

徳山試験地におけるヒノキ間伐材 搬出作業の工期と作業者の労働強度

山本俊明・湯浅輝和・北川新太郎・秋田 豊

はじめに

徳山試験地は、徳山市街地の東北部郊外標高102~351mに位置し、天然の二次林、ヒノキ、スギ、マツ類の人工造林地及び苗畑からなり、その面積は41.85haである。

本試験地に於いては、現在天然林の植生遷移に関する研究、マツ類の育種学的研究、ヒノキ林の取扱に関する造林学的研究、間伐材の伐出方法および緑化樹の育成に関する研究等が行われている。そして、これらの維持管理運営としては、技官3名、日々雇用員3名で行っている。その主な仕事は、苗畑の除草、刈払い、造林地の下刈、除伐、枝打ちおよび見本林の手入れ等である。また、この他、近年各地域で多発しているアカマツのマツクイ虫の被害は、当試験地においても毎年かなり発生している。そのため、その被害木の処理にかなりの労力が取られている。1991年マツクイ虫被害木処理のために林内作業車を購入し、その労力軽減にかなりの成果を上げている。

今回は、その林内作業車を使用して職員の手でヒノキ間伐材を搬出する機会を得、作業者の作業工期とその生理負担について調査したので、その結果について報告する。

調査方法

調査を行った場所は、徳山試験地3林班にある41年生のヒノキ人工林である。この林分は、昭和27年に徳山試験地所管管換え以前に植栽された林である。本調査地は、面積0.16ha、植栽本数1600本/ha、傾斜20~33°で上部に幅2mの作業道が通っている。

調査時期は、1993年2月5日で、当試験地の職員2名（林内作業車運転1人、荷掛け作業1人）を対象に、ヒノキ間伐材の搬出作業の作業工期と作業中の作業者の生理負担について調査を行った。なお、集材方法としては上げ荷地曳、集材距離0~20m、間伐率は本数21%、材積20%であった。

1. 作業工期について

作業道始点にある土場より林内作業車を運転し、作業道終点近くの道下に散乱している伐倒玉切りされたヒノキ間伐材を林内作業車のウインチを使用して集材し、出発地点の土場に下ろすまでを1サイクルとした。各サイクル毎に作業車の運転者と補助者（荷掛手）について、搬出作業

の要素作業および時間をストップウォッチにより10秒単位で記録した。同時に搬出された丸太の本数および材積を調べた。なお、午前午後作業車の運転者と荷掛け手を交代しその違いについても調べた。

2. 作業者の作業強度の推定

作業者の作業中の作業強度としては、心拍数を指標とし、作業者にハートメモリーを装着し作業開始から終了まで全作業時間の心拍数を10秒単位で記録した。しかる後作業者の作業中の心拍数を踏台昇降運動（ステップテスト）による物理的仕事量に換算し、平川の式¹⁾により間伐材搬出作業における林内作業車の運転者、荷掛け手についての作業全体および要素作業別のエネルギー代謝量（Kcal/分）求めた。そして、求められたエネルギー代謝量を体重1kg当り毎分のエネルギー量に換算し、沼尻により求められた活動代謝への換算式²⁾（次式）を用いてR、M、R（作業強度）を推定した。

$$Y=0.0198+0.0177X$$

$$X=R \cdot M \cdot R$$

$$Y=\text{Kcal}/\text{体重}1\text{kg}/\text{分}$$

作業者の詳細とステップテストの結果は表-1に示す通りである。

調査結果

1. 作業工程

作業者A・Kのヒノキ間伐材搬出作業における作業車運転、補助（荷掛け）作業の工程は、表-2、表-3、図-1および図-2に示すとおりである。

先ず、作業車運転については、作業者A・Kとも要素作業時間の占める割合は、作業車操作、作業車に乗っての運転等が全体の70~80%を占める。この他集材作業準備、土場での材の下ろし作業およびワイヤーを引きながらの歩行等の作業が行われた。

次に、補助作業については、両作業者ともワイヤー持った歩行、簾を持った歩行等の歩行動作と作業待ちが全体の約70%を占める。ついでウインチによる材の積み込み動作が約10%、その他、林内での荷掛け、荷外し、作業車に積込みのための荷掛け、土場での材卸、作業準備等の作業が行われた。

また、午前と午後における土場発から土場着までの時間、材の本数、材積は、表-2に示す通りで、時間 240.58分、本数 70本、材積 3.153 m^3 、搬出された間伐材の直径は、末口6.0~18.0cm 平均 11.18cm、丸太長 2.0~5.0m 平均 3.19m。毎分当りの時間に換算すると、本数 0.29本/分、材積 0.013 m^3 /分とかなり低い工程であった。

当試験地において今まで機械を使用しての間伐材の搬出作業の経験がほとんどなく、作業者A

表-1 作業者の諸データ

作業者	A作業者	K作業者
年齢	42才	50才
身長	160cm	174cm
体重	58kg	82kg

ステップ回数（X）と心拍数（Y）との回帰式

作業者A： $Y=2.46X+58.4$ （ $r=0.996$ ）

作業者K： $Y=2.76X+72.8$ （ $r=0.989$ ）

表-2 間伐材搬出時間・本数・材積

	時間(分)	本数(本)	材積(m^3)
午前	137.83	39	1.704
午後	102.75	31	1.449
合計	240.58	70	3.153

丸太径：末口 6.0cm-18.0cm 平均 11.18cm

丸太長： 2.0m-5.0m 平均 3.19m

0.29本/分 0.013 m^3 /分

表-3 間伐材搬出作業車運転者の要素作業別時間とその構成比

(A作業者の場合)			(K作業者の場合)		
要素作業	時間(分)	構成比(%)	要素作業	時間(分)	構成比(%)
歩行	1.00	0.98	ワイヤー持引歩行	7.17	5.24
ワイヤー持引歩行	5.17	5.05	作業車操作	84.50	61.75
集材準備	7.50	7.33	集材準備	6.00	4.38
土場材卸	3.83	3.75	土場材卸	6.83	4.99
作業車操作	41.17	40.23	作業車走行(乗)	16.83	12.30
走行準備	0.33	0.33	作業車走行(歩)	9.50	6.94
作業車走行(乗)	39.67	38.76	待ち	6.00	4.38
作業車走行(歩)	0.83	0.81	合計	136.83	100.00
待ち	2.83	2.77			
合計	102.33	100.00			

表-4 間伐材搬出補助者(荷掛け)の要素作業別時間とその構成比

(A作業者の場合)			(K作業者の場合)		
要素作業	時間(分)	構成比(%)	要素作業	時間(分)	構成比(%)
土場整理	0.67	0.48	歩行	35.67	34.57
歩行	23.50	16.93	林内歩行	1.67	1.62
嵩持ち登り歩行	17.00	12.24	嵩持ち登り歩行	4.33	4.20
ワイヤー持引歩行	13.50	9.72	ワイヤー持引歩行	3.83	3.72
集材準備	1.83	1.32	集材準備	2.17	2.10
土場材卸	3.50	2.52	土場材卸	4.33	4.20
機械操作	0.50	0.36	荷はずし	4.67	4.52
荷はずし	5.67	4.08	作業車積込荷掛け	3.83	3.72
作業車積込荷掛け	5.17	3.72	林地内荷掛け	2.50	2.42
林地内荷掛け	7.83	5.64	走行準備	2.50	2.42
走行準備	3.33	2.40	材積込ウインチ	10.17	9.85
材積込ウインチ	13.00	9.36	トラブル	2.83	2.75
嵩使用	1.67	1.20	人力積込	0.67	0.65
人力積込	1.33	0.96	待ち	23.00	22.29
待ち	40.33	29.05	材の整理	1.00	0.97
合計	138.83	100.00	合計	103.17	100.00

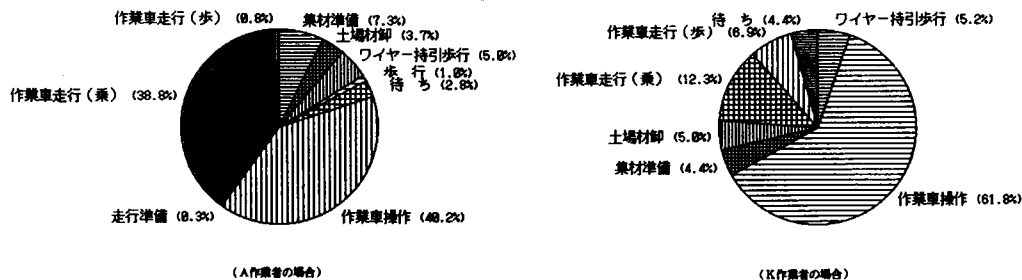


図-1 間伐材搬出作業車運転者の要素作業頻度

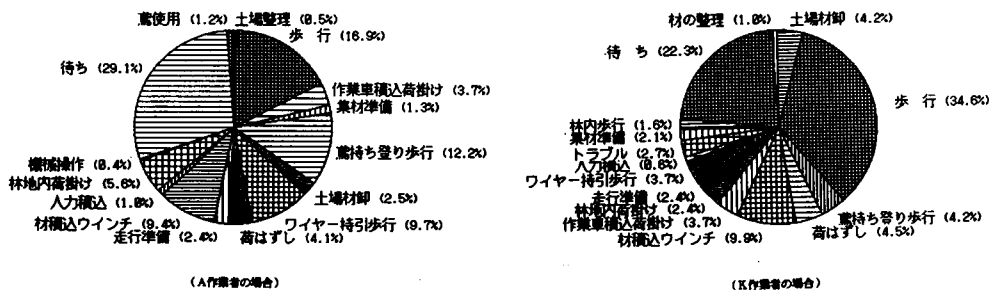


図-2 間伐材搬出補助者(荷掛け)の要素作業頻度

については2回目、作業者Kについては初めてと云うこと、また、作業強度の調査でもあるためこのような結果になったものと考え。

2. 作業者の作業中の生理負担

作業者A・Kの林内作業車の運転、補助作業の要素作業別平均心拍数、毎分当りのステップ回数、エネルギー消費量、体重1キログラム当りの毎分のエネルギー消費量および平均R.M.R(エネルギー代謝率)を示したのが表-5、表-6、および図-3~図-8である。

1) 作業中の心拍数の変動

林内作業車の運転について要素作業別の心拍数の変動をみると、作業者Aの場合平均心拍数は、土場で材を林内作業車から人力で下ろす作業109.6拍/分、材を積んだ作業車の横についての歩行移動106.8拍/分、集材作業準備102.5拍/分ついで歩行、走行準備、ワイヤー持って引き歩行、待ち、作業車操作といった順に低い値を示し、最も低かったのは作業車に乗っての移動で88.6拍/分であった。また、最も高い心拍数を示した要素作業は、土場での材卸作業で132拍/分~90拍/分 平均 109拍/分、全体としては、132拍/分~78拍/分 平均 98.6拍/分であった。

作業者Kについては、作業者Aより全体的に幾分高い心拍数を示し要素作業別の心拍数の値は、多少の違いはあるがほぼ作業者Aと同じ様な傾向を示している。また、最高の心拍数を示したのは集材準備作業で、132拍/分~102拍/分 平均 116.8拍/分、最も低い値を示したのが作業車操作で、132拍/分~54拍/分 平均 102拍/分、全体としては、138拍/分~84拍/分 平均 109拍/分であった。

次に、間伐材搬出補助(荷掛け)作業について要素作業別平均心拍数の変動につてみると、作業者Aの場合高い心拍数を示したのは、鷹を持って登り歩行、材の荷外し、作業車に材を積み込むための荷掛け、ウインチによる材の積込みおよび人力での材の積込み作業で、その値は、118拍/分~120拍/分、ついで土場整理、ワイヤー持って引きながら歩行、鷹による材の移動、土場での材卸、待ちおよび荷掛けで114拍/分~106拍/分、その他集材準備、歩行等が続いている。最も高い値を示したのは、人力による材の積込み作業で138拍/分~114拍/分 平均 120拍/分、材の荷外し、132拍/分~96拍/分 平均 120拍/分、最も低い値を示したのが集材準備で、96拍/分~90拍/分 平均 92拍/分、全体としては、144拍/分~78拍/分 平均 109拍/分であった。

作業者Kの場合、作業中の心拍数は、作業者Aに比べるとかなり高い値を示し要素作業別の平均心拍数の変動は、作業者Aの場合とほぼ同じ傾向を示している。そして、最も高い値を示した作業は、鷹を持っての登り歩行、162拍/分~132拍/分 平均 144.7拍/分、最も低い値を示したのは、集材準備で120拍/分~96拍/分 平均 109拍/分で、全体としては、168拍/分~78拍/分

表-5 間伐材搬出作業車運転者の要素作業別心拍数・エネルギー代謝量・R.M.R

(A作業者の場合)

要素作業	平均 心拍数	最大 心拍数	最小 心拍数	ステップ 回数 平均	消費 エネルギー Kcal/Min	全消費 エネルギー Kcal	消費 エネルギー Kcal/Kg/Min	平均 R.M.R
歩行	101.0	102.0	96.0	18.8	8.30	8.3	0.143	7.0
ワイヤー持引歩行	96.2	120.0	78.0	16.8	7.56	39.1	0.130	6.2
集材準備	102.5	132.0	84.0	19.4	8.54	64.0	0.147	7.2
土場材卸	109.6	132.0	90.0	22.3	9.62	36.9	0.166	8.3
作業車操作	90.1	114.0	78.0	14.3	6.63	272.8	0.114	5.3
走行準備	99.0	102.0	96.0	18.0	7.99	2.7	0.138	6.7
作業車走行(乗)	88.6	114.0	78.0	13.7	6.39	253.6	0.110	5.1
作業車走行(歩)	106.8	108.0	102.0	21.1	9.19	7.7	0.159	7.8
待ち	93.5	102.0	84.0	15.7	7.15	20.3	0.123	5.8
平均	98.6	132.0	78.0	17.8	7.93	811.7	0.137	6.6

(K作業者の場合)

要素作業	平均 心拍数	最大 心拍数	最小 心拍数	ステップ 回数 平均	消費 エネルギー Kcal/Min	全消費 エネルギー Kcal	消費 エネルギー Kcal/Kg/Min	平均 R.M.R
ワイヤー持引歩行	104.9	120.0	90.0	11.6	7.42	53.2	0.091	4.0
集材準備	116.8	132.0	102.0	16.0	9.73	58.4	0.119	5.6
土場材卸	113.7	132.0	96.0	14.8	9.12	62.3	0.111	5.2
作業車操作	102.7	132.0	84.0	10.8	6.99	590.8	0.085	3.7
作業車走行(乗)	106.5	132.0	90.0	12.2	7.73	130.1	0.094	4.2
作業車走行(歩)	110.0	138.0	90.0	13.5	8.41	79.9	0.103	4.7
待ち	108.2	126.0	90.0	12.8	8.05	48.3	0.098	4.4
平均	109.0	138.0	84.0	13.1	8.21	1123.2	0.100	4.5

分 平均 129拍/分であった。

なお、作業者Aと作業者Kとの間の心拍数の違いは、作業者Aは年齢42才、身長160cm、体重58kgと小柄であるのに一方作業者K、年齢50才、身長174cm、体重82kgと大柄であると云った事が影響しているものと考ええる。

2) エネルギー代謝量と労働強度について

作業者A、作業者Kの林内作業車運転作業についての要素作業別エネルギー代謝量および労働強度(R.M.R)は、表-5右側、図-4、5に示す通りである。

まず、作業者Aの場合、毎分体重1Kg当りの消費エネルギーは、心拍数変動の場合と同様土場での材の卸 0.166Kcal/Kg/分、作業車走行についての歩行0.159Kcal/Kg/分、集材作業準備 0.147Kcal/Kg/分、移動歩行0.143Kcal/Kg/分等が高い値を示し、全体として0.166Kcal/Kg/分~0.110Kcal/Kg/分の範囲で平均0.137Kcal/Kg/分であった。また、R.M.Rによる労働強度については、土場での材の卸、作業車走行についての歩行、集材準備、歩行移動等が7.0/分以上と高い強度を示し全体として5.1/分~8.3/分 平均 6.6/分であった。

作業者Kの場合、作業者Aと比べると低く毎分体重1Kg当りの消費エネルギーは、集材準備0.

表-6 間伐材搬出補助者(荷掛け)の要素作業別心拍数・エネルギー代謝量・R.M.R

(A作業者の場合)

要素作業	平均	最大	最小	ステップ	消費	全消費	消費	平均
	心拍数	心拍数	心拍数	回数	エネルギー	エネルギー	エネルギー	
				平均	Kcal/Min	Kcal	Kcal/Kg/Min	R.M.R
土場整理	109.5	114.0	108.0	22.2	9.61	6.4	0.166	8.2
歩行	101.3	120.0	84.0	18.9	8.35	196.3	0.144	7.0
鳶持ち登り歩行	119.0	132.0	102.0	26.1	11.07	188.2	0.191	9.7
ワイヤー持引歩行	109.0	138.0	84.0	22.0	9.53	128.6	0.164	8.2
集材準備	92.2	96.0	90.0	15.2	6.95	12.7	0.120	5.6
土場材卸	108.0	120.0	90.0	21.6	9.38	32.8	0.162	8.0
機械操作	100.0	102.0	96.0	18.4	8.15	4.1	0.140	6.8
荷はずし	120.0	132.0	96.0	26.5	11.22	63.6	0.193	9.8
作業車積込荷掛け	118.1	126.0	102.0	25.7	10.93	56.4	0.188	9.5
林地内荷掛け	106.9	126.0	96.0	21.2	9.20	72.1	0.159	7.8
走行準備	100.2	108.0	90.0	18.5	8.18	27.3	0.141	6.8
材積込ウインチ	118.7	132.0	90.0	26.0	11.02	143.3	0.190	9.6
鳶使用	114.0	114.0	114.0	24.1	10.30	17.2	0.178	8.9
人力積込	120.0	138.0	114.0	26.5	11.22	15.0	0.193	9.8
待ち	106.7	144.0	78.0	21.1	9.17	369.9	0.158	7.8
平均	109.6	144.0	78.0	22.3	9.62	1333.8	0.166	8.3

(K作業者の場合)

要素作業	平均	最大	最小	ステップ	消費	全消費	消費	平均
	心拍数	心拍数	心拍数	回数	エネルギー	エネルギー	エネルギー	
				平均	Kcal/Min	Kcal	Kcal/Kg/Min	R.M.R
歩行	118.2	168.0	84.0	16.5	10.00	356.7	0.122	5.8
林内歩行	130.2	150.0	120.0	20.8	12.32	20.5	0.150	7.4
鳶持ち登り歩行	144.7	162.0	132.0	26.0	15.13	65.5	0.184	9.3
ワイヤー持引歩行	131.0	144.0	114.0	21.1	12.47	47.8	0.152	7.5
集材準備	109.4	120.0	96.0	13.3	8.29	18.0	0.101	4.6
土場材卸	144.2	156.0	114.0	25.9	15.04	65.2	0.183	9.2
荷はずし	137.8	162.0	120.0	23.5	13.79	64.3	0.168	8.4
作業車積込荷掛け	135.1	156.0	108.0	22.6	13.27	50.9	0.162	8.0
林地内荷掛け	128.8	138.0	120.0	20.3	12.05	30.1	0.147	7.2
走行準備	115.2	138.0	84.0	15.4	9.41	23.5	0.115	5.4
材積込ウインチ	140.3	156.0	120.0	24.4	14.27	145.1	0.174	8.7
トラブル	129.9	138.0	120.0	20.7	12.26	34.7	0.149	7.3
人力積込	138.0	144.0	132.0	23.6	13.83	9.2	0.169	8.4
待ち	118.5	162.0	78.0	16.6	10.05	231.1	0.123	5.8
材の整理	124.0	132.0	120.0	18.6	11.12	11.1	0.136	6.5
平均	129.7	138.0	78.0	20.6	12.22	1260.6	0.149	7.3

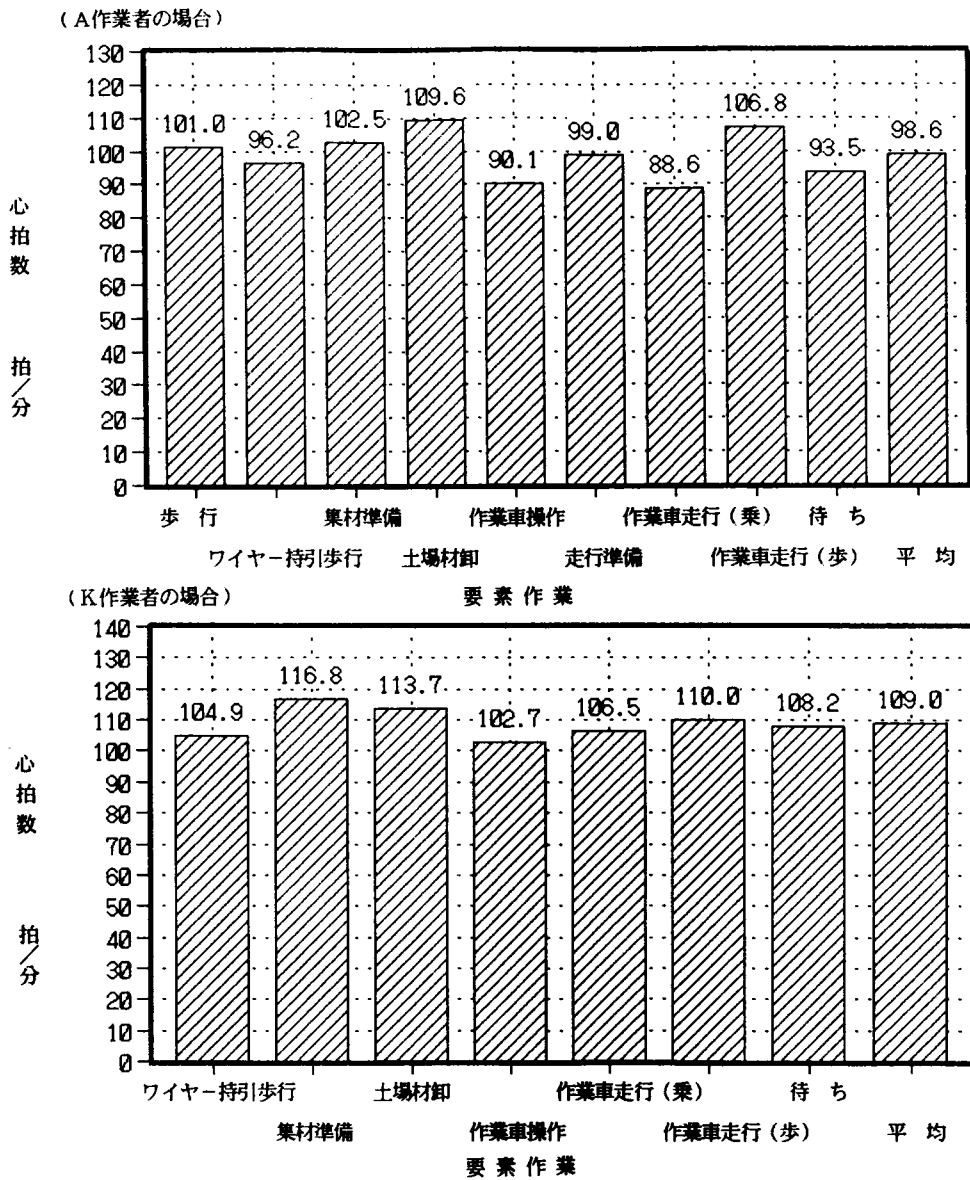


図-3 間伐材作業車運転者の要素作業別心拍数

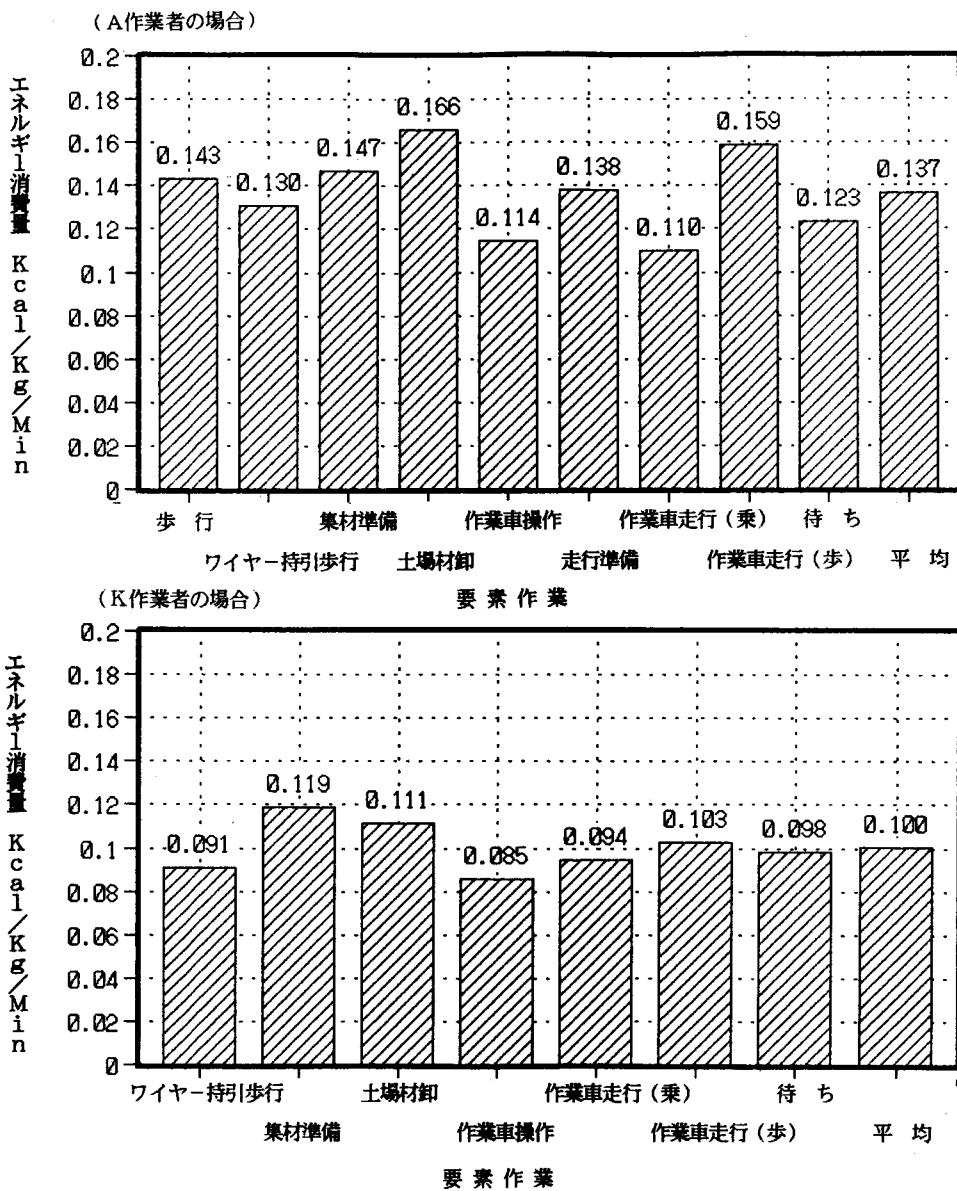


図-4 間伐材作業車運転者の要素作業別エネルギー消費量

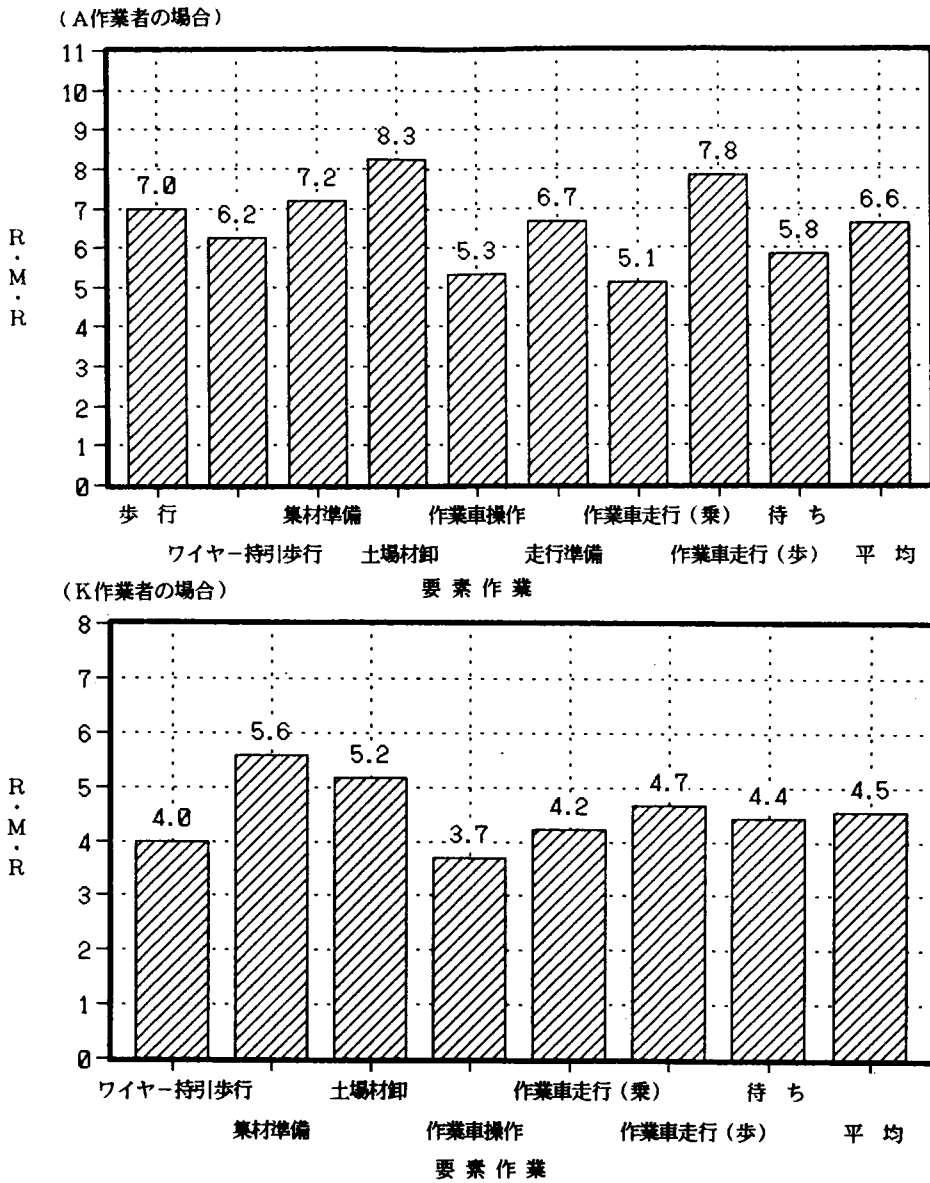


図-5 間伐材作業車運転者の要素作業別 R.M.R.

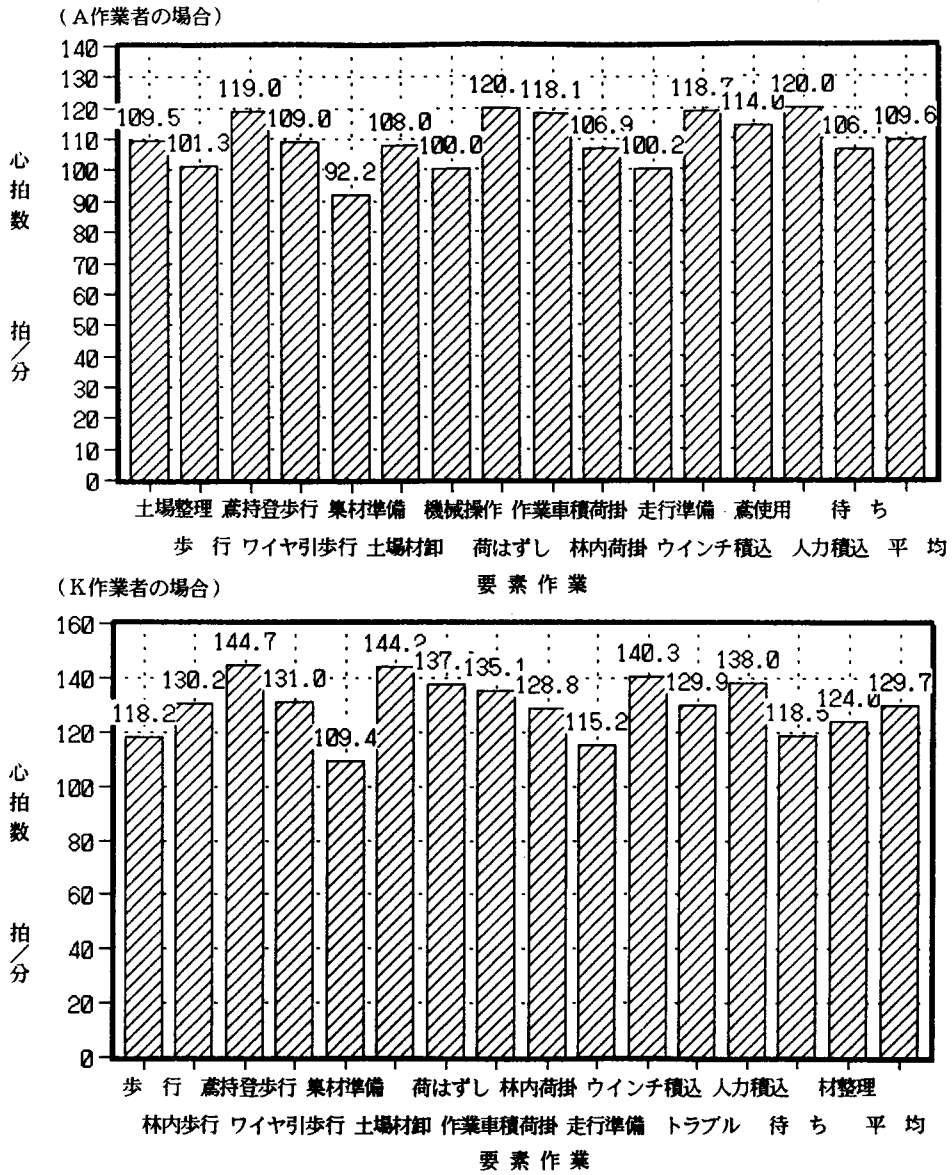


図-6 間伐材搬出補助者(荷掛け)の要素作業別心拍数

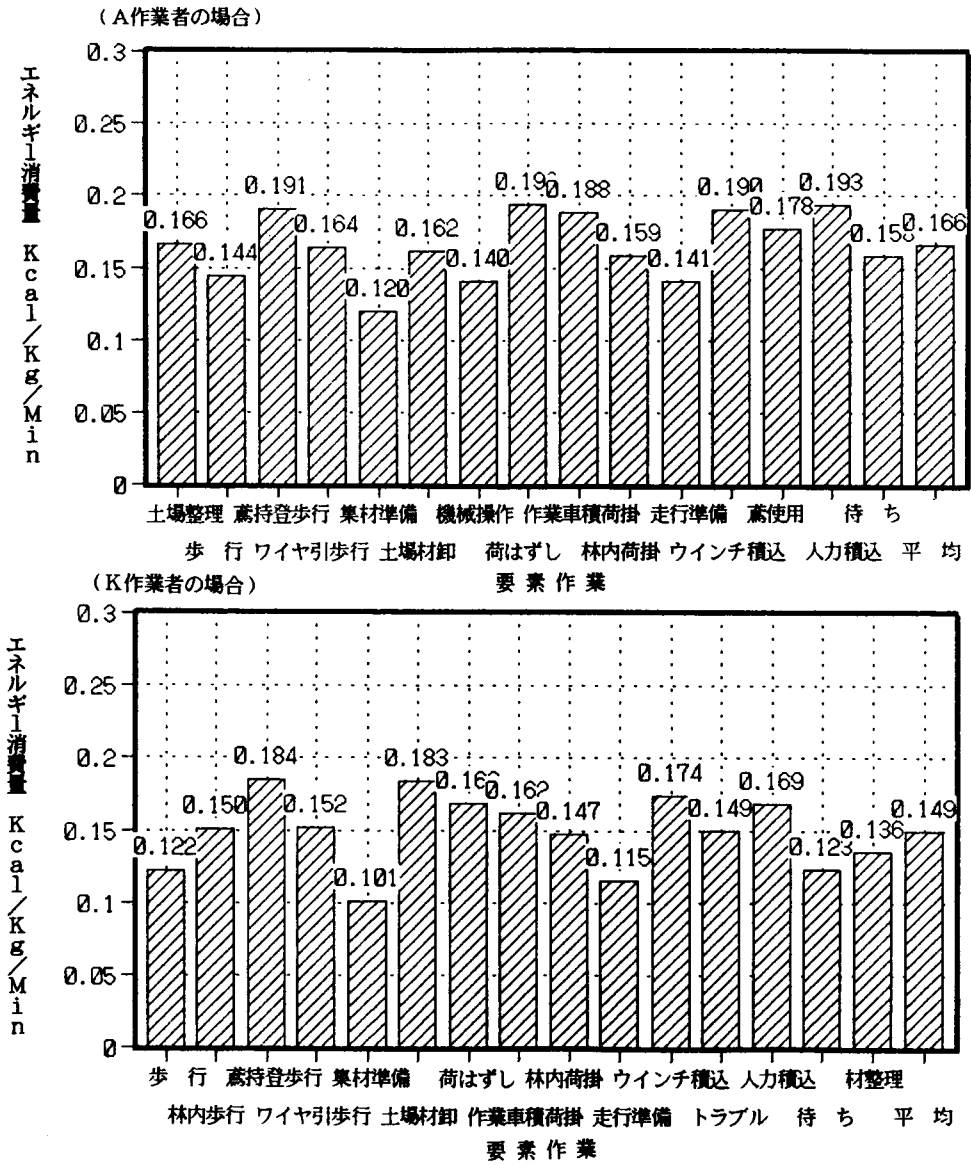


図-7 間伐材搬出補助者(荷掛け)の要素作業別エネルギー消費量

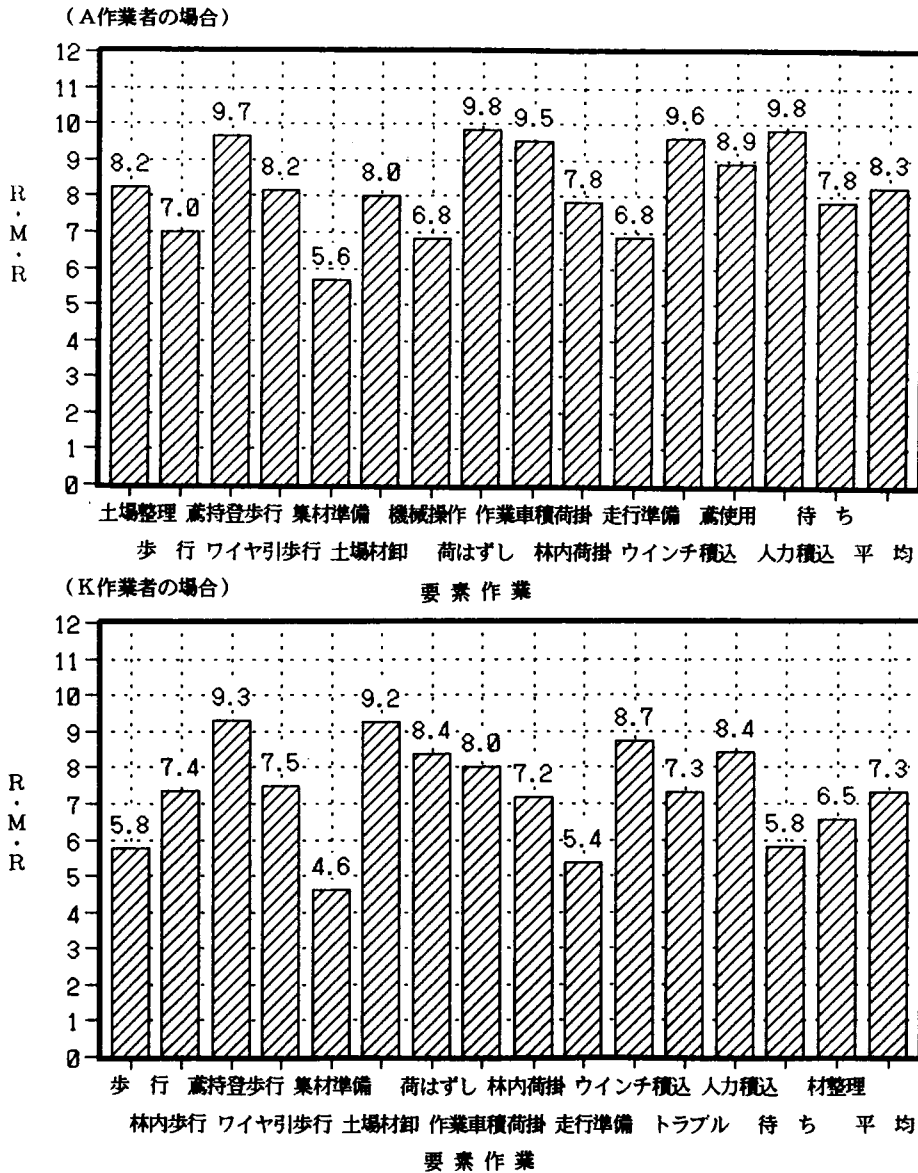


図-8 間伐材搬出補助者(荷掛け)の要素作業別 R.M.R

199Kcal/Kg/分, 土場での材の卸0.111Kcal/Kg/分, 作業車走行についての歩行0.103Kcal/Kg/分等が高い値を示し, 全体としては, 0.199Kcal/Kg/分~0.085Kcal/Kg/分 平均 0.100Kcal/Kg/分であった。

以上の結果を辻ら³⁾により分類された, エネルギー代謝量による労働の等級区分をもとに分類

してみると、作業者Aの場合、激労作業～重労作業 平均重労作業、作業者Kの場合、中等作業～平均 中等作業に近い重労作業に属していることになる。

次に、間伐材搬出補助（荷掛け）作業については、表-6右側、図-7、8に示すとおりである。まず、作業者Aの場合、毎分体重1Kg当りの消費エネルギーは、全体的に林内作業車運転の場合より高い値を示し、その中でも鳶を持っての登り歩行0.191Kcal/Kg/分、荷外し0.193Kcal/Kg/分、作業車へ材を積込むための荷掛け0.188Kcal/Kg/分、ウインチによる材の積込み0.190Kcal/Kg/分、人力による材の積込み0.193Kcal/Kg/分等が高い値を示し、全体としては、0.193Kcal/Kg/分～0.120Kcal/Kg/分の範囲で平均 0.166Kcal/Kg/分であった。

また、R.M.Rによる労働強度については、集材準備5.6/分、作業車操作6.8/分の要素作業を除いて、ほとんどの作業において7.0/分以上と高い強度を示し、全体としては、9.8/分～5.6/分、平均 8.3/分であった。

作業者Kの場合、毎分体重1Kg当りの消費エネルギーは、作業者Aと比べると幾分低い値を示している。また、作業者Aと同様全体的には、作業者運転の場合より高い値をし鳶を持っての登り歩行0.18Kcal/Kg/分、荷外し0.183Kcal/Kg/分、作業車へ材を積込むための荷掛け0.168Kcal/Kg/分、ウインチによる材の積込み0.174Kcal/Kg/分、人力による材の積込み0.169Kcal/Kg/分等が高い値を示している。全体としては、0.184Kcal/Kg/分～0.101KCAL/Kg/分の範囲で平均0.149Kcal/Kg/分であった。

また、R.M.Rによる労働強度については、歩行5.8/分、集材準備4.6/分走行準備5.4/分、待ち、材の整理等を除いてほとんどの作業において7.0/分以上と高い強度を示し、全体としては9.3/分～4.6/分の範囲で平均 7.3/分であった。

林内作業車運転の場合と同様、以上の結果をエネルギー代謝量による労働等級区分をもとに分類してみると、作業者A重労作業～激労作業、平均激労作業、作業者K重労作業～激労作業、平均重労作業に近い激労作業に属していることになる。

お わ り に

徳山試験地において、職員による林内作業車を使用しての、ヒノキ間伐材搬出作業の工期と作業者の労働強度についての調査結果について述べてきた。結果が示すように、作業になれていないため作業工期は低く、その労働強度も林内作業車運転において重労作業、補助作業においては、激労作業と高い結果であった。しかし、今後このような作業を数多く行い作業内容を把握することにより作業工期はもちろん労働強度もかなり軽減されていくものと考えます。

最後に、この調査に協力して戴いた演習林の酒井徹朗助教授、島根大学瀧本義彦助教授に深く感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) 平川和文(1983) 踏台昇降運動時エネルギー代謝量の推定.体力科学. 32. 285～292
- 2) 沼尻幸吉(1977) エネルギー代謝率と活動代謝について.新労働衛生ハンドブック(増補編). 82～84
- 3) 辻隆道・渡部庄三郎(1965) 林業作業測定を進め方.地球出版(株). 16～17