



[2016-9-BM-007]

산림자원 활용을 위한 현행 굴삭기집재 단목생산체계에서의 임목 및 부산물의 생산성 및 비용분석

이충건¹⁾ · 최윤성⁴⁾ · 주영민¹⁾ · 이상열¹⁾ · 남윤성¹⁾ · 조라훈¹⁾ · 김진명¹⁾ · 오광철¹⁾ ·
조민재²⁾ · 이은재⁵⁾ · 오재현⁴⁾ · 한상균³⁾ · 차두송²⁾ · 김대현^{1)*}

A Study on the Productivity and Cost Analysis of the Timber and Logging Residue in CTL System of Excavator Yarding for Using the Woody Resources

Chung Geon Lee¹⁾ · Yun Sung Choi⁴⁾ · Young Min Ju¹⁾ · Sang Yeol Lee¹⁾ · Yoon Sung Nam¹⁾ · La Hoon Cho¹⁾ ·
Jin Myeong Kim¹⁾ · Kwang Cheol Oh¹⁾ · Min Jae Cho²⁾ · Eun Jai Lee⁵⁾ · Jae Heun Oh⁴⁾ · Sang Gyun Han³⁾ ·
Du Song Cha²⁾ · Dae Hyun Kim^{1)*}

Received 1 February 2016 Revised 16 August 2016 Accepted 18 August 2016

ABSTRACT The interest in renewable energy is increasing because of higher growth in global energy consumption and limited fossil fuel reserve. In Republic of Korea, the necessity of lignocellulosic biomass is increasing and research on utilization of logging residue is growing. , due to low economic efficiency, domestic logging residue is not being utilized, and many studies are being conducted to solve this issue. The final harvesting cost of timber and logging residue in the cut-to-length (CTL) system using the excavator investigated through field survey. Productivity and machine costs were calculated time and motion study methods and German forestry operation and machine board (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V., KWF) analysis methods. The harvesting costs of timber and logging residue were calculated 43,968 KRW/ton, and 71,079 KRW/ton, respectively. This study helps to validate data on the economics of timber and logging residue in the existing CTL system using an excavator, and presents the feasibility of the supply and utilization of hole-tree system using high-performance forestry machines.

Key words Logging residue(임목부산물), Excavator yarding(굴삭기 집재), Cut-to-length(CTL) system(단목생산체계), Timber harvesting system(임목생산체계), Economic analysis(경제성 분석)

1) Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture
and Life Sciences, Kangwon National University
E-mail: daekim@kangwon.ac.kr
Tel: +82-33-250-6496 Fax: +82-33-259-5561

2) Department of Forest Management, College of Forest and
environmental Sciences, Kangwon National University

3) Department of Forestry and Landscape Architecture, Korea
National College of Agriculture and Fisheries

4) Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute,
Korea Forest Service

5) Department of Forest Science, Seoul National University

1. 서론

전 세계적으로 지속적인 에너지 소비량 증가와 환경오염 문제는 신재생에너지의 필요성을 크게 부각시키고 있다. 이에 따라 국내의 목질계 바이오매스의 수요량도 커지고 있으며 공급량이 부족한 어려움을 겪고 있다.^[1] 현재 국내에서는 이러한 어려움을 해결하기 위하여 1970년대 이후 치산녹화(治山綠化) 10개년 계획과 산림기본계획을 통하여

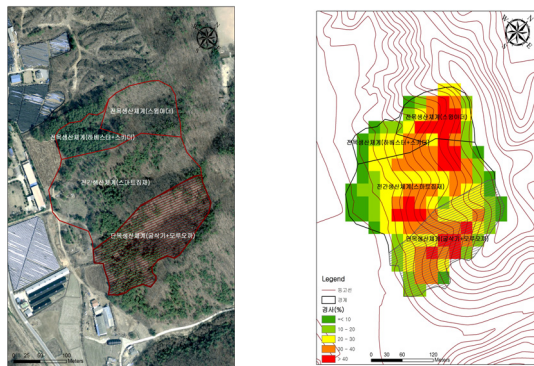
국토의 65% 이상이 산림으로 채워졌고, 이 중 벌기령(伐期齡)에 도달한 67% 이상 산림의 임목수확작업이 활발히 진행되고 있다.^[2] 하지만 벌채되는 전체 임목재적 중 54%는 임목부산물로, 수집 및 이용가치가 낮아 경제성확보가 어려워 활용이 되지 못하고 있다.^[3] 연간 버려지는 국내의 임목부산물 자원은 약 130만 ton/year(약 58.5만 toe/year)의 높은 경제적 가치를 지니고 있어 수집 및 이용방안에 대한 연구가 다방면에서 이루어지고 있다.^[1] 특히, 임내에 잔재된 임목부산물은 산불발생 시 확산경로로 이용될 위험성까지 내재하고 있다.^[4]

현재 국내의 집재방식은 임지 특성에 맞추어 대부분 그래플(Grapple)을 장착한 굴삭기로 임지사면을 이동하며 작업효율성을 향상시킬 수 있는 하향집재를 실시하고 있다.^[5] 하지만 이러한 굴삭기집재방식은 임지훼손이 심각하고 급경사 임지에서의 작업은 안전 미확보문제가 있으며, 노동자의 기피현상과 고령화로 인력부족현상에 시달리고 있다.^[2] 본 연구는 임목부산물의 효율적인 활용을 위하여 굴삭기집재 단목생산체계의 수확비용을 이용한 경제성 분석을 통하여 임목 및 부산물 이용의 고성능 임업기계의 활용과 보급의 타당성을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상지 개요

연구대상지는 Figure 1과 같이 연구대상지 경계, 지형도, 경사도 등을 나타낼 수 있고, 개요는 Table 1과 같으



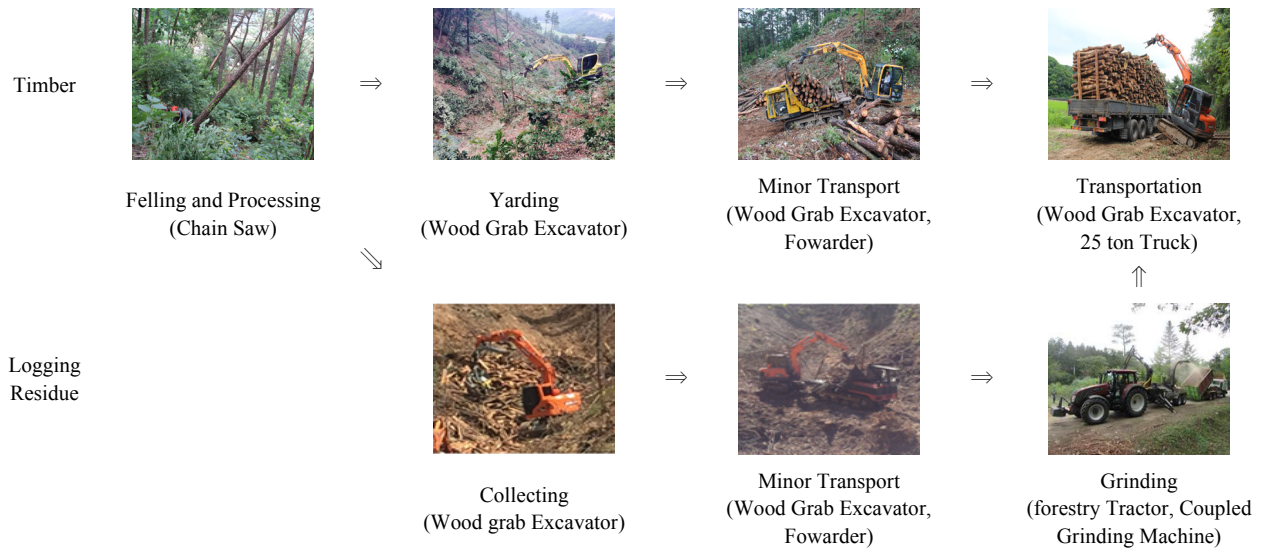


Fig. 2. Cut-to-length system

상으로 하였다. 집재작업은 5톤급 굴삭기(DX55, DOOSAN, Republic of Korea)에 우드그랩(Excavator equipped with grapple)을 이용하여 하향집재를 하였고 소운반작업은 우드그랩과 임내차(MST800, MOROOKA, Japan)를 이용하여 진행하였다. 운송작업은 우드그랩과 25톤 트럭(TRAGO, HYUNDAI, Republic of Korea)을 이용하여 진행하였다.

2.3.2 임목부산물의 단목생산체계

임목부산물의 생산체계는 수집작업, 소운반작업, 파쇄작업, 운송작업으로 이루어져 있으며 Figure 2를 통해 나타낼 수 있으며, 일반적으로 임목부산물의 집재작업은 단목집재를 할 때 동시에 이뤄지거나 단목집재가 종료된 후 시작한다(Figure 2). 임목부산물은 단목생산체계에서 임목을 벌도 및 조재과정에서 부가적으로 생산되므로 임목부산물 생산체계는 집재작업부터 공정이 시작된다. 집재작업과 소운반작업은 임목의 단목생산체계와 동일하게 이루어진다. 파쇄작업은 목재파쇄기 종류에 따라 차이가 있을 수 있으나 임업용트랙터 부착식 목재파쇄기(C645T, KESLA, FINLAND)를 이용하여 파쇄기에 부착된 그래플(Grapple)을 이용하여 파쇄작업이 진행된다. 운송작업은 파쇄작업에서 목재칩이 분출될 때 직접적으로 박스형 25톤 트럭에 적재 후 목적지까지 운송한다.

2.4 조사방법

1) 생산성

모든 공정조사는 시간동작연구(Time and Motion Study) 방법을 적용하였다. 각 공정별 작업시간은 초시계를 이용하여 측정하였다. 일일 작업시간은 근로기준법에 의거한 법정 노동시간 8시간을 기준으로 하였고 임목의 경우 총 생산량은 운송작업이 종료된 후 운송장에서 측정한 값을 사용하였으며, 임목부산물의 경우 로드셀 저울을 이용하여 소운반 공정에서 임내차의 공차무게와 적재 시 무게를 이용하여 측정하였다. 표본 수 약 10개를 기준으로 평균치(Average of the weight of logging residue, AW)를 적용하였고 소운반 횟수(Number of minor transport, MN)를 곱하여 총 생산량(Total products, Tp)을 산출하였고 식 (1)을 이용하여 나타내어진다.

$$Tp = AW \times MN \quad [\text{KRW/ton}] \quad (1)$$

2) 기계비용

기계비용의 필요한 인자 중 유류소비량은 작업시작 전에 유류를 완전히 채운 후 작업이 종료될 때 다시 완전히 채우는 방식으로 유류소비량을 측정하였다. 그 외에 장비의 초기구입비용, 장비의 내구년수, 장비의 경제적수명, 실제 연간가동시간, 수리정비계수, 윤활유계수, 장비의 이

자율 등을 포함하는 인자들은 관련문헌의 자료들을 이용하였다.

2.5 분석방법

단목생산체계에서 임목 및 부산물 수확작업의 비용산출은 하루의 모든 공정을 포함하는 전체작업시간(Scheduled Machine Hours, 이하 SMH)^[7]을 기준으로 계산하였다. 수확비용은 생산성과 기계비용을 이용하여 분석되었다. 생산성(Productivity, P)은 각 공정별 총 생산량(Total production, Tp)과 소요된 시간(Operating time, Ot)을 사용하여 도출되며, 식 (2)를 통해 나타내어진다. 또한 기계비용은 독

일 산림작업 임업기계위원회(Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V, KWF)에서 정한 기계비용분석법(이하 KWF분석법)을 이용하여 도출되었다. 이 방법은 기계의 가동시간에 따라 감가상각비를 다르게 적용하는 방법으로 기계를 운용하는데 소요되는 초기 구입비, 이자, 감가상각비, 등의 고정비와 수리정비비, 윤활유비, 유류비 등과 같은 운용비, 인건비 등을 포함하고 있으며 Table 2와 같이 나타내어진다.^[7] 기계비용에서 유류비용은 2015년도 7월 이전지역 단가를 적용하였고 인건비는 2015년도 정부노임단가(특별인부 : 108,245KRW)를 적용하였으며 연간가동시간은 2,000hr를 적용하였다.

$$P = \frac{T_p}{O_t} \quad [\text{ton/hr}] \quad (2)$$

Table 2. Machine cost using KWF method^[7]

Contents		Unit
Coefficient		
Price	(P)	KRW
Endurance period	(N)	yr
Machine Economic life	(H)	hr
Annual operating time	(J)	hr
Fuel(dissel) consumption	(Fuel Price KRW/ L)	L/hr
Coefficient of repair and maintenance	(r)	-
Coefficient of lubeoil	(o)	-
Interest rate	(j)	%/yr
Machine cost		
Depreciation	P/H or P/(N·H)	KRW/hr
Interest	0.5·P·i·0.01/J	
Costs of repair and maintenance	P/H·r or P·r/(N·H)	
Fuel (dissel) cost	Fuel Price· Fuel consumption· (1+(o))	
Transportation cost (Trailer rental etc.)	1000 KRW/year	
Other cost (Insurance, storage fee etc.)	1000 KRW/year	
Machine cost subtotal	The sum of machine costs	KRW/hr
Labor cost		
Labor cost (50% Inclusion incidental expense)	Labor cost per hour ×1.8	KRW/hr
Total machine cost (Inclusion labor cost)	Machine costs subtotal + Labor cost	KRW/hr

Table 2에서 (P), (N), (H), (J), (r), (o), (j)는 각각 장비의 초기구입비용, 장비의 내구년수, 장비의 경제적수명, 실제 연간가동시간, 수리정비계수, 윤활유계수, 장비의 이자율이다. 각각의 인자들은 감가상각비, 이자비용, 수리유지비, 유류비용을 계산할 때 사용된다.^[7] 이동비용은 실제 사용되고 있는 운송업체의 금액을 기준으로 적용하였다. 인건비는 고용노동부의 근로기준법에 따른 특수인부 인건비를 적용하였다.

수확비용(Harvesting cost, Hc, KRW/ton)은 앞서 구해진 기계비용(Machine cost, Mc, KRW/hr)과 생산성(Productivity, P, ton/hr)을 이용하여 산출되며 식 (3)을 통하여 나타낼 수 있다.^[8,9]

$$H_c = \frac{M_c}{P} \quad [\text{KRW/ton}] \quad (3)$$

단목생산체계의 임목 및 임목부산물 수확 시스템생산성(System productivity, S, ton/hr)은 각 공정별 생산성(Productivity, P_a, P_b, P_c, P_d...)을 이용하여 식 (4)를 통해 산출할 수 있다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_a} + \frac{1}{P_b} + \frac{1}{P_c} + \frac{1}{P_d} \dots \quad (4)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 임목의 단목생산체계

3.1.1 생산성

단목생산체계에서 임목수확의 각 공정별 생산성은 Table 3과 같이 나타났다.

Table 3의 벌도 및 조재작업에서는 평균임목중량이 나무 한 그루당 0.28ton이고 시간당 약 9본을 벌도하여 2.6

ton/hr의 생산성이 산출되었다. 집재작업에서는 총 작업량 290.8ton으로 전체작업일수는 5day가 소요되었으며 시간당 생산성이 7.3ton으로 산출되었다. 소운반 작업에서는 총 작업량 772.8ton으로 전체작업일수는 4.1day가 소요되었으며 시간당 생산성 23.4ton으로 산출되었다. 적재 및 운송 작업에서는 총 작업량 772.8ton으로 전체작업일수는 6.3day로 소요되었으며 시간당 생산성 15.4ton으로 산출되었다. 이를 통해 시스템생산성은 1.34ton/hr로 산출되었다.

Table 3. Productivity of timber in CTL system

Division	Felling and processing	Yarding	Minor transport	Loading and transportation	CTL System
Productivity (ton/man·hr)	2.6	7.3	23.4	15.4	1.34

3.1.2 기계비용

단목생산체계에서 임목수확작업에서 각 공정별 사용된 기계비용은 Table 4와 같이 표현되었다.

Table 4. Machine costs of timber in CTL system

Contents	Unit	Felling and processing (Chain saw)	Yarding (Wood grab excavator)	Minor transporting		Transportation	
		Expert		(Wood grab excavator)	(Fowarder)	(Wood grab excavator)	(25 ton Truck)
Coefficient							
Price	1000 KRW	900	54,000	54,000	110,000	54,000	Reality allowance apply (Reality cost × Total amount of work done) 14,000 (KRW/ton) × 780.81 (ton)
Endurance period	yr	1	5	5	10	5	
Economic life	hr	2,000	14,000	14,000	20,000	14,000	
Annual operating time	hr	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
Fuel (dissel) consumption	L/hr	0.8	8.1	8.1	6.88	8.1	
Coefficient of repair and maintenance		0.6	0.8	0.8	0.9	0.8	
Coefficient of lube oil		0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	
Interest rate	%/yr	10	10	10	10	10	
Machine costs							
Depreciation	KRW/hr	450	3,857	3,857	5,500	3,857	
Interest expense		23	1,350	1,350	2,750	1,350	
Costs of repair and maintenance		270	3,086	3,086	4,950	3,086	
Fuel(dissel) cost		1,891	15,252	15,252	12,898	15,252	
Transporting cost (Trailer rental etc.)		—	540	540	825	540	
Other cost (Insurance, storage fee etc.)	KRW/hr	2,634	24,085	24,085	26,923	24,085	
Labor cost							
Labor cost (50% Inclusion incidental expense)	KRW/hr	38,250	24,355	24,355	24,355	24,355	
Total machine cost (Inclusion labor cost)	KRW/hr	40,884	48,440	48,440	51,278	48,440	218,627
				99,718		267,067	

3.2 임목부산물의 단목생산체계

3.2.1 생산성

단목생산체계에서 임목부산물의 생산성은 다음 Table 5와 같이 나타났다.

Table 5에서 집재작업은 총 작업량 86.44ton으로 전체 작업일수는 2.5day, 투입 굴삭기 우드그랩은 2대로, 1대 기준 총 5일이 소요되었으며, 집재작업 시 임목과 부산물을

동시에 작업했다. 임목과 부산물의 작업비율은 임목 59.3%, 임목부산물 40.7%로, 생산성은 5.30ton/hr으로 산출되었다. 상차 및 소운반 작업에서는 총 작업량 86.44ton, 전체 작업일수는 1day로 투입장비는 굴삭기 우드그랩 1대와 임내차 1대를 1조로 하여 2개조가 투입되었으며, 시간당 생산성은 5.40ton으로 산출되었다. 본 연구지에서 파쇄작업과 적재 및 운송은 실시하지 않았고 생산성과 기계비용에서 파쇄와 적재 및 운송작업은 참고문헌^[10]을 사용하였다. 파쇄작업 시 목재 파쇄물은 파쇄와 동시에 박스형 25톤 트럭에 적재되므로 생산성은 파쇄작업과 동일한 것으로 판단된다.

Table 5. Productivity of logging residue in CTL system

Division	Yarding	Loading and minor transporting	Grinding	Loading and Transportation	CTL system
Productivity (ton/man·hr)	5.30	5.40	8.58	8.58	1.65

3.2.2 기계비용

단목생산체계에서 임목부산물수확작업에서 각 공정별 사

Table 6. Machine costs of logging residue in CTL system

Contents	Unit	Yarding (Wood grab excavator)	Minor transporting		Grinding		Transportation
			(Wood grab excavator)	(Fowarder)	(Forestry tractor)	(Coupled grinding machine)	(25 ton Truck)
Coefficient							Reality allowance apply (Reality cost × Total amount of work done) 15,000 (KRW/ton) × 86.44 (ton)
Price	1000 KRW	54,000	54,000	110,000	247,000,000	246,000,000	
Endurance period	yr	5	5	10	10	5	
Economic life	hr	14,000	14,000	20,000	10,000	5,000	
Annual operating time	hr	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
Fuel (dissel) consumption	L/hr	8.1	8.1	6.88	34	—	
Coefficient of repair and maintenance		0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	
Coefficient of lube oil		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
Interest rate	%/yr	10	10	10	10	10	
Machine costs							
Depreciation	KRW/hr	3,857	3,857	5,500	24,750	49,200	
Interest expense		1,350	1,350	2,750	6,188	6,150	
Costs of repair and maintenance		3,086	3,086	4,950	19,800	39,360	
Fuel(dissel) cost		15,252	15,252	12,898	63,784	—	
Transporting cost (Trailer rental etc.)		540	540	825	3,713	7,360	
Other cost (Insurance, storage fee etc.)	KRW/hr	24,085	24,085	26,923	130,610	102,090	
Labor cost							
Labor cost (50% Inclusion incidental expense)	KRW/hr	24,355	24,355	24,355	23,978	—	
Total machine cost (Inclusion labor cost)	KRW/hr	48,440	48,440	51,278	142,212	102,090	128,707
			99,718		244,302		

용된 기계비용은 Table 6과 같이 나타났다.

3.3 임목 및 부산물의 단목생산체계

3.3.1 수확비용

임목 및 임목부산물의 수확비용은 식 (3)을 이용하여 산출하였고 각 공정별로 산출된 수확비용을 합산하여 총 수확비용을 구하였다. 임목의 수확비용은 43,968KRW/ton, 임목부산물의 수확비용은 72,522KRW/ton으로 산출되었으며 다음 Table 7, 8과 같이 나타낼 수 있다.

3.3.2 타 연구사업과 비교

2010년 북부지방산림청과 동화기업이 수행한 임지잔재 시범화 사업에서도 현행 굴삭기를 이용한 임목과 임목부산물의 수확비용에 관하여 연구를 진행하였다. 임목의 수확비용은 70,915KRW/ton, 임목부산물의 수확비용은 99,270KRW/ton으로 산출되었으며 다음 Table 8과 같이 나타낼 수 있다.^[11] 타 연구사업과 비교결과 북부지방산림청과 동화기업이 수행한 수확비용이 더 높은 것으로 나타났다. 비

교분석을 위해 본 연구에서 사용된 유류가격을 2010년 타 연구사업 사업대상지의 유류단가로 적용하였다. 두 사업 모두 임목대비 임목부산물 수확비용이 26,825KRW/ton 및 28,355KRW/ton으로 높게 나타났다. 타 연구사업의 임목과 부산물 수확비용은 본 연구사업보다 각각 24,331KRW/ton, 25,861KRW/ton으로 높게 나타났으나, 이는 연구대상지의 차이로 인한 임목구입비, 운반비용, 운재로 개설 작업비용의 차이로 판단된다. 타 연구사업의 임목수확에서 임목구입비, 운반비용, 운재로 개설 작업비용은 34,040KRW/ton이며 임목부산물의 운반비용은 42,686KRW/ton으로, 본 연구보다 각각 16,698KRW/ton, 27,686KRW/ton 높게 나타났다. 하지만 본 연구에서는 공정분석으로 임목구입비용을 고려하지 않았다. 임목구입비용을 고려할 경우, 임목과 부산물 수확비용은 연구대상지의 차이로 인한 운반비의 차이로 타 연구사업이 비용이 높게 나타난 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 경기도 이천시 호법면 매곡리 산41(17임반 3소반)에 위치한 약 7.2ha의 면적 중 2.3ha에서 실시되었다. 현재 우리나라에서 일반적으로 많이 사용되는 단목생산체계에서 임목 및 부산물의 생산성 및 수확비용에 관한 분석을 실시하였고, 추후 고성능임업기계에 관한 연구와 비교할 수 있는 검증자료로 활용할 수 있는 연구를 수행하였다. 단목생산체계에서 임목 및 부산물의 시스템생산성은 각각 1.34ton/hr, 1.65ton/hr으로 산출되었고 수확비용은 각각 43,968KRW/ton, 72,522KRW/ton으로 산출되었으며 임목부산물은 임지 내에 산재되어 있는 상태의

Table 7. Total harvesting costs of timber

Division	Timber		
	Productivity (ton/hr)	Machine cost (KRW/hr)	Harvesting cost (KRW/ton)
Felling and processing	2.6	40,884	15,724
Yarding	7.3	48,440	6,636
Minor transportation	23.4	99,718	4,261
Transportation	15.4	267,067	17,342
Total	—	—	43,968

Table 8. Total harvesting costs of logging residue

Division	Logging residue		
	Productivity (ton/hr)	Machine cost (KRW/hr)	Harvesting cost (KRW/ton)
Yarding	5.30	48,440	9,140
Minor transportation	5.40	99,718	18,466
Grinding	8.58	244,302	28,473
Transportation	8.58	128,707	15,000
Total	—	—	71,079

Table 9. Comparison of the harvesting cost and the results of other research projects^[11]

(Unit: KRW)

Condition	This study (2015 Fuel price applied)	This study (2010 Fuel price applied)	Other study (2010 Fuel price applied)
Timber	43,968	46,584	70,915
Logging residue	72,522	73,409	99,270
Difference	28,554	26,825	28,355

미 가공(Bulk)형태로 집하장에 집재를 하여 파쇄공정이 진행되었다. 임목부산물의 수확비용은 임목수확비용에 비해 28,554KRW/ton 가량 비용이 더 높은 것으로 나타났다. 또한 2010년 북부지방산림청과 동화기업이 수행한 임지잔재 시범화 사업과 비교결과 임목부산물 수확비용은 26,825KRW/ton에서 28,335KRW/ton으로 비용이 높게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 타 연구사업의 임목 및 부산물 수확비용은 본 연구사업보다 각각 24,331KRW/ton, 25,861KRW/ton으로 높게 나타났다. 이는 연구대상지와 공정분석방법의 차이로 인한 임목구입비, 운반비, 운재로 개설 작업비의 미고려 및 비용 차이로 판단된다. 현재 임목부산물은 주로 에너지용 목질계 바이오매스로 사용된다. 그러나 임목부산물 특성상 임목에 비하여 재적은 현저히 작고 굴삭기 집재의 특성상 임목부산물을 산 정상에서부터 사면을 따라 굴리면서 하향집재를 하기 때문에 흙, 모래, 먼지 등과 같은 불순물이 다량 함유될 가능성이 높다. 목재칩을 대상으로 임목과 부산물을 비교 시 목재칩의 품질이 낮으며 수확비용이 약 28,000won/톤 높은 임목부산물은 경제성이 매우 낮은 것으로 판단된다. 이를 개선하기 위해서 임목과 부산물을 동시에 수확할 수 있는 전목생산체제와 작업자의 안전과 산림훼손방지를 위한 고성능 임업기계의 사용이 필요한 것으로 판단된다. 또한 국내임지에서 고성능 임업기계를 이용한 전목생산체제 연구와 비교를 통하여 임목부산물의 활용도와 경제성은 높아질 것으로 예상된다. 추후 각 생산체제를 통하여 생산된 목재칩의 품질비교 및 고성능 임업기계를 이용한 전목생산체제에서의 임목 및 부산물의 경제성 분석에 관한 연구가 진행되어질 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 산림청(관리번호: S111414L090100)의 2015년 산림분야 연구개발사업 - '임목부산물 활용성 제고를 위한 저비용 생산·공급기술 개발'에 관한 연구의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Yeong Mo Son, Rae Hyeon Kim, Seon Jeong Lee, So KRW Kim, Jeong Sun Hwang, Hyeon Park, 한국의 산림바이오매스 자원량 및 지도(Map), Korea Forest Research Institute.
- [2] Min Jae Cho, 2015, Efficient tree-length harvesting system using tower-yarder and tractor-yarder, Master's thesis, KangKRW National University.
- [3] Jin Ah Lee, Jae Heun Oh, 2013, Productivity and Cost Analysis of Whole-tree Harvesting System, The Korea Institute of Forest Recreation Welfare Conference book, pp. 836-839.
- [4] Pan Su Lee, 2013, 2013 Forestry magazine 3th, National Forestry Cooperative Federation, Korea.
- [5] Tae Young Song, Mun-Seop Park, Jae KRW Kim, Geon Uh Kang, 1998, Studies on the Comparison of the Working Cost With Skidding Method For Track-type Mini Skidder, Korean Forest Economics Society, 6(2), 20-28.
- [6] KangKRW National University, 2015, Development of low cost production and supply technology for increasing logging residue and non-commercial thinning log utilization, Korea Forest Service.
- [7] Bo Myeong Woo, 1997, 산림공학, 광일문화사, pp. 332-334.
- [8] Miyata, E.S. 1980, Determining fixed and operating costs of logging equipment. U.S. Department of Agriculture Forest Service Gen. Tech. Re. NC=55. pp. 16.
- [9] Bo Myeong Woo, Jong Myeong Park, Joon Woo Lee Nam Hun Chung, A Study on Economical Analysis of Yarding Operation by Cable Crane, Korean Forest Society, 79(4), 413-418.
- [10] Korea Forest Research Institute, 2014, 벌채부산물을 활용한 소규모 분산형 에너지 생산 이용 연구, Korea Forest Research Institute, Korea Forest Service.
- [11] Yeong Cheol Hwang - Member of the national assembly, 2010, 버려지는 임지잔재, 어떻게 자원화할 것인가?, 산림바이오매스 수집 및 자원화 방안마련 국회토론회, National Assembly Library.