

伐採作業에서의 作業強度 測定研究¹

— 針葉樹 間伐林에서 —

朴守奎² · 姜建宇²

Studies on Working Intensity in Felling Operation of the Thinning Forest¹

— In Thinning of Some Conifer Species —

Soo-Kyoo Park² and Gun-Uh Kang²

要 約

본 연구는 우리나라 간벌림 벌채작업에서 작업강도를 구명하여 산림작업을 성력화하며, 아울러 작업방법의 개선과 생산성 향상을 도모하는데 그 목적이 있다. 이를 구명하기 위하여 침엽수 간벌림에서 벌채작업을 요소작업으로 구분하여 순수작업시간과 맥박수를 측정 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 맥박수 측정 분석에서 전체 순수작업시간에서의 1분당 평균맥박수는 작업원 A의 경우 108로 나타났으며, 작업원 B의 경우 130, 작업원 C는 119, 그리고 작업원 D는 125로 나타났다.
2. 요소작업 구분별로 맥박수를 분석한 결과에서는 1분당 맥박수가 가장 높을 때는 작업원 A의 경우 주위정리에서 115였고, 작업원 B는 이동에서 131, 작업원 C는 지타작업에서 122, 작업원 D는 현목처리에서 128로 나타났다.
3. 작업원별로 기준맥박을 100%로 보았을 때 작업강도는 작업원 A(기본맥박 61=100%)가 전체 작업강도 160%, 요소작업 구분중에서는 주위정리가 188%로 가장 높게 나타났다. 작업원 B(기본맥박 57=100%)의 전체 작업강도는 220%, 요소작업중에서는 이동이 229%로 가장 높았으며, 작업원 C(기본맥박 73=100%)의 경우에는 전체 강도는 159%, 요소작업중에서는 지타작업이 168%로 가장 높았고, 작업원 D(기본맥박 70=100%)는 전체 작업강도 156%, 요소작업중에서는 현목처리가 182%로 가장 높게 나타났다.
4. 전체 작업강도를 나타내는 작업원에 따른 노동이행능력 한계점에서의 1분당 초과맥박수는 작업원 A의 경우 30, 작업원 B의 경우 207, 작업원 C는 14이며, 작업원 D는 67로 작업원 B가 가장 작업강도가 높아 신체적인 부담을 크게 받는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

The purposes of this study were to standardise the forest working system to design the intensity of working system in felling operation of the thinning forest in our country as well as to contrive the improvement of working method and the increase of productivity. For the purpose of investigating these, element working was classified by felling operation in softwood thinning forest, and a pulse rate were measured and analyzed. The results were as follow :

1. From the analysis of the pulse frequency measurement, the average pulse showed 108 pulse per

¹ 接受 1996年 2月 29日 Received on February 29, 1996.

² 영남대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Youngnam University, Kyoungsan 712-749, Korea.

- minute for worker A in the total of pure working time, 130 pulse per minutes for worker B, 119 pulse per minute for worker C and 125 pulse per minute for worker D, respectively.
2. From the results of the pulse frequency analysis according to element working classification, the highest pulse frequency represented 115 pulse per minute for worker A in the circumference, 131 pulse per minute for worker B in the movement, 122 pulse per minute for worker C in the limbing operation and 128 pulse per minute for work D in hang-up.
 3. If the original pulse frequency was 100% for workers, the working intensity showed as follow :
 worker A was 160%(original pulse frequency was 61=100%) for the total of the working intensity and 188% for the circumference among element working.
 Worker B was 220%(original pulse frequency was 57=100%) for the total of the working intensity and 229% for movement among element working.
 Worker C was 159%(original pulse frequency was 73=100%) for the total of the working intensity and 168% for limbing operation among the element working.
 Worker D was 156%(oroginal pulse frequency was 70=100%) for the total of working intensity and 182% for hang-up among element working.
 4. At the limit point of labor performance rating, showing the total of working intensity, overtime pulse rate per minute was 30 for worker A, 207 for worker B, 14 for worker C and 67 for worker D. Worker B was highest in working intensity, and got physically a big load.

Key words : Working intensity, Felling operation, Pulse frequency, Performance rating

緒 論

우리나라의 임업은 농촌의 노동력 감소의 영향과 낮은 임금, 그리고 산림작업이 중노동이기 때문에 산림작업을 기피하고 있어 경영적인 측면에서는 경영비용이 증대되고, 또한 노동력 수급이 대단히 어려운 실정에 있다. 우리나라는 산림작업에서 아직까지는 인력에 크게 의존하고 있어 이러한 이농현상에 따른 노동력 수급의 어려움은 산림작업 수행에 큰 어려움을 주고 있으며, 임업 경영에 있어서는 생산비용의 대부분을 노동임금이 차지하고 있어 이로 인하여 임업생산구조를 약화시키고 산림작업원의 소득을 감소시킬 뿐만 아니라 결과적으로는 양질의 임산물을 공급할 수 없게 된다. 산림작업은 고도의 기술을 요구하는 숙련노동이므로 충분한 기술교육을 받아야 함은 물론 우리나라 산림작업에 맞는 작업방법을 개발하여 이의 기술적인 이용으로 산림작업의 성력화를 도모함으로써 작업생산성의 향상과 생산비용을 감소시킬 수 있어야 할 것이다.

작업생산성을 향상시키기 위해서는 산림작업에 대한 작업연구가 필수적이며, 작업연구는 작업을 분석하고 종합하기 위하여 적용되는 여러 가지 방법과 그 체계로서 작업연구의 방법은 크게 작

업측정과 방법연구로 구별된다(전응렬, 1988).

신체공학적인 측면에서 작업연구의 내용은 한계에 가까운 강도를 요구하는 작업은 우선 이를 기계화하고, 작업자의 부담을 최적조건하에 두는 것이 신체공학의 목적이며, 오히려 능력이 없는 경우라도 부담의 최적하에 의해서 능률을 표준수준 이상으로 높인다는 것이 기초방향이다. 산림노동에서는 단기간의 최대출력보다는 작업을 정상적으로 유지하는 지속능력이 작업능력으로서 중요시되고 있다.

우리나라의 산림작업에서는 1960년대 이후 보급되기 시작한 체인톱이 대부분의 산림작업에 없어서는 안될 필수장비가 되었으나 사용기술에 문제점이 많으며, 임업선진국에 비해 노동생산성이 많이 낮은 실정이다. 더구나 우리나라의 산림 대부분이 II, III영급으로 간벌작업이 시급한 실정기에 우리나라 벌채작업에 적합한 작업방법의 개발과 기술개선을 통하여 노동생산성을 향상시킴으로서 작업의 질과 능률을 향상시켜야 한다.

이러한 연구는 임업선진국인 독일, 일본 등의 경우 기계·기술화로 인하여 기계사용에 따른 성력화와 임업생산성 향상에 대한 연구가 활발하며, 나아가서 신체공학적인 연구까지도 함께 수행되고 있다(Staaf와 Wiksten, 1984; Sundburg와 Siversides, 1988).

시간연구는 Taylor(1917)가 작업을 요소동작으로 구분하고 그 요소동작별로 스톱워치를 이용하여 시간연구를 최초로 시도하였으며, Taylor와 동일한 시기에 Gilbreth(1911)는 동작요소를 상세히 분할하고 이들 하나하나를 검토하여 불필요한 동작요소를 없애고 필요한 동작은 합리적인 순서로 재배열하여 효율적인 작업을 시행할 수 있는 동작연구를 시작하였다. 그 후 시간연구와 동작연구가 함께 이루어지기 시작하여 일반산업분야에서는 산업공학(Industrial Engineering)이라는 학문으로 발전하였다.

Luthman과 Wesslen(1942)에 의하면 작업연구는 1920년대부터 산림작업에 적용되어 연구되어져 왔지만, 작업의 합리화가 아니라, 임금표와 공정표 작성을 위해 연구가 시작되었다고 하였다.

Wittering(1973)은 전체작업시간에서 여유시간의 연구결과 소요시간 비중이 19.8%를 차지하였으며, 단위시간당 생산량은 몇 가지의 영향인자를 이용하여 추정하였다.

Häberle(1984)와 강건우(1986)는 작업능률계수는 평가치로써 전문가에 의해 기준이 되는 작업원을 선정하여 시간연구와 병행하여 평가할 수 있으며 평균작업시간을 표준시간으로 사용할 수 있다고 하였다.

강건우(1986)는 두가지의 작업방법에서 소요되는 작업시간을 비교하여 노동능률과의 관계를 구명하였다.

김재원(1986)은 체인톱 간벌작업 능률에 관한 연구를 통하여 실동시간당 평균작업능률은 1.18 m³이었고, 1일 8시간 작업과 실동률 70.6%를 기준으로 하였을 때 1일 공정은 원목재적으로 6.6 m³이었다.

Kaminsky(1956)는 2인벌목작업에 대한 시간조사와 신체공학의 일환으로 작업강도를 조사하기 위하여 작업시간중 맥박수와 산소소비량을 실시하였는데, 그 결과 벌도시 2인용 손톱은 4.85 Kcal/분, 1인용 체인톱은 7.84Kcal/분으로서 체인톱이 높으나 단위재적당 에너지소비량은 각각 140.97Kcal/m³와 82.09Kcal/m³로서 손톱이 높다고 하였다.

Streef(1962)는 네덜란드에서 22년생 구주적송림과 일본낙엽송림에서 벌목 및 박피작업에 대한 작업연구를 실시하였는데, 분당평균에너지 소비량은 6.7Kcal/분이라고 하였다.

山本俊明(1980)은 체인톱에 의한 벌목작업시 경사지에서의 이동과 작업자세가 작업원에게 큰 부담을 주며 경사지의 평균노동량은 5.916Kcal/분으로 1일 표준작업시간은 363.42~403.80분이 적당한 것으로 추정하였다.

藤井禧雄과 山本俊明(1972)은 체인톱 작동작업의 경우 작업자세, 체중, 작동회수, 절단폭 등을 달리하면서 심박수를 조사하였는데 작업원, 체인톱 및 작업자세 등의 차이에 따라 심박수의 변화가 크다고 하였다.

강건우(1989)는 우리나라의 간벌작업에서 순수작업시간에 영향을 미치는 임목형상조건의 관계를 분석하여 작업소요시간에 영향을 미치는 인자들을 구명하였다.

전진표(1988)는 신체공학적 측면에서 산림작업 실태를 조사·분석하여 우리나라 산림노동실태를 밝혔다.

그러나 간벌림 벌채작업에서의 맥박수를 이용한 작업강도에 대한 국내 연구는 매우 빈약한 실정에 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 우리나라에서 일반적으로 실행되고 있는 벌채작업에 있어서 산림노동실태를 신체공학적 측면인 생리학적인 지표를 이용하여 조사·분석함으로써 우리나라 벌채작업에서의 노동강도를 밝히는 한편, 선진임업국의 신체공학이론을 임업노동에 적용시켜 벌채작업을 보다 과학적이고 능률적으로 수행하여 성력화를 도모하며, 벌채작업에서의 작업방법 개선, 생산비용의 감소와 생산성향상을 도모하고자 하는데 그 목적이 있다.

材料 및 方法

1. 공시재료

침엽수 간벌림에서 벌채작업이 수행되고 있는 낙엽송과 잣나무를 선정하였다. 벌채지역은 경기도 양평지역에 위치한 국유림 잣나무 간벌지와 경상북도 봉화군에 위치한 국유림 낙엽송 간벌지를 선정했으며, 이들 지역에서 낙엽송과 잣나무의 소경재 범위인 흉고직경 7cm~18cm 범위에서 시험목을 선정하였다(표 1).

벌채작업원은 봉화지역은 국유림작업단 소속으로 임업기계훈련원에서 기능교육을 마친 2명의 기능작업원이며 양평지역은 일반산림작업단 소속으로 2명의 기능작업원을 선정하여 1인 1조 작업방

표 1. 조사지역 임황

지역	수종	연령	경급	평균수고	ha당 축적	경사	비고
경북 봉화	낙엽송	27년	26cm	15m	84.37m ³	중	간벌
경기도 양평	잣나무	30년	20cm	13m	89.00m ³	급	간벌

표 2. 작업원 인적사항

	나이	학력	기능도	신장	체중	기본맥박수	작업기종	소속
작업원 A	38세	국졸	상	163cm	63kg	61박/분	Stihl 028	국유림작업단
작업원 B	53세	국졸	상	170cm	63kg	57박/분	Stihl 024	국유림작업단
작업원 C	28세	고졸	상	158cm	48kg	73박/분	Husquvarna 42	일반작업단
작업원 D	33세	고졸	상	161cm	62kg	70박/분	Husquvarna 42	일반작업단

법으로 작업을 수행하였으며, 작업원의 기본인적 사항은 표 2에 나타나는 바와 같다. 체인쏘(Chain saw)는 독일 KWF(Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, 1969)에서 권장하는 공시재료의 소경재 작업에 적합한 Stihl 024~028과 Husquvarna 42를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 시간측정

시간연구란 산림에서 대상작업의 시간적 경과를 측정시계와 기록장치 등을 사용하여 직접 관측하는 방법으로서 임업에서 임금표나 공정표를 만들기 위하여 가장 널리 행해지는 기본적 측정방법이다(HET, 1971; Luthman과 Wesslen, 1942). 시간연구는 작업분석의 대표적인 수단의 하나이며, 시간연구방법은 표준화되어 있지 않은 작업의 연구·개선을 목적으로 하는 것과 표준화되어 있는 작업을 연구하는 것으로 나눌 수 있는데, 전자는 산림작업의 성력화를 위하여 불필요한 동작을 생략하고 재료나 도구의 사용방법을 변경, 작업 자세를 시정하고 또한 기계의 개량, 작업조건 변경으로 작업을 용이하게 하며 안정화 정도모한다. 후자는 개선되어 표준화된 작업에 대하여 표준시간과 표준조건을 결정하고 표준작업의 유지를 목적으로 하는 것이며 관측결과는 일정한 수단에 의하여 표준적인 자료, 즉 표준시간 자료, 임금의 결정, 작업의 표준화, 원가견적자료 등으로 이용하게 된다.

표준공정은 작업연구에 의해 개선된 합리적인 작업방법(이것을 표준작업법이라 함)에 의해 추구해야할 공정을 가르키는 말이지만, 임업노동에서는 일반적으로 표준작업법을 선정하기가 쉽지 않기 때문에 다음과 같은 표현으로 나타내고 있

다. “표준공정이란 표준작업자가 합리적인 작업방법으로 보통의 노력을 보이고 작업에 종사한 경우에 있어서의 1일 작업량이다.”라고 하며, 여기에서 표준작업자라는 것은 각 작업에 필요한 기술을 습득하여 경험도, 숙련도, 체력이 중간인 작업자를 가리키고, 합리적인 작업방법은 작업중에 발생하는 불합리하다고 생각되는 수단 및 방법을 개선하고, 개선된 수단·방법에 따라서 실행된 작업을 말하는 것으로서 표준작업을 설정하기 위해서는 먼저 각종 작업을 체계적으로 분류한 후 시간연구를 해야하는 바(全國林業改良普及協會, 1990), 측정할 수 있는 최소작업단위를 요소작업(work element)이라고 하며(Streef, 1962), 기본 측정단위로 하고 있다. 요소작업을 분류하는 방법은 조사목적, 측정기기 및 작업의 종류에 따라서 달라진다.

우리나라 산림벌채작업은 2인 1조 작업방법이 실행되어져 왔으며, 1인 1조 작업방법이 새로운 표준작업방법으로 자리잡아가고 있는 실정이다(강건우, 1991; 산림청, 1993).

시간측정법에는 순간관측법, 영점법, 연속법이 주로 사용된다.

- 순간관측법(Multimoment Method) : 1/10~5/10분을 요소작업측정의 1단위로 하여 각 요소작업에 소요되는 단위를 측정.
- 영점법(Null-Stop Method) : 요소작업별로 시작할 때에 시계를 움직이고, 끝날 때에 시계를 정지시켜 각 요소작업별로 측정하고 후에 일련의 작업으로 종합하는 측정방법을 말한다. 항상 0에서 시작하기 때문에 정확한 기록을 할 수 있지만, 측정자가 측정기록하기에 바쁘므로 오차가 발생할 우려가 높다.
- 연속법(Continuous Method) : 최초의 작업이 시

작업 때 시계를 눌러 측정기간동안 계속적으로 작동시키며, 관찰자는 각 요소의 끝에서 시간을 기록하고, 동시에 요소작업명을 기록한다.

본 연구에서는 전자식 디지털 초시계를 이용하여 최초의 작업을 시작할 때 시계를 작동시키고 시간관측 중에는 시계를 멈추지 않았으며, 작업과 시계를 동일시야내에 두고 각 요소작업 끝의 시간을 읽어 요소작업구분과 더불어 용지에 기입하는 연속법을 사용하였다. 야장정리시에 개별 요소작업시간의 진후 시각의 차를 계산하여 소요시간을 구할 수 있게 하였다.

요소작업별 작업시간의 구별은 벌채작업에서 일어나는 벌도, 이동, 조재, 현목처리, 주위정리, 기타 등으로 구분하여 측정하였으며, 이와 같은 요소작업별 시간구분은 독일의 REFA(Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung, 1979)에서 제시하고 있는 지침서를 참고하여 구분하였다.

벌도시간 : 벌도목까지의 이동이 끝난 뒤부터 벌채목이 지면에 닿을 때까지의 소요시간.

이동시간 : 전 요소작업이 끝난 뒤부터 다음 벌도목까지의 이동시간.

조재시간 : 벌도된 임목에 대하여 발구직경 6cm 내외가 될 때까지의 가지치기 작업시간.

현목처리 : 벌도 후 벌도목이 주위 인접목에 걸려 지면에 닿지 않아 작업원이 걸린 나무를 인력이나 소도구를 사용하여 지면으로 끌어내리는 시간.

주위정리 : 임목을 벌채하기 전에 벌도목 주위에 있는 방해물을 제거하는 시간.

2) 맥박수 측정

맥박측정은 휴대용 맥박측정기로서 일본제 Seno Heart check 108을 사용하였다. 심장이 박동하는 매순간마다 측정이 되며, 측정된 자료는 기록계에 의해 규정된 용지에 계속해서 기록된다. 장치는 프린터기, 수신기, 송신기, 밴드, 주기계장치로 구성되어있다. 작업자의 가슴에 심장박동을 체크할 수 있는 무선 송신기가 부착된 밴드를 채웠으며, 수신기와 연결된 프린터기에는 매 5, 10, 30, 60 초마다 경과시간과 맥박수가 동시에 기록되어지게 조절을 할 수 있는데, 본 연구에서는 매 5초간격으로 자동적으로 기록 되도록 하였다. 맥박수는 생체의 변화를 민감하게 반영하

로 신체의 상태를 확인하기 위해서 일상생활에서도 맥박수를 측정하는 일이 많다. 맥박수는 발육에 따르는 연령적 변화, 주위환경, 정서적 흥분상태, 계절적변화에 의한 기초대사의 변동, 피로상태 등에 의해서 민감하게 변화한다. 또 낮에는 맥박수가 늘어나고 야간수면시에는 감소한다. 기본 맥박수는 그림 1, 2, 3, 4와 같이 작업원을 가장 편안한 상태로 누워있게 하고, 6분이 경과한 뒤부터 30초동안을 측정하여 평균값을 기본 맥박수로 하였다(공응대, 1993). 각 요소작업별 맥박수는 5초마다 프린터된 시간과 맥박수를 컴퓨터에 입력을 하여 각 맥박수를 분당맥박수로 환산함과 동시에 평균을 요소작업의 맥박수로 하였다.

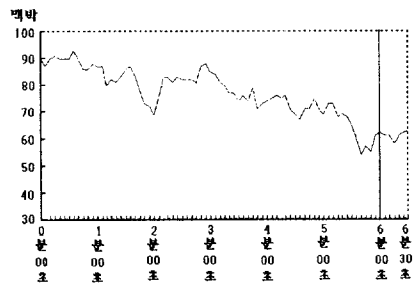


그림 1. 작업원 A의 기본맥박수

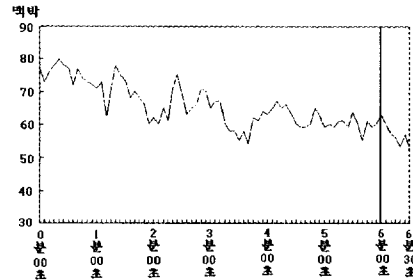


그림 2. 작업원 B의 기본맥박수

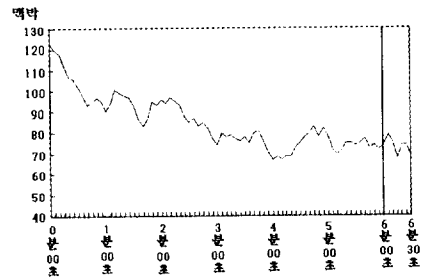


그림 3. 작업원 C의 기본맥박수

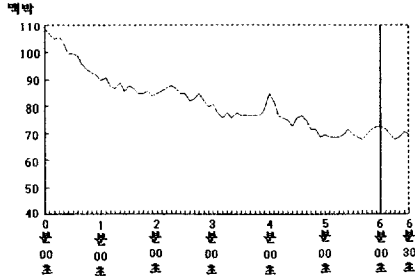


그림 4. 작업원 D의 기본맥박수

3) 맥박수 연구

맥박수는 정신적 요인이나 환경조건에 의해 변한다. 또한 작업시간이나 작업에 참가하는 군군의 차이, 대상으로 하는 피검자의 성·연령에 의한 최대맥박수의 차이 등이 측정된 맥박수의 의미를 다르게 하는 것이다. 맥박수를 이용한 실험에서는 실험조건을 될 수 있는 한 일정하게 하는 것과 함께 이런 것들의 요인에 의한 맥박수 변화의 특징과 범위를 이해해서 맥박수 이용의 한계를 새겨둘 필요가 있다(한국관리기술원, 1995).

맥박수에 영향을 미치는 요인중 환경조건, 특히 환경온도는 가장 영향이 큰 것이다.

한편, VO₂는 맥박수 정도에 따라 큰 변화를 나타내지 않지만 맥박수와 VO₂max의 관계는 환경온도에 의해 틀린 회귀식을 나타내며, 온도가 높아짐에 따라 일정한 %VO₂max에 대한 심박수는 높게 된다. 이러한 것은 맥박수로부터 %VO₂max나 VO₂max를 추정하려고 할 때, 환경온도의 차를 충분히 고려해서 온도에 맞는 관계식을 이용하지 않는다면 큰 오차를 생기게 한다는 것을 나타내고 있다. 일반적으로 맥박수 연구는 다음의 그림 5에서 보여주는 것처럼 Integral Method를 이용하고 있다(Häberle, 1982; Staaf and Wiksten, 1984).

그림 5로부터 맥박수에 의한 휴식시간 비율의 결정(EZP)은 다음에서와 같이 수식으로 산출할 수가 있다.

$$EZP = \frac{(t_3 - t_1)}{t_2 - t_1} \cdot 100 = \frac{(13 - 7)}{7 - 2} \cdot 100 = \frac{600}{5} = 120\%$$

4) 에너지 소비량연구

에너지 소비량 측정의 기초로 O₂ 섭취량을 사

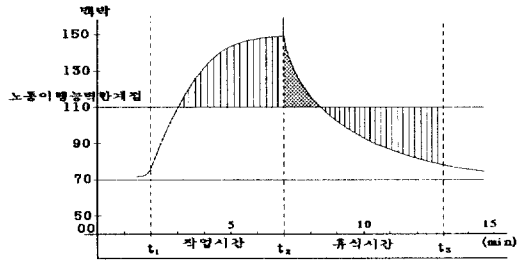


그림 5. 맥박수에 의한 휴식시간비율의 결정(Integral Method 적용) (Prof. Häberle Arbeitswissenschaft, 1982)

용하는 것이 타당하다고 한 이래, 간접적 칼로리 측정에 의해서, 인간의 여러 가지 활동의 에너지 소비량이 측정되어 왔다. 신체활동시의 O₂ 섭취량의 측정으로 가장 일반적으로 사용하는 표준방법에는 자전거 에르고 미터나 트레이드 밀을 사용하는 방법이 있다.

현장 연구로 고전적 방법에는 피검자가 더글라스 백을 등에 메고 호기를 백에 채집하는 방법이 있다. 오늘날에는 호기량을 유량계로 측정하는 등 그 밖의 유용한 방법이 있다.

높은 강도의 신체활동 중에 측정된 O₂ 섭취량은 무산소적 과정이 총 에너지 대사의 실질적인 부분을 차지하는 한, 신체활동의 총 에너지 소비량을 나타내지 않는다고 하는 사실에 유의하여야 한다. 이 같은 경우에는 활동이 끝나더라도 이어서 운동중에 생긴 O₂량을 활동중에 측정된 O₂섭취량에 합산하지 않으면, 운동시의 총에너지 소비량을 구할 수 없다(김진원, 1993). 유산소적 에너지 소비량을 표시하는 데에는 Kcal/min로 표시하기보다 O₂ℓ/min로 표시하는 것이 적당한데 왜냐하면 직접 O₂ℓ/min로 측정되기 때문에 칼로리 계수로 바꾸어 운동 중의 값을 정확히 측정한다는 일이 쉽지 않으며, O₂ℓ/min를 Kcal/min으로 환산할 때에 표본마다 오차가 생기기 쉽기 때문이다. 그러나 대부분의 문헌 데이터가 칼로리 단위로 나타내고 있다. 칼로리 단위의 에너지 소비량을 5로 나누는 것으로 O₂섭취량의 근사치를 구할 수 있다(이근희, 1994).

칼로리 간접측정법을 사용하면, 정해진 시간동안 정해진 활동의 에너지 소비량을 측정할 수가 있다. 만 하루 동안 이루어지는 여러 가지 활동마다 그 대사율을 알 수 있으면, 에너지 소비값

의 평균치나 그 변동을 쉽사리 구할 수가 있다.

일반적으로 인간에게서 O_2 소비량과 맥박수 사이에는 $VO_2 = 1\text{회박출량} \times \text{맥박수} \times \text{동} \cdot \text{정맥 산소차}$ 로 나타낼 수 있기 때문에(김창규와 황수보, 1988), 어떤 기본적 상태에서의 심박수 또는 맥박수와 비교함으로써, 특정활동의 개략적인 강도를 추정할 수가 있다. 그러나 맥박수는 대사율 이외의 요인, 즉 환경온도, 운동에 동원되는 근육, 운동자세 및 정신적 스트레스 등에 의해서 현저하게 영향을 받고 있다는 사실을 염두에 두어야 한다. 일반적인 Method의 적용으로 다음의 그림 6, 7을 이용할 수 있다. 그림 6은 Partial Method 이용방법으로 완만한 작업강도에서 특히 steady state가 있는 경우 적용하게 되는 것이며 산림작업과 같이 중노동의 경우에는 그림 7의 Integral Method를 적용하게 된다(Häberle, 1982; 이근희, 1991). 이와 같은 연구방법은 국내에 사용기구가 없고, 아직 실시된 적이 없으며, 본 연구에서도 사용기구가 없어 주로 맥박측정과 분석에 의존하여 작업강도를 분석하였다.

5) 분석방법

측정된 자료는 SAS(Statistical Analysis System)통계분석프로그램을 이용하여 분석을 하였다(송둔섭 등, 1993).

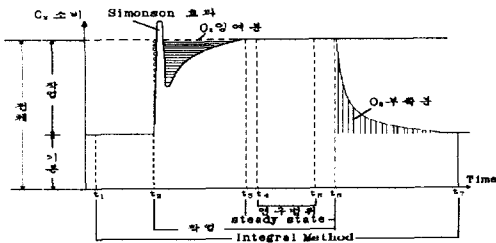


그림 6. 산소소비측정을 위한 Partial Method (Prof. Häberle Arbeitswissenschaft, 1982)

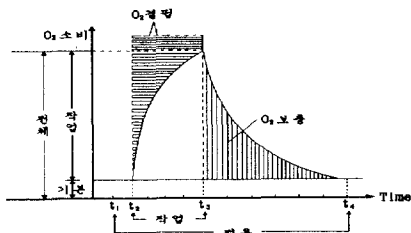


그림 7. 산소소비측정을 위한 Integral Method (Prof. Häberle Arbeitswissenschaft, 1982)

각 변수들과 요소작업에서의 소요시간을 공시 재료의 두 수종으로부터 작업원별, 흉고직경별로 산출하였으며, 또한 맥박수측정 및 분석에서도 같은 방법으로 작업원별, 흉고직경별로 작업수행에 따른 관계맥박수를 산출하였다.

기본적으로 요소작업에 따라 측정된 맥박수는 소요시간에 영향을 받고 측정횟수도 달라지게 되며, 5초간격으로 측정 기록된 맥박수는 요소작업별로 평균값으로 산출하였다.

요소작업별로 산출된 평균맥박수는 작업강도 산출을 위하여 기본맥박수에 +40을 하였으며, 이것을 일반적으로 노동이행능력한계점(Dauerleistungsgrenze)이라고 한다(Häberle, 1982; HET, 1971; REFA, 1979). 작업강도가 높게 나타나는 중노동의 경우 맥박수는 이와 같은 노동이행능력한계점(DLG)을 초과하여 나타나게 되며, 이를 초과할 경우에는 임금에서 특별수당을 지급하거나 또는 휴식시간을 이에 합당하게 주도록 규정화하고 있다(Häberle, 1982).

결과 및 고찰

1. 순수작업시간의 분석

수종별, 흉고직경별, 요소작업구분별로 순수작업시간을 측정·분석하였으며, 흉고직경별로 전체 순수작업시간은 대체로 지금까지의 국내 연구 경향치와 같은 바(강진우, 1989; 임업연구원, 1993).

- 1) 작업원 A에서는 낙엽송 간벌시 1분당 전체순수작업시간은 흉고직경별로 각각 7cm일 때 43초, 8cm일 때 49초, 9cm일 때 59초, 10cm일 때 55초, 11cm일 때 52초, 12cm일 때 65초, 13cm일 때 71초, 14cm일 때 64초, 15cm일 때 68초, 16cm일 때 65초, 17cm일 때 71초, 18cm일 때 80초가 걸렸다. 전체 흉고직경평균 12.6cm를 기준으로 볼 때 62초가 소요되었으며, 전체작업시간에 대한 일반시간 비율은 23%로 산출되었다.
- 2) 작업원 B의 경우 낙엽송 간벌시 1분당 전체순수작업시간은 흉고직경별로 각각 7cm일 때 62초, 8cm일 때 52초, 9cm일 때 68초, 10cm일 때 63초, 11cm일 때 65.4초, 12cm일 때 57초, 13cm일 때 84초, 14cm일 때 79초, 15cm일 때 76초, 16cm일 때 101초, 17cm일 때 93초, 18cm일 때 91초로 산출되었다. 전

체 흉고직경평균 12.5cm를 기준으로 볼 때 74초가 걸린것으로 나타났으며, 전체 작업시간에 대한 일반시간의 비율은 22%로 나타났다.

- 3) 작업원 C의 경우, 잣나무 간벌시 1분당 전체순수작업시간은 흉고직경별로 각각 7cm일 때 118초, 9cm일 때 176초, 10cm일 때 163초, 11cm일 때 179초, 12cm일 때 174초, 13cm일 때 179초, 14cm일 때 223초, 15cm일 때 204초, 16cm일 때 231초, 17cm일 때 252초, 18cm일 때 271초가 걸렸으며, 전체 흉고직경평균 13.4cm를 기준으로 볼 때 201초가 소요되었고, 전체작업시간에 대한 일반시간의 비율은 18%로 작업원 A와 작업원 B의 경우보다 조금 낮게 나타났다. 이것은 작업원 C가 4명의 작업원중 가장 나이가 어리고 다른 사람에게 비하여 많이 쉬지 않고 열심히 일했음을 알 수 있었다.
- 4) 작업원 D의 경우, 잣나무 간벌시 1분당 전체순수작업시간은 흉고직경별로 각각 7cm일 때 162초, 10cm일 때 163초, 11cm일 때 141초, 12cm일 때 178초, 13cm일 때 212초, 14cm일 때 240초, 15cm일 때 243초, 16cm일 때 248초, 17cm일 때 308초, 18cm일 때 282초가 걸렸으며, 전체 흉고직경평균 14.5cm를 기준으로 볼 때 237초로 나타났다. 전체 작업시간에 대한 일반시간의 비율은 29%로 우리나라에서 평균적으로 나타내는 일반적인 경우와 같았다.

2. 맥박수 측정 분석

표 3, 4, 5, 6에서 보는 바와 같이 전체 맥박수의 평균값은, 먼저 낙엽송의 경우에는 다음과 같이 산출되었다.

- 1) 작업원 A에서 요소작업별 분당 평균맥박수는 벌도 106, 이동 108, 주위정리 115, 벌도방향선정 104, 현목처리 106으로 산출되었으며, 이들 요소작업중 가장 높을 때는 주위정리에서 115였다. 이를 전부 종합하여 작업원 A의 전체 순수작업시간에 대한 작업강도를 나타낼 수 있는 맥박수는 분당 108로 나타났으며 일반시간에 대한 분당 맥박수는 98로 나타났다.
- 2) 작업원 B의 경우 요소작업별 분당 평균맥박수는 벌도 129, 이동 131, 주위정리 126, 벌도

방향선정 127, 현목처리 130, 지타 129로 산출되었으며, 이들 요소작업중 가장 높을 때는 이동에서 131로 산출되었다. 이를 전부 종합하여 작업원 B의 전체 순수작업시간에 대한 작업강도를 나타낼 수 있는 맥박수는 분당 130으로 나타났으며, 일반시간에 대한 분당 맥박수는 116으로 나타났다.

다음은 잣나무의 경우로 다음과 같이 요약하였다.

- 3) 작업원 C에서 요소작업별 분당 평균맥박수는 벌도 117, 이동 119, 주위정리 93, 현목처리 121, 지타 122로 산출되었으며, 이들 요소중 가장 높을 때는 지타에서 122였다. 이를 전부 종합하여 작업원 C의 전체 순수작업시간에 대한 작업강도를 나타낼 수 있는 맥박수는 분당 119로 나타났으며, 일반시간에 대한 분당 맥박수는 116으로 나타났는 바, 이것은 작업원 C의 경우 일반시간의 비율에서도 18%로 가장 낮아 휴식시간이 없이 열심히 일했기 때문으로 판명되었으며, 그런 이유로 일반시간에 대한 분당 맥박수도 거의 작업시간 맥박수와 마찬가지로 나타났다.
- 4) 작업원 D에서는 요소작업별 분당 평균맥박수는 벌도 124, 이동 124, 주위정리 119, 벌도방향선정 107, 현목처리 128, 지타 127로 산출되었으며, 이들 요소작업중 가장 높을 때는 현목처리에서 128이었다. 이를 전부 종합하여 작업원 D의 전체 순수작업시간에 대한 작업강도를 나타낼 수 있는 맥박수는 분당 125로 나타났으며, 일반시간에 대한 분당 맥박수는 109로 산출되었다.
- 5) 다음의 그림 8, 9, 10에서 보여주는 바와 같이 작업원 A의 경우에서 임목의 평균 흉고직경이 12.6cm일 때 분당 평균맥박수는 1분당 108이며, 작업원 B의 경우 평균 흉고직경이 12.5cm일 때 분당 평균맥박수는 1분당 130이며, 작업원 C의 경우 평균 흉고직경 13.4cm일 때 분당 평균맥박수는 1분당 119, 그리고 작업원 D의 경우 평균 흉고직경이 14.5cm일 때 분당 평균맥박수는 1분당 125로 나타났다. 각각의 경우에서 흉고직경이 1cm씩 증가하는데 따른 맥박수는 일반적으로 증가함을 알 수 있었다.

표 3. 작업원 A의 요소작업별 맥박수

(단위 : 맥박수/분)

DBH (cm)	N	별 도				이 동				주위정리				별도방향선정				현목처리		순수작업 시간/맥박		일반시 산합계 평균
		최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	
7	7	62.0	130.0	89.2	64.3	123.3	89.6	72.0	72.0	100.0	100.0	100.0	43.0	57.5	50.3	72.0	85.5	89.8	87.7	93.1	91.4	
8	5	40.0	117.0	79.5	57.5	118.5	86.6	100.0	100.0	112.5	112.5	112.5	64.3	64.3	64.3	72.0	72.0	111.7	91.4	85.2	85.2	
9	6	68.0	122.5	98.6	63.5	139.5	97.7	112.5	112.5	113.0	113.0	113.0	66.3	64.3	64.3	61.0	61.0	128.3	87.8	100.5	100.5	
10	6	103.5	127.0	119.0	66.3	122.4	106.2	113.0	113.0	113.0	113.0	113.0	78.0	116.5	116.5	112.0	112.0	112.0	112.0	111.2	56.5	
11	7	77.5	126.5	94.4	79.7	121.0	97.7	107.0	107.0	107.0	107.0	107.0	78.0	78.0	78.0	60.3	60.3	104.3	84.4	92.0	97.6	
12	9	60.0	147.0	109.2	57.2	140.0	107.4	107.0	107.0	107.0	107.0	107.0	111.0	132.0	121.5	73.0	73.0	94.6	83.8	114.0	114.0	
13	7	108.0	130.0	118.2	94.0	134.2	118.8	132.0	132.0	132.0	132.0	132.0	93.8	135.0	117.4	123.0	123.0	123.0	123.0	117.6	117.6	
14	8	74.0	138.5	105.3	91.0	129.0	110.1	111.3	111.3	111.3	111.3	111.3	70.0	115.0	99.3	93.7	93.7	143.0	119.5	109.5	109.5	
15	6	86.5	140.0	120.7	113.0	143.0	125.3	125.3	125.3	125.3	125.3	125.3	103.5	140.0	120.4	114.3	114.3	115.4	115.0	121.5	105.4	
16	6	109.0	136.7	126.6	108.5	137.3	126.9	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	125.8	139.0	134.3	116.7	116.7	137.5	127.3	127.2	112.6	
17	8	72.7	131.3	100.1	75.0	141.2	116.6	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	67.3	135.0	105.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.3	
18	6	90.5	122.3	106.7	95.7	120.0	107.4	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	71.0	71.0	71.0	120.8	120.8	129.7	125.2	111.8	111.8	
평균	81			106.1			108.0		114.9		114.9			104.1		104.1			105.7		107.7	
강도				174%			177%		188%		188%			170%		170%			173%		177%	

DBH : Diameter of breast height

N : No. of trees

$$\text{강도}(\%) = \frac{\text{맥박수}}{\text{기본맥박수}(61)} \times 100$$

표 4. 작업원 B의 요소작업별 맥박수

(단위 : 맥박수/분)

DBH (cm)	N	별 도				이 동				주위정리				별도방향선정				현목처리		순수작업 시간/맥박		일반시 산합계 평균
		최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	최소	최대	평균	편차	
7	7	108.0	140.0	127.9	123.0	140.3	130.3	121.0	128.0	128.0	128.0	124.5	125.0	146.0	132.7	120.0	120.0	119.3	119.3	126.4	126.4	
8	6	120.5	142.5	130.3	119.5	147.7	128.6	119.7	123.3	121.5	123.3	121.5	125.0	119.0	117.5	119.8	146.0	134.2	146.0	134.2	130.3	108.6
9	7	104.0	139.5	126.7	108.0	147.3	129.3	110.0	125.7	117.8	116.0	116.0	133.5	127.3	114.0	122.0	117.7	122.0	117.7	129.2	129.2	
10	8	114.0	144.5	126.4	107.0	147.0	132.9	115.8	146.9	130.4	121.0	130.5	130.5	123.9	120.5	136.0	128.5	128.5	129.2	129.2		
11	7	116.5	134.3	125.9	119.0	136.0	125.3	112.8	125.3	120.4	118.0	123.9	123.9	146.3	127.3	119.7	141.0	132.3	141.0	132.3	128.7	143.8
12	6	117.5	143.0	129.8	111.0	138.5	122.3	117.5	143.0	129.8	112.0	146.3	127.3	119.7	141.0	132.3	126.4	119.3	119.3	126.4	126.4	
13	8	90.0	146.0	126.0	108.7	146.5	130.8	96.7	145.0	128.3	92.0	148.0	127.4	104.6	150.5	126.4	149.0	149.0	127.7	128.6	128.6	
14	10	92.0	138.3	126.1	114.0	150.5	133.3	111.6	134.0	128.8	97.0	138.3	123.7	88.0	149.0	130.2	130.2	130.2	130.2	130.2	130.2	
15	7	121.0	147.5	131.9	123.0	145.5	132.7	124.0	133.0	127.2	119.2	130.4	124.1	121.0	140.0	130.0	136.6	136.6	136.6	136.6	118.2	
16	6	121.5	146.3	137.0	127.3	142.3	135.5	128.0	128.0	128.0	131.0	144.5	136.5	117.0	157.6	132.5	144.8	144.8	144.8	129.4	115.5	
17	6	114.3	134.0	125.0	121.0	147.0	133.9	92.5	143.0	121.1	121.0	138.0	126.2	129.7	144.8	138.1	138.1	138.1	138.1	133.2	133.2	
18	7	121.2	142.7	133.2	117.3	141.5	131.6	121.0	141.0	130.4	122.8	144.5	134.0	132.0	149.0	140.5	138.5	138.5	138.5	129.6	129.6	
평균	85			128.7			130.7		125.6		125.6			127.4		127.4			128.9		129.6	
강도				225%			229%		220%		220%			224%		224%			226%		227%	

DBH : Diameter of breast height

N : No. of trees

$$\text{강도}(\%) = \frac{\text{맥박수}}{\text{기본맥박수}(57)} \times 100$$

(단위 : 백마수/분)

표 5. 작업원 C의 요소작업별 맥박수

DBH (cm)	N	요소작업구분				지타	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균
		이동	주위정리	현부처리	타								
7	1	94.0	94.0	94.0	125.0	129.2	129.2	129.2	129.2	129.2	129.2	129.2	116.1
8	4	96.0	109.3	102.7	112.0	112.0	112.0	112.0	112.0	85.3	85.3	85.3	101.3
9	13	85.0	141.0	113.3	97.8	120.6	120.6	120.6	120.6	106.3	131.5	121.4	116.9
10	6	83.0	126.0	111.3	87.0	105.7	105.7	105.7	105.7	112.8	139.2	127.6	116.4
11	9	84.5	130.5	114.4	87.8	121.6	121.6	121.6	121.6	91.0	150.0	120.1	122.9
12	5	89.0	127.0	113.5	81.8	116.1	116.1	116.1	116.1	93.2	123.0	109.1	114.5
13	6	117.8	139.0	124.4	124.3	128.2	128.2	128.2	128.2	116.2	129.6	121.8	117.1
14	18	91.5	144.3	124.1	107.2	126.9	126.9	126.9	126.9	107.3	148.1	125.4	125.4
15	5	87.0	145.0	124.4	99.5	122.4	122.4	122.4	122.4	93.0	93.0	124.1	122.0
16	5	105.7	128.3	116.4	82.0	108.6	108.6	108.6	108.6	108.4	116.4	113.6	115.6
17	7	81.6	132.4	113.5	96.0	115.0	115.0	115.0	115.0	80.0	134.3	107.3	115.8
18	7	81.6	132.4	113.5	96.0	115.0	115.0	115.0	115.0	80.0	134.3	107.3	115.8
평균	79	116.8	116.8	116.8	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	93.0	93.0	120.4	122.3
강도		160%	160%	160%	162%	162%	162%	162%	162%	127%	127%	165%	168%

DBH : Diameter of breast height
N : No. of trees

강도(%) = $\frac{\text{맥박수}}{\text{기본맥박수}(73)} \times 100$

(단위 : 백마수/분)

표 6. 작업원 D의 요소작업별 맥박수

DBH (cm)	N	요소작업구분				지타	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균
		이동	주위정리	현부처리	타								
7	1	129.3	129.3	126.3	126.3	126.3	126.3	126.3	126.3	131.0	131.0	131.0	128.9
8	4	118.0	136.8	125.4	120.7	139.6	128.1	135.0	135.0	122.6	145.1	132.4	132.7
9	4	109.0	127.5	117.8	105.7	126.0	115.4	126.0	126.0	118.0	131.8	125.7	129.3
10	4	87.5	140.4	119.8	105.8	143.0	129.6	143.0	143.0	133.9	149.3	142.4	139.4
11	9	110.7	147.0	127.9	96.3	150.5	124.8	150.5	150.5	115.3	142.8	126.0	120.6
12	4	100.5	144.0	124.0	88.6	138.0	123.2	138.0	138.0	111.4	140.3	126.5	96.8
13	9	108.7	137.0	123.0	94.7	139.0	139.7	139.7	139.7	113.8	135.8	126.4	119.8
14	11	89.0	151.0	118.4	106.2	141.0	121.9	141.0	141.0	83.3	143.2	118.6	96.0
15	7	74.0	148.0	125.0	111.7	140.0	129.7	142.0	142.0	74.2	136.0	116.1	94.6
16	8	99.8	143.0	124.4	99.3	144.0	119.9	144.0	144.0	86.0	86.0	115.6	156.8
17	7	99.8	143.0	124.4	99.3	144.0	119.9	144.0	144.0	86.0	86.0	115.6	156.8
18	11	99.8	143.0	124.4	99.3	144.0	119.9	144.0	144.0	86.0	86.0	115.6	156.8
평균	66	123.5	123.5	123.5	123.7	123.7	123.7	123.7	123.7	107.1	107.1	127.7	127.4
강도		176%	176%	176%	177%	177%	177%	177%	177%	153%	153%	182%	182%

DBH : Diameter of breast height
N : No. of trees

강도(%) = $\frac{\text{맥박수}}{\text{기본맥박수}(70)} \times 100$

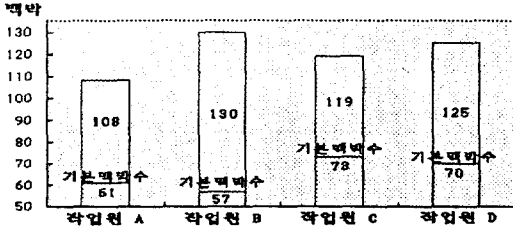


그림 8. 작업원별 순수작업시간에서의 맥박수 평균

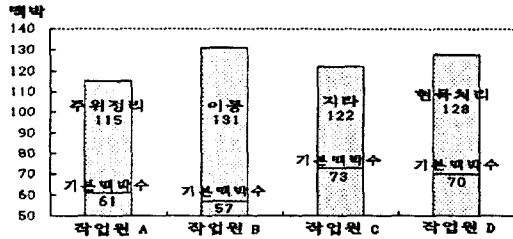


그림 9. 작업원별 최고 맥박수

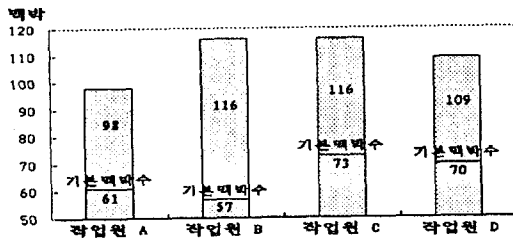


그림 10. 작업원별 일반시간에서의 평균맥박수

3. 벌채작업에서의 강도분석

1) 작업원의 기본맥박을 100%로 보았을 때 요소 작업별로 작업강도의 차이는 표 3, 4, 5, 6에서 보는 바와 같이 산출되었다. 개별적으로 작업강도를 분석해 보면, 작업원 A(기본맥박 61=100%)의 전체 작업강도는 160%이고, 요소작업에서는 주위정리가 188%로 가장 강도가 높게 나타났다. 작업원 B(기본맥박 57=100%)의 전체 작업강도는 220%였으며, 요소작업에서는 이동이 229%로 가장 높게 나타났다. 작

업원 C(기본맥박 73=100%)의 경우에는 전 체 작업강도는 159%였으며, 요소작업중에서는 지타작업이 168%로 가장 높게 나타났다. 작업원 D(기본맥박 70=100%)는 전체 작업강도에서 156%, 요소작업에서는 현목처리가 182%로 가장 높게 나타났다.

각 작업원에 따른 흉고직경별 강도의 차이는 표 7과 같이 나타났으며, 대체로 흉고직경이 증가할수록 강도는 높게 나타났다.

- 일반적으로 작업강도에 대한 기준은 기본맥박수에 40을 더하여 이를 노동이행능력 한계점으로 보고 있는 바, 기본맥박수에 40을 더한 후에 초과되는 맥박수는 그만큼 특별수당화하거나 작업시의 맥박수가 기본맥박수에 40을 더한 수보다 내려올 때까지 휴식을 취할 수 있도록 규정하는 것이 선진국의 경우이다. 작업원에 따른 전체작업에 대한 작업강도를 노동이행능력한계점을 기준으로 하여 나타내면 그림 11에서 보는 바와 같다.
- 작업원별로 요소작업으로 구분하여 노동이행능력한계점을 기준으로 작업강도의 정도를 표 8에서 보는 바와 같이 산출하였다. 표 8에서 (-)값은 노동이행능력한계점에 미달한 값이며, (+)값은 초과한 것으로 그 수치 만큼 강도가 크다는 것을 뜻한다.

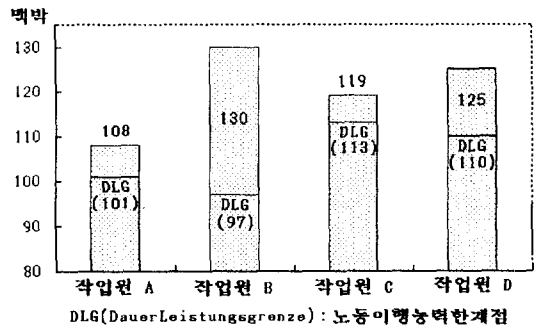


그림 11. 작업원별 노동이행능력한계점을 기준으로 한 작업맥박수

표 7 작업원의 흉고직경별 작업강도(%)

작업원	DBH(cm)											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
작업원 A	153	140	165	182	151	187	193	180	199	209	174	183
작업원 B	227	229	227	227	220	226	222	226	228	240	227	234
작업원 C	159		139	160	160	165	157	163	172	167	158	158
작업원 D	184			185	175	192	183	177	180	170	178	178

표 8. 작업원별 요소작업별 노동이행능력한계점에서의 초과맥박수

작업원	요소작업	별도	이동	주위정리	별도방향 신	현목처리	지타	일반시간 합	전체
작업원 A		5.1	7.0	13.9	3.1	4.7		-3.4	30.4
작업원 B		31.0	33.7	30.3	28.6	33.2	18.6	31.9	207.3
작업원 C		3.8	5.6	-20.0		7.4	7.9	9.3	14.0
작업원 D		13.5	13.7	8.7	-2.9	17.7	17.4	-0.7	67.4

표 8에서 보는 바와 같이 작업원 B의 경우는 다른 사람보다 고령(53세)이고 낮은 기본맥박(57박/분)을 보이면서도 노동이행능력한계점을 가장 크게 초과하고 있어 작업강도가 가장 높고 신체적으로도 크게 부담이 되고 있음을 나타내었다.

結 論

본 연구는 우리나라 간벌림 벌채작업에서 작업 강도를 구명하여 산림작업을 성력화하며, 아울러 작업방법의 개선과 생산성향상을 도모하는데 그 목적이 있다. 이를 구명하기 위하여 침엽수 간벌림에서 벌채작업을 요소작업으로 구분하여 순수 작업시간과 맥박수를 측정 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 전체 순수작업시간은 작업원 A의 경우 전체 평균흉고직경 12.6cm를 기준으로 1분당 62초가 걸렸으며, 작업원 B의 경우 전체 평균흉고직경 12.5cm를 기준으로 1분당 74초, 작업원 C의 경우 전체 평균흉고직경 13.4cm를 기준으로 1분당 200초, 그리고 작업원 D는 전체 평균흉고직경 14.5cm를 기준으로 237초가 소요되었다.
2. 맥박수 측정 분석에서 전체 순수작업시간에서의 평균맥박수는 작업원 A의 경우 1분당 108로 나타났으며, 작업원 B의 경우 1분당 130, 작업원 C의 경우 1분당 119, 그리고 작업원 D는 1분당 125로 나타났다.
3. 요소작업구분별로 맥박수를 분석한 결과에서는 맥박수가 가장 높을 때는 작업원 A의 경우 주위정리에서 1분당 115였고, 작업원 B는 이동에서 1분당 131, 작업원 C는 지타작업에서 1분당 122였고, 작업원 D는 현목처리에서 1분당 128로 나타났다.
4. 작업원별로 기준맥박을 100%로 보았을 때 작업강도는 작업원 A(기본맥박 61=100%)가 전체 작업강도 160%, 요소작업구분중에서는

- 주위정리가 188%로 가장 높게 나타났다. 작업원 B(기본맥박 57=100%)의 전체 작업강도는 220%, 요소작업중에서는 이동이 229%로 가장 높았으며, 작업원 C(기본맥박 73=100%)의 경우에는 전체 강도는 159%, 요소작업중에서는 지타작업이 168%로 가장 높았고, 작업원 D(기본맥박 70=100%)는 전체 작업강도 156%, 요소작업중에서는 현목처리가 182%로 가장 높게 나타났다.
5. 전체 작업강도를 나타내는 작업원에 따른 노동이행능력한계점에서의 1분당 초과맥박수는 작업원 A의 경우 30, 작업원 B의 경우 207, 작업원 C는 14이며, 작업원 D는 67로 작업원 B가 가장 작업강도가 높아 신체적인 부담을 크게 받는 것으로 나타났다.
 6. 결과적으로 벌채작업은 작업원의 신체조건에 따라 약간의 차이는 있으나 중노동으로 구명되어 이에 따른 대책이 요망된다.

引用 文 獻

1. 강건우. 1989. 임업경영에서의 순수작업시간과 임목형상조건과의 관계연구. 한국임학회지 78:381-395.
2. 강건우. 1991. 벌목작업표준화연구. 한국임학회지. 80(2):220-231.
3. 공응대. 1993. 운동생리실험법. 형설출판사. pp.91-102.
4. 김재원. 1986. 체인톱 간벌작업 능률에 관한 연구. 서울대 석사논문. 56pp.
5. 김진원 역. 1993. 운동생리학-응용이론. 학문사. pp.20-21.
6. 김창규·황수보 역. 1988. 운동생리학. 대한교과서주식회사. 98pp.
7. 藤井禧雄·山本俊明. 1972. 伐木作業の特質について. 京大農學部演習林報告 43:227-245.

8. 산림청 임업연구원. 1993. 임업소득증대를 위한 최적작업방법 및 기술구조개선에 관한 연구(Ⅲ). 특정연구사업 제 3차년도 최종보고서. 103pp.
9. 山本俊明. 1980. 森林作業の勞動科學的研究 - 伐木造材作業の勞動量について -. 京都大農學部 演習林報告 52:188-205.
10. 송문섭·이영조·조신섭·김병천. 1993. SAS를 이용한 통계자료분석. 자유아카데미. pp. 47-84.
11. 이근희. 1991. 인간공학. 창지사. pp.229-233.
12. 이근희. 1994. 인간공학 - 이론과 실제. 상조사. pp.165-166.
13. 全國林業改良普及協會. 1990. 林業技術 핸드ブック. 技秀堂. pp.238-240.
14. 전응렬. 1988. 作業研究. 韓國理工學社. pp. 11-28.
15. 전진표. 1988. 인간공학적 측면에서의 산림작업실태에 관한 연구. 서울대 석사논문. 69pp.
16. 한국관리기술원 역. 1995. 동작 및 시간연구 -작업방법 설계와 작업측정. 창지사 pp.477-491.
17. Gilbreth, F.B. 1911. Motion Study.
18. Häberle, S. 1982. Arbeitswissenschaftslehre, Inst. für Waldarbeit, Universität Göttingen. pp.38-54.
19. Häberle, S. 1984. Standardisierung zwidimensionaler Ausgleichsfunktion über Richtgrad und Richtkonstante. Forstarchiv. 55(6):220-225.
20. HET. 1971. Richtwerttabellen zum Holzemtarif (HET70). S3-22.
21. Kaminsky, G. 1956. Die Energieverbrauch bei der Arbeit mit Hand-und Motorsägen. Forstarchiv. 27(9):202-205.
22. Kang, Gun-Uh. 1986. Zur rechnerischen Simulation Konstanter Leistungshergaben beim Zeitbedarfsvergleich zwischen zwei Arbeitsverfahren. Dissertation Göttingen Univ. p.86.
23. KWF, 1969. HET 70, Ergebnisse der Auswertung der Außenaufnahme zu einem neuen Hauerlohntarif :Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, Arbeitswirtschaftliche Arteilung. S7-20.
24. Luthman G, Olsson-lokind P & Wesslen G. 1942. Studier iskogsbrukets arbetslära. Undersökning vid Värmlands skogsarbetsstudier. Stockholm. 80pp.
25. REFA. 1979. Anleitung für forstliche Arbeitsstudien-Datenermittlung, Arbeitsgestaltung. REFA e.v., Darmstadt. 106pp.
26. Staaf, K.A.G and Wiksten, N.A. 1984. Tree Harvesting techniques. Martinus Nijhoff Publishers. pp.345-361.
27. Streef, G. 1962. Arbeitsphysiologische Untersuchungen beim Holzeinschlag in der Niederlanden. Fortarchiv 33(1) : 223-224.
28. Sundburg, U. and Silversides, C.R. 1988. Operational Efficiency in Forestry. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston and London. pp.155-165.
29. Taylor, F.W. 1917. Die Betriebsleitung. 3. Auflage Berlin.
30. Wittering, W.O. 1973. Work Study in Forestry. Forestry Commission Bulletin 47. HMSO. London. pp.28-29.