 있게된다. 이 때문에 무부하 및 부하시때 가선의 선형곡선, 하중계곡선 및 필요한 지점에 있어서 보정치등을 계산하여 여러설계 요인을 검토하게된다. 특히, 케이블운재의 지주목은 공중삭도선의 설치장력과 집재목의 하중에 견딜 수 있는 충분한 크기를 갖추어야 한다. 표 5와 같이 공중삭도용 지주목으로 선정될 나무의 흉고직경별 허용장력을 참고하여 현장에서 적용하면 좋을 것이다.

본 연구에서는 간벌재나 노령화되어 수증갱신이 필요한 밤나무가 많지는 않아서 집재 및 운재작업공정을 도출할 수 있는 정도의 시험작업은 실시하지 못하였다. 이와같이 알밤수확을 위한 케이블 운재시스템은 와이어로프의 직경과 지주목의 선정에 따라 1회 단목집운재시 30-50kg 정도의 노령벌채목의 운반도 충분히 가능한 시설임을 알 수 있었다. 특히, 헬리콥터에 의한 밤나무림의 항공방제시 안전사고를 대비하여 클립과 장력조정을 통하여 약간 케이블을 풀어주는 불편함이 있을 수 있으나, 저렴한 설치비용과 특수한 기술이 없어도 설치할 수 있으며, 한번 설치하여 관리만 잘하면 적어도 7-10년 정도는 사용가능하여 재료의 감가상각비도 적어 경제적으로 이용할 수 있다.

集 運材作業時 實作業量이 적은 경우에 큰 장비의 사용은 장비설치와 철거로 인한 막대한 양의 노동시간을 허비할 뿐만 아니라 설치후 作業量이 모자라서 방치하는 등 비능률적이므로 간단한 機械일수록 조작이 간편하고 구입비와 관리비가 낮기 때문에 안전하고 경제적이다 하였다<sup>17, 18, 19, 20</sup>. 본 케이블 운재시스템은 잔존 밤나무림에 피해를 주지않고, 설치지형의 제한이나 토양침식의 위험이 없어 임도가 개설되지 않는 급경사지의 위에서 아래로 운반하는 하향집재 및 삭장이 간단하여 중거리 집재에 유리하다. 또한 年間 收穫量과 농촌주민의 財政狀態 등을 고려해 볼때 그 활용을 매우 권장할 만하다.

#### IV. 결 론

밤재배 농가의 근본적인 현장으로 대책 및 노동력 절감을 통한 주민 소득증대와 생산구조개선을 위하여 밤 수확물 및 노령벌채목을 운반하는 케이블 운재시스템의 작업모델과 방법을 개발하여 효율적인 작업조직의 체계화를 도모함과 동시에 경제적이고 작업기술이 복잡하지 않는 케이블 운재시스템을 농가에 보급시키고자 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 밤수확에 있어서 작업과정은 【주집재장 → 입내 산지집재장으로 이동 → 준비시간 → 각 방형구로 이동시간 → 알밤줍기 → 산지집재 → 밤포대담기 → 후커달기 → 케이블운材】 흐름도에 따라 집재 및 운재사이클의 두 작업조직으로 체계화하였다.

2. 밤 수확에 대한 각 요인별 총 소요시간의 비율은 알밤줍기 요인이 93.72%로서 타 요인에 비하여 매우 높은 비율을 차지하므로 밤나무림의 지형적특성을 고려한 인력대체용 밤수집기의 개발이 절실히 요구된다.

3. 작업원의 경험 유무에 따른 작업소요 평균시간은 각각 2146.08초 및 2201.08초로 나타났고, 남녀간에는 각각 2103.83초 및 2243.33초로 나타나 두 요인 모두 단기간의 작업효과는 별로 없어 밤수확은 고도의 熟練을 요구하는 일은 아니라고 생각되지만, 작업 경험의 유무와 남녀간 작업의 변화폭은 비교적 크게 나타나 장기간 작업을 수행한다면 경험자 및 남자는 작업효과 측면에서 다소 유리할 것으로 판단된다.

4. 운반거리에 따른 작업시간은 단거리인 15m 및 35m인 경우 작업소요 평균시간은 각각 1831.88초 및 2134.00초로서 큰 차이가 없었으나, 장거리인 55m의 경우 2554.88초가 소요되어 앞의 두 운반거리에 비해 다소 차이가 있고, 장거리인 경우 작업원들의 소요시간도 편차가 크게 나타남을 알 수 있었다.

5. 밤나무 경영에 있어 가족노동을 2인으로 기준할 경우, 재배 품종을 조생종에서 만생종까지 고르게 분포시켜 수확시기를 약 40일 전후로 한다면 적어도 5-7 ha까지는 충분히 경영할 수 있는 범위라고 생각된다.

6. 밤수확의 전 작업공정에 있어서 10개의 작업소요 인자를 회귀분석한 결과 총작업시간에 영향을 미치는 인자는 알밤줍기, 이동시간 및 무경험자로 나타났으며, 이때 결정계수

$R^2 = 0.9819$ 이었고, 회귀방정식은 아래와 같다 ; 총작업시간 =  $55.5284 + 0.9733(\text{알밤줍기}) + 3.3057(\text{이동시간}) + 75.5490(\text{무경험자})$ .

7. 케이블운材에 의한 A 조사지의 총작업시간은 38.1초였으며, 인력운재에 의한 총작업시간은 896초로서 케이블 운재에 의한 작업효과가 약 23배 정도 더 높았으며, B 조사지점의 케이블운재의 총작업시간은 38.8초였으며, 인력운재에 의한 총작업시간은 1,112초로서 케이블 운재에 의한 작업효과가 약 29배 정도 더 높은 것으로 평가되어 작업거리가 길어 질수록 케이블을 이용한 운재작업이 더욱 필요함을 알 수 있다.

따라서, 산림내 케이블 운재시스템은 자연자원의 보호와 산림훼손을 방지할 수 있는 경관보호의 차원이나 급경사지역의 林道가 개설되어 있지 않아 車輛集材가 불가능한 지역에 적합하며, 특수한 기술이 없어도 설치할 수 있고, 한 번 설치하면 적어도 7년 이상은 사용가능하여 재료의 감가상각비도 적어 경제적이므로 노령화된 농촌의 노동력을 고려할 때 산촌주민의 소득증대를 위하여 밤나무림의 알밤 및 노령벌채목 운材작업시 아주 적절하게 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 姜建宇. 1989. 林業에서의 純粹作業時間과 林木形狀條件과의 關係研究. 韓林誌 78(44):381-395.
2. 慶尙大學校 農科大學 林學科. 1995. 농림수산계 특성화 대학 지원신청서 - 밤 -. 경상대학교, 255pp.
3. 김의경. 1993. 경남지역 밤생산실태 및 전망. 경상대 지역개발연. 제4호. p107-126.
4. 노재후. 1981. 심포지움 - 林業의 省力化 - 林業機械化에 衣한 山林作業의 省力化. 韓林誌 54:90-102.
5. 우보명. 1986. 林業土木工學. 향문사. 362.
6. 大河原昭二. 1991. 林業機械學. 現代의林學4. 永文堂出版. 東京. 255pp.
7. スリエム研究會. 1991. 林業機械ハントブック. スリエム研究會. 東京. 324pp.
8. 汗陵道, 渡邊三郎. 1965. 林業作業の進め方. 東京. 地球出版社. 301pp.
9. Barnes, R. 1980. Motion and Time study - Design

- and Management of work. 7th ed. John Wiely & Sons Inc. 689pp.
10. Carson, W.W. 1977. Analysis of the Single Cable Segment. *Forest Sci.* 23:238-252.
  11. Donald D. Studier and Virgil W. Binkley. 1974.
  12. Cable Logging Systems. USDA. 211pp.  
Eisenhauer, G. 1957. Die Arbeit mit Einmannsage, arbeitsphysiologische Untersuchungen ber Stellung, Tecnik und Tempo, insbesondere mit der Bugelsage, DiSSERTATION
  13. Hann.Munchen. 118pp.  
FAO. 1981. Cable Logging Systems. FAO Forestry
  14. Paper. Rome. 105pp.  
FAO. 1985. Logging and transport in steep
  15. terrain, Forestry Paper 14 Rev. 1. 161pp.  
Forestry Commission. 1979. Standard time-table and output guide, Forestry Commission Booklet No.
  16. 45, 371pp.  
Jorgensen, J. 1979. Rational for Cable Systems Development. In Proceedings of Symposium on Mountain Logging : 9-15.
  17. Kanzaki, K., H. X. Jang, J. Nishigawa, O. Nishio and M. Fukutomi. 1986. Studies on cable crane with three supports(triangular running skyline)(II), Results of selective harvesting operations, *J. Jpn. For. Soc.* 68:320-326.
  18. Kellog, L. 1981. Machine and technique options for skyline yardings of small wood, In : Proceedings of skyline logging symposium, Seattle:67-74.
  19. Letourneau, L.R. 1987. Selection of logging systems and machinery. FAO forestry paper 78:47-78.
  20. Sakai, Hideo and Minoru Kamiizaka. 1980. Statistical Analysis of Cable-Yarding Operations in Japan(II) An Analysis of the Effect of Operational Conditions of Cable-Yarding Systems on Productivity by Means of the Quantification Theory. *J. Japan Forestry Soc.* 62(9) : 331-335.
  21. Samset, I. 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.

Plate I.



Photo 1. 주집재장의 모습



Photo 2. 산지집재장에서 본 주집재장



Photo 3. 나무원치 및 클럽



Photo 4. 주강선과 도르레고리



Photo 5. 알밤줍기 복장



Photo 6. 알밤줍기



Photo 7. 알밤줍기 및 밤포대 담기



Photo 8. 산지집재장 알밤모으기

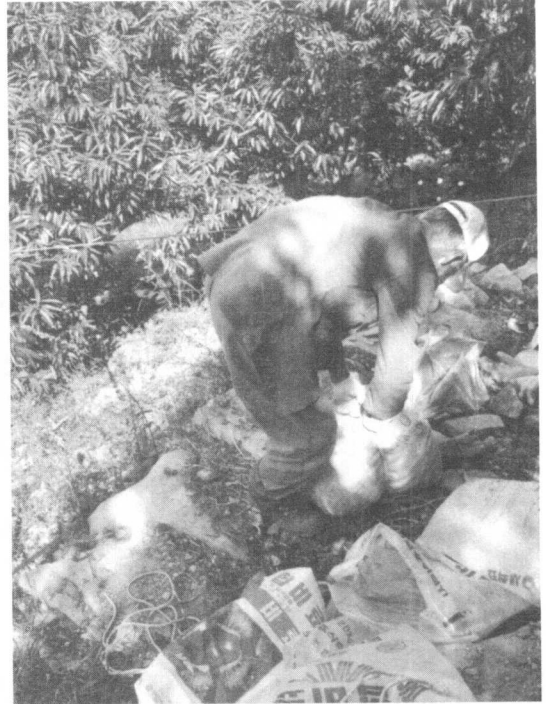


Photo 9. 밤포대 묶기

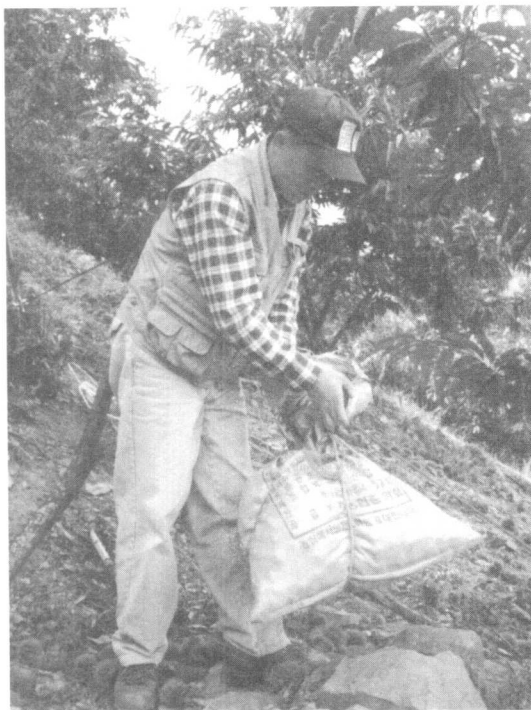


Photo 10. 도르레 고리에 밤포대 걸기

