

임도 시설에 따른 접근성 개선 및 산림작업비용 절감효과(II) - 목재수확작업을 중심으로 -

황진성 · 지병윤* · 권형근 · 정도현
국립산림과학원 산림생산기술연구소

Effect of Forest Road Network on Accessibility and Cost Reduction for Forest Operations (II) - Harvesting Operations -

Jin Seong Hwang, Byoung Yun Ji*, Hyeongkeun Kweon and Do Hyun Jung
Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 11186, Korea

요 약: 본 연구는 임도의 목재수확작업에서의 활용효과에 대한 실증적 구명을 위해 5개 지방산림청 8개 경영계획구의 실행자료를 토대로 목재수확작업에서의 임도시설 전·후의 접근성 변화와 비용절감 효과를 분석하였다. 분석 결과, 임도 및 공도로부터 500 m 이내 목재수확 작업의 사업실행 면적은 임도 시설 전 평균 25.2%에서 시설 후 평균 88.3%로 약 3.5배 증가하였으며, 임도 시설에 따른 목재수확작업 비용 절감효과는 평균 308천원/km/년인 것으로 나타났다. 이에 임도시설이 목재수확작업을 위한 접근성 개선 및 작업비용 절감효과가 큰 것으로 나타났으며, 임도 시설확충을 위한 지속적 정책추진이 필요할 것으로 판단된다.

Abstract: This study was conducted to analyze the effect of forest road network on accessibility and cost reduction for forest operations before and after forest road construction by investigating harvesting operations in 5 regional Forest Services (8 management planning districts). The results showed that the accessible operation area within 500 m from forest roads or public roads increased about 3.5 times after the forest road construction. The average cost reduction was 308,000 won/km/year. According to the results, forest road had a great effect on improvement of accessibility and reduction effect of forest operation cost. Therefore, the policy for expansion of forest road should be continued for preparing of effective harvesting system.

Key words: forest road, road facilities, timber harvesting, operation cost, road accessibility

서 론

우리나라의 산림은 1970년대 본격적인 숲가꾸기 사업을 추진한 결과 현재 4영급 이상이 65%이상을 차지하고 있어, 주벌수확시기가 도래함에 따라 목재수확량의 급증이 예상된다.

적정 수확시기에 목재를 생산하고 목재수확작업의 작업효율을 높이려면 목재수확을 위한 기계, 장비, 작업원의 이동 및 생산된 목재를 원활하게 운송할 수 있는 임도가 시설되어야 한다. Norihiko(1994), Cha et al.(1998)은 기존에 실행된 대부분의 산림작업들이 임도로부터 근거리에서 집중되어 있는 것으로 나타나 산림의 접근성 개선 및

산림사업의 활성화를 위해 임도는 필수적인 기반시설이라 하였다. 따라서 접근성 개선을 위한 임도망 확충이 지속적으로 이루어져야 할 것이다. ha당 임목축적이 증가함에 따라 목재수확을 위한 임도 또한 확충이 필요하며(Kim et al., 1996), 가선계 집재작업은 작업로를 포함하여 임도 밀도가 88~125 m/ha일 때 가장 생산성이 높은 것으로 보고되고 있다(Forestry Agency, 2006). 하지만 우리나라의 임도밀도는 2015년 현재 3.0 m/ha(KFS, 2015)에 불과해 효율적 목재생산을 위한 26 m/ha에 비해 매우 부족한 실정므로 지속적으로 확대해야 할 필요가 있다(Jung et al., 2005). 이러한 임도는 초기 투자비용이 많이 투입되는 기반시설로서 임도를 확충하기 위한 논리적 근거 마련이 중요하므로 임도의 시설효과에 대한 실증적 연구가 필요하다. 임도의 시설로 인한 효과로서 임도밀도가 증가하면 평

*Corresponding author
E-mail: by83700@korea.kr

Table 1. Study site information.

Regional Forest Service		North		East			South	Center	West	
National forest office		Chuncheon	Hongcheon	Gangneung	Yeongwol	Taebaek	Yeongdeok	Chungju	Jeongeup	Avg.
Management planning district		Chuncheon	Mt. Maehwa	Gangneung	Juchun	Jangseong	Yeongyang	Chungju	Wanju	
Area (ha)	Study site	5,272	1,409	1,987	1,958	1,520	3,039	730	1,519	2,179
	Operation site									
	Actual Gross	968	415	42	282	279	290	252	36	321
Forest types		580	216	76	71	147	119	93	8	164
	Coniferous(%)	53.5	46.6	31.1	22.6	20.0	19.2	38.2	53.6	35.6
	Deciduous(%)	35.0	12.6	35.8	43.2	69.1	13.6	18.4	20.5	31.0
	Mixed(%)	11.5	40.7	33.1	34.3	11.0	67.2	43.4	25.9	33.4
Geolo-gical	Avg. slope(°)	32.8	25.8	30.7	31.7	29.7	32.2	31.1	30.6	30.6
	Gentle slope(%)	6.3	12.2	4.3	4.0	5.1	6.1	9.3	4.3	6.5
	Moderate slope(%)	35.5	53.1	39.6	43.7	42.3	30.7	45.8	37.7	41.1
	Steep slope(%)	58.2	34.7	56.1	52.4	52.5	63.3	44.9	58.0	52.5
Forest road	Length(km)	85.3	27.7	16.4	21.1	19.3	38.0	17.4	6.7	29.0
	Density(m/ha)	16.2	19.7	8.3	10.8	12.7	12.5	23.8	4.4	13.6

균집재거리의 감소, 집재비를 포함한 총비용(집재비+임도 개설비) 등이 절감되며(Kim et al., 1996), 임도밀도가 증가하여 집재거리가 1,000 m에서 100 m로 감소되면 생산할 수 있는 목재생산량은 약 2.5배 증가한다고 하였다(Yasushi, 2008). Kobayashi(1980; 1983)는 편익을 최대로 하는 산림 이용구역 면적비, 임도투자효과 및 집재거리 등의 비교분석을 통한 임도시설 효과를 분석하였다. 또한 임도 건설이 근로환경과 작업안정성의 확보, 수확비용의 절감과 양질의 목재생산으로 인한 수익 증가 등 긍정적 효과가 있다고 보고하였다(Steinmüller, 2003). 그러나 국내의 경우 임도시설 효과에 대한 실증적 연구들은 미흡한 실정으로 목재수확시 시설효과를 구명하여 임도시설의 시설 타당성에 대한 근거자료 확보가 필요할 것이다.

따라서 본 연구는 실질적인 목재수확작업에서의 접근성 개선 및 비용절감 효과를 구명하여 임도시설 확충을 위한 정책추진의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사대상지

조사대상지는 목재수확작업이 지속적으로 이루어진 북부지방산림청 2개(춘천, 매화산), 동부지방산림청 3개(강릉, 주천, 장성), 남부지방산림청 1개(영양), 중부지방산림청 1개(충주), 서부지방산림청 1개(완주)로 총 5개 지방산림청 8개 국유림관리소의 8개 경영계획구를 선정하였다. 분석대상은 집약적인 목재수확작업을 실행할 수 있는 현존 임도 및 공도에서 소반 중심점까지의 거리가 1,000 m 이내인 지역으로 한정하였다. 조사대상지의 개황은 Table 1

과 같다.

2. 조사자료

임도의 시설효과 분석을 위해 대상지별로 2013년까지 목재수확작업 실행지에서의 실행위치, 작업면적, 작업종 등의 자료를 수집하였다. 또한, 임도망도, 수치지형도, 임도반도 등의 도면자료를 참고하여 조사대상지 형상·면적·경사도 등의 지황, 임도배치 상태, 임도 시설길이, 주변 공도 배치상태 등을 파악하였다. 작업종별 표준공정은 숲가꾸기 설계·감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013)을 참고하였다.

3. 연구방법

임도 시설상태에 따른 2가지 대안을 설정하고 대안별 사업실행 면적 분포와 목재수확작업의 집·운재비용 차액을 산출하여 비교·분석하였다. 대안 1은 임도가 설치되어 있는 경우로서 현존 임도 및 공도를 활용하며, 대안 2는 임도가 설치되어 있지 않은 경우로서 현존 임도를 제외하고 공도만을 활용하여 기존의 목재수확작업을 실행하는 것으로 설정하였다. 또한 대안 1과 2에서 필요시 기계화 작업료를 시설하는 것으로 가정하였다.

1) 임도개설에 따른 접근성 개선효과

대상지별로 임도 시설상태에 따른 접근성 개선효과 분석을 위해 각 대상지별 목재수확작업 실행자료, 임·소반도, 임도 위치도, 수치지형도 등의 자료를 이용하여 GIS분석을 위한 DB를 구축하였으며, ArcGIS 10.0(ESRI) 프로그램을 활용하여 임도(또는 공도)로부터 100 m 간격으로 1,000 m 까지 거리계층별 산림 및 사업 실행지 면적분포 변화량을

분석하였다.

2) 목재수확작업 비용절감 효과

목재수확작업비용은 벌채작업비용과 생산된 목재를 기계화작업로 및 임도를 이용하여 집·운재시 소요되는 이동비용(MC_h)으로 구성되어 있으며, 벌채작업비용은 동일 임지에서 동일 작업이 이루어졌기 때문에 동일 비용이 발생하나 임도 시설에 따른 집·운재비용은 차이가 발생하게 된다. 따라서 집·운재비용 부분만을 식 1과 같이 대안별로 산출하여 차액을 비교·분석하였다.

식 1에서 보면 이동비용(MC_h)은 기계화작업로 시설비(C_{mt}), 집재비용(C_s), 기계화작업로 및 임도를 이용한 운재비용(C_i)의 합으로 산출된다. 여기서, 기계화작업로 시설비(C_{mt})는 기계화작업로 시설길이(L_{mt})와 시설단가(UC_{mt})의 곱으로 산출하였으며, 집재비용(C_s)은 국내 도입되어 있는 주요 집재장비인 HAM200(집재거리 200 m)과 K-301(집재거리 300 m)으로 집재거리를 고려하여 적정 집재방법을 설정¹⁾하고 비용을 산출하였으며 기계경비(C_m), 집재인건비(C_{ws}), K-301의 가선 설치·해체비용(C_{w-k301})의 합으로 산출하였다. HAM200의 가선 설치·해체 인건비는 집재인건비 적용공정에 포함되어 있다.

또한 기계화작업로와 임도를 이용한 운재비용(C_i)은 기계화작업로의 경우 차륜형 포워더(GMC), 임도는 5톤 트럭(중축)으로 운재하는 것을 가정하여 왕복 운재거리(L_i), 운재량(Vol_i), 거리당 재적당 운재단가(UC_i)의 곱으로 산출하였다. 식 1에서 기계화작업로 시설길이(L_{mt})는 임도 및 공도로부터 작업지까지의 직선거리와 작업로 우회계수, 대상지별 사거리 환산계수를 적용하여 산출하였으며, 기계경비(C_m)는 장비가격, 손료계수, 주연료 사용량, 유류단가, 주연료비, 잡품비율, 집재기종·거리·재적별 소요인력을 적용하여 산출하였다. 집재인건비는 집재기종·거리·재적별 소요인력, 인부종별 노임단가를 곱하여 산출하였으며, K-301 가선 설치·해체비용(C_{w-k301})은 수확면적, 가선 설치·해체 1회당 작업면적, 가선 설치·해체 1회당 소요인력, 인부종별 노임단가를 적용하여 산출하였다. 거리당 재적당 운재단가(UC_i)는 운재차량별 1일 임차료, 1일 작업 시간, 운재차량별 운재속도, 운재차량별 1회 적재량을 적용하여 산출하였다.

$$MC_h = C_{mt} + C_s + C_i \tag{1}$$

$$C_{mt} = L_{mt} \times UC_{mt}$$

$$C_s = C_m + C_{ws} + C_{w-k301}$$

$$C_i = L_i \times Vol_i \times UC_i$$

Where, MC_h=Movement cost of harvesting operations

¹⁾집재거리를 고려하여 적정 집재방법을 설정하고 비용 산정

- 집재거리 100 m 이내 : K-301과 HAM200 중 집재비용이 적은 집재 방법 적용
- 집재거리 100~150 m : K-301과 HAM200(기계화작업로 시설비 포함) 중 총 집재비용이 적은 집재방법 적용
- 집재거리 150 m 초과 : 기계화작업로 시설 후 HAM200으로 집재

(won), C_{mt}=Construction costs of mechanization trail(won), C_s=Skidding cost(won), C=Transportation cost(won), L_{mt}=Construction length of mechanization trail(m), UC_{mt}=Unit cost of mechanization trail installation(won/m), C_m=Machinery cost(won), C_{ws}=Worker costs of skidding operation(won), C_{w-k301}=cost of K-301 line installation·dismantle(won), L_i=Transportation length(m), Vol_i=Transportation volume(m³), UC_i=Unit Cost of transportation by length and volume(won/km/m³)

목재수확작업에서 이동비용을 산정하기 위해 적용된 인자는 Table 2~Table 7과 같다.

Table 2와 같이 기계화작업로 시설단가는 북부·동부지방산림청 2014년 기계화작업로 시설단가의 평균을 기준으로 m당 2,735원을 적용하였다.

Table 3의 기계경비 산출을 위한 적용 값은 숲가꾸기 설계·감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013)에서 제시된 장비가격, 손료계수, 주연료사용량, 잡품비율을 적용하였다.

집재작업시 작업지의 경사도별 할증률은 Table 4와 같이 숲가꾸기 설계·감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013)에서 산지경사도를 고려하여 제시된 할증률을 적용하여 집재비용을 산출하였다.

Table 6의 운재비용 산출 기본인자들은 국산재 원목 시

Table 2. Unit cost of small trail installation. (won/m)

Factor	Value
Unit cost of small trail installation	2,735

Source : 2014 North-East Regional Forest Service mechanization trail installation unit cost

Table 3. Factors for the cost calculation of timber harvesting machinery.

Machine	Purchase price (million won)	Coefficient of hire	Fuel consumption (L/day)	Coefficient of lubricant (%)
HAM200	60	0.0008	26.0(경유)	40
K-301	300	0.0008	39.0(경유)	40

Source : KFS(2013)

Table 4. Additional rate by slope classification.

Slope class	Gentle (~15°)	Moderate (15~30°)	Steep (30°~)
Additional Rate(%)	0%	+5%	+10%

Source : KFS(2013)

Table 5. Factors for transportation cost calculation.

Factor		Value
Transportation velocity ^z (km/hr)	Mechanization trail	11.5
	Forest road	20.0
Transportation volume at a time ^y (m ³)	Mechanization trail	5.5
	Forest road	16.6
Rental Cost ^z (won/8 hr)	Mechanization trail	474,682
	Forest road	375,700

Source : ^zKFRI(2014), ^yKFPI(2014).

Table 6. Unit cost by worker's type. (Unit : won/man/day)

Worker type	Value
Regular labor	83,975
Special labor	100,936
Machine operator	114,259

Source : CAK(2014)

Table 7. Elongation coefficient by trail and skidding distance.

Factor	Slope class		
	Gentle slope (~15°)	Moderate slope (15~30°)	Steep slope (30°~)
Trail elongation coefficient	1.20	1.45	1.60
Skidding distance elongation coefficient	1.4	1.3	1.2

Source : Ohkawabata(1988)

장가격 동향(KFPI, 2014), 국립산림과학원 2014년 연구사업보고서(KFRI, 2014)에서 제시된 도로종류별 운재차량 속도, 1회 적재량, 1일 임차료를 적용하여 산출하였으며, 임도를 이용한 운재차량의 이동속도는 임도설계속도를 기준으로 20 km/h를 적용하였다.

작업인원의 인부종별 노임단가는 Table 6과 같이 2014

년 산림청 노임단가를 적용하였다.

Table 7의 작업로 우회계수와 대상지별 사거리 환산계수는 Ohkawabata(1988)가 제시한 경사급별 작업로 우회계수와 집재거리 우회계수를 적용하여 기계화작업로의 시설길이 및 집재거리를 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 임도개설에 따른 접근성 개선효과

8개 경영계획구의 대상지, 사업실행지 및 도로 분포현황은 Figure 1과 같다.

임도는 사업 실행지까지의 접근성을 개선하여 효율적으로 산림사업을 실행할 수 있게 한다. 이에 임도 유·무에 따른 목재수확작업 실행을 위한 접근성 개선효과를 살펴보기 위해 대상지별로 임도 시설상태에 따른 거리계층별 사업 실행지 면적분포 분석한 결과는 Figure 2, Table 8과 같다.

Figure 2에서 임도(또는 공도)로부터 500 m를 기준으로 임도 시설시(대안 1)와 임도 미시설시(대안 2)의 사업 실행지 면적분포 변화를 보면 다음과 같다. 사업실행지에 대한 접근성을 살펴보면, 춘천의 경우 임도 시설 전 500 m 이내에 전체 사업실행지 면적의 17.4%만이 점유하고 있었지만, 임도 시설 후 전체 사업 실행지의 86.8%가 임도(또는 공도)로부터 500 m 이내에 집중적으로 분포하고 있는 것으로 나타났다. 매화산은 시설 전 49.4%에서 94.9%로, 강릉은 시설 전 47.6%에서 90.5%로, 주천은 시설 전 10.3%에서 82.6%로, 장성은 시설 전 11.1%에서 99.3%로, 영양은 시설 전 48.3%에서 75.5%로, 충주는 시설 전 21.4%에서 90.1%로, 완주는 시설 전 0.0%에서 100.0%로 증가 하였다.

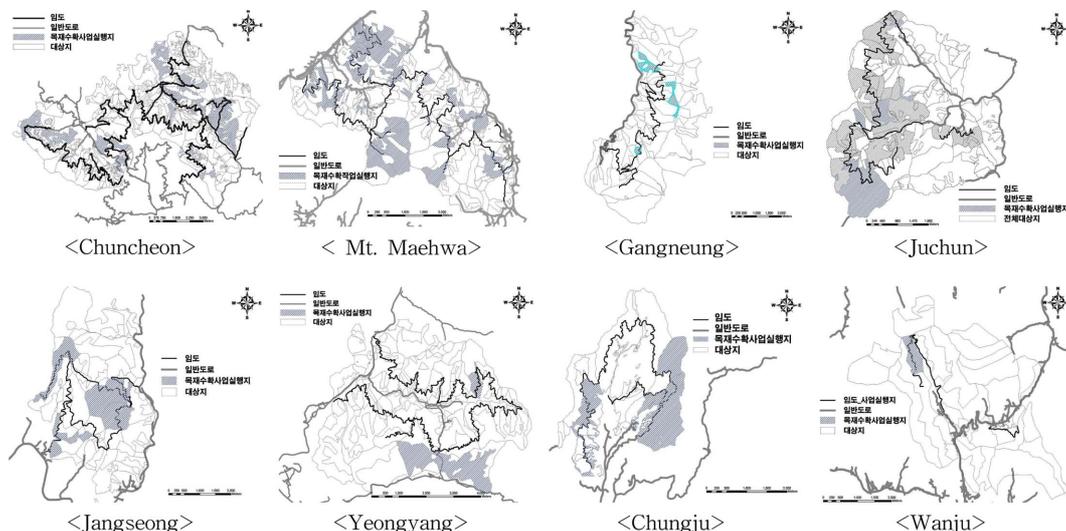


Figure 1. Forest operation site and forest road distribution status by study site.

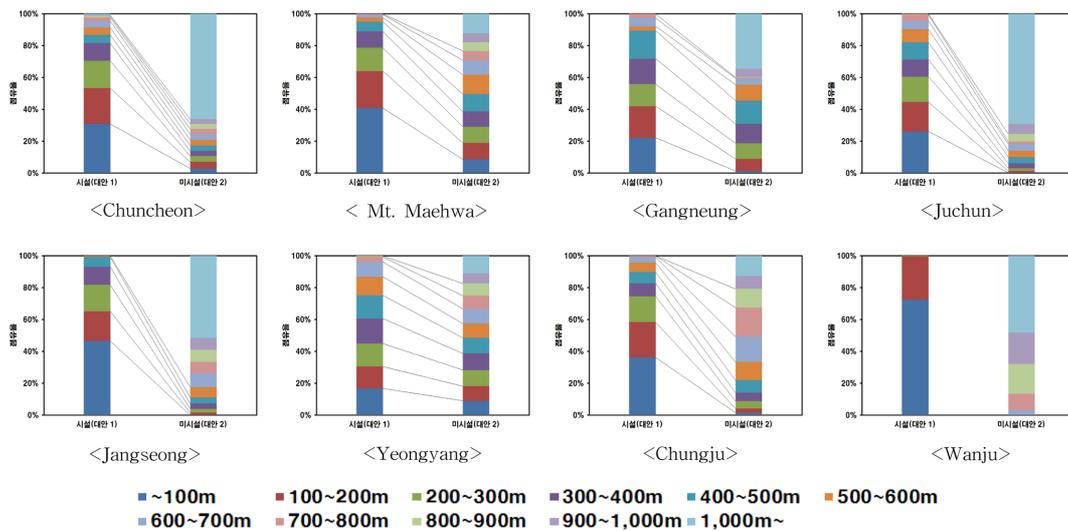


Figure 2. Area distribution by distance-to-road before and after road construction.

Table 8. Area distribution before and after road construction.

(Unit : ha)

Classification and distance	Before road construction (alternative 1)			After road construction (alternative 2)		
	≤ 500 m	>500 m	Total	≤ 500 m	500 m>	Total
Site						
Total	2,264	300	2,564	647	1,917	2,564
Chuncheon	840	128	968	168	800	968
Mt. Maehwa	394	21	415	205	210	415
Gangneung	38	4	42	20	22	42
Juchun	233	49	282	29	253	282
Jangseong	277	2	279	31	248	279
Yeongyang	219	71	290	140	150	290
Chungju	227	25	252	54	198	252
Wanju	36	0	36	0	36	36

전체적으로 사업 실행지 면적이 임도 시설 전 평균 25.2%에서 임도 시설 후 평균 88.3%로 약 3.5배가 증가하여 대부분의 목재수확 사업이 작업지 주변의 임도 및 공도를 적극 활용하여 실행된 것으로 나타났다.

Cha et al.(1998)의 기존 연구에서 주벌작업의 경우 사업 실행면적이 총 면적의 66.1%이었던 것과 비교해보면, 임도망 확충에 따른 접근성 등 목재수확작업조건이 점차 개선되어 가는 것으로 판단된다.

2. 목재수확작업 비용절감 효과

목재수확작업의 집·운재비용은 목재생산량에 의해 변동되기 때문에 목재생산량에 따라 주벌(100 m³/ha 이상)과 그 외의 목재수확작업(20~100 m³/ha)으로 구분하여 절감 효과를 분석하였다. 사업기간 및 실행면적, 각 대상지별로 실행된 목재수확작업 내용을 적용하여 임도시설에 따른 비용절감 효과를 분석한 결과는 Table 9와 같으며, 조사된 산림사업의 기간은 2013년까지 3~22년으로 매화산의 사

업기간이 가장 길었으며, 강릉과 완주가 가장 짧았다. 대상지별 목재수확작업 실행면적은 8~580 ha(총 1,310 ha), 목재수확량은 506~22,850 m³(총 72,223 m³)인 것으로 나타났다.

Table 9에서 보면 목재수확작업에서 총 절감비용은 6,732~246,161천원으로 춘천이 가장 절감비용이 큰 것으로 나타났지만, 총 절감비용은 대상지의 면적, 사업량, 사업기간, 시설임도의 길이에 따라 절감비용의 차이가 있으므로 이를 대상지의 임도길이와 사업기간으로 나누어 Table 9와 같이 연간 km당 절감비용을 산정하였다.

Table 10과 같이 목재수확작업에서 km당 연간 절감비용은 춘천 170천원/km/년, 매화산 115천원/km/년, 강릉 490천원/km/년, 주천 344천원/km/년, 장성 861천원/km/년, 영양 48천원/km/년, 충주 103천원/km/년, 완주 336천원/km/년으로 평균 308천원/km/년의 작업 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다. 기존 Hwang et al.(2015)의 조림 및 육림작업에 대한 연구결과와 비교해보면 아직까지는 목

Table 9. Period of forest operation, operation area and reduction cost by study site.

Management planning district		Chun cheon	Mt Maehwa	Gang neung	Ju chun	Jang seong	Yeong yang	Chung ju	Wan ju	Total
Period of forest operation (year)		17 (‘97~‘13)	22 (‘92~‘13)	3 (‘11~‘13)	6 (‘08~‘13)	4 (‘10~‘13)	19 (‘95~‘13)	19 (‘95~‘13)	3 (‘11~‘13)	
Total by study area	Area (ha)	580	216	76	71	147	119	93	8	1,310
	Harvesting volume (m ³)	22,850	8,976	9,045	5,105	11,044	4,894	9,803	506	72,223
	Reduction cost (thousand won)	246,161	70,060	24,119	43,497	66,481	34,445	34,184	6,732	525,679
Productivity 20~100 m ³ /ha	Area (ha)	544	206	-	67	144	108	39	8	1,116
	Harvesting volume (m ³)	18,144	7,357	-	4,732	10,411	3,210	3,266	506	47,626
	Reduction cost (thousand won)	200,737	58,470	-	42,867	61,943	10,493	12,701	6,732	393,943
Productivity >100 m ³ /ha	Area (ha)	36	10	76	4	3	11	54	-	194
	Harvesting volume (m ³)	4,706	1,619	9,045	373	633	1,684	6,537	-	24,597
	Reduction cost (thousand won)	45,424	11,590	24,119	630	4,538	23,952	21,483	-	131,736

Table 10. Annual cost-reduction of forest operations by study site.

Management planning district	Chun cheon	Mt. Maehwa	Gang neung	Ju chun	Jang seong	Yeong yang	Chung ju	Wan ju
Period of forest operation (year)	17	22	3	6	4	19	19	3
Gross area of forest operation per year (ha/year)	34	10	25	12	37	6	5	3
Annual reduction cost per km (thousand won/km/year)	170	115	490	344	861	48	103	335

재수확작업에서의 절감비용이 적은 것으로 나타났으며, 조림에서부터 목재수확까지 일련의 산림작업에서 임도시설로 인한 총 절감비용은 평균 884천원/km/년인 것으로 나타났다. 하지만 본격적인 목재수확시기가 도래하면 목재수확작업에서의 절감비용이 더욱 더 커질 것으로 사료된다.

또한 절감비용을 연간 목재수확작업 연면적과 비교해 보면 강릉·주천·장성·완주 경영계획구 등 비용절감 효과가 큰 대상지에서는 임도 시설 후 임도를 활용하여 짧은 기간동안 집중적으로 목재수확작업을 실행한 것으로 나타났다. 비용절감 효과가 적은 매화산·영양·청주 경영계획구 등에서는 비용절감 효과가 큰 대상지보다 상대적으로 연간 작업 연면적이 적은 것으로 나타났다. 따라서 보다 효율적이고 체계적인 임도의 활용을 위하여 전체 경영 산림의 노망을 계획 후 목재수확작업이 집중적으로 이루어질 대상지에 우선적으로 임도를 개설한다면 보다 임도의 시설효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

결 론

본 연구에서는 벌채된 목재를 임도변 및 중간집재장까지 모으고, 소비처까지 운송하는 집·운재까지의 목재수확작업에서 임도시설 확충에 따른 시설효과를 규명하기 위

해 임도시설 전·후의 접근성과 기계화작업로 개설비 및 집·운재비용에서의 절감비용 비교·분석을 실시하였다.

임도시설 전·후의 접근성 변화를 분석한 결과, 임도 및 공도로부터 500 m 이내의 사업실행면적이 임도 시설 전 평균 25.2%에서 임도 시설 후 평균 88.3%로 증가하여 임도시설로 인해 원활한 목재수확작업을 위한 접근성 개선 효과가 있는 것으로 나타났다.

목재수확작업에서의 비용절감 효과 분석 결과, 임도 시설에 따른 대상지별 목재수확작업 비용절감효과는 48~861천원/km/년으로 평균 308천원/km/년인 것으로 산출되었으며, 시설된 임도를 활용하여 짧은 기간 동안 집중적으로 목재수확작업을 실행한 곳이 임도의 시설효과가 높은 것으로 나타났다.

이상에서와 같이 임도는 목재수확을 위한 기반시설로서 임도가 없는 경우에 비해 접근성 개선 및 비용 절감효과가 큰 것으로 나타나 지속적인 정책지원을 통해 지속적인 시설확충이 필요할 것으로 사료되며, 본격적인 목재수확시기를 대비하여 목재수확지역에 우선적으로 시설할 필요가 있는 것으로 판단된다.

References

CAK(Construction Association of Korea). 2014. Survey

- Report Wages in the Construction Industry. (in Korean).
- Cha, D.S., Ji, B.Y., Kim, K.M. and Choi, I.H. 1998. Investigation and Effect Analysis for Silvicultural Activities with Forest Road Establishment. *The Journal of Korean Forestry Society* 87(2): 239-252 (in Korean).
- Forestry Agency. 2006. Concept of desirable forestry operation system (in Japanese).
- Hwang, J.S, Ji, B.Y., Jung, D.H., and Jo, M.J. 2015. Effect of Forest Road Network on Accessibility and Cost Reduction for Forest Operations(I)-Silvicultural Operations-. *The Journal of Korean Forestry Society* 104(4): 615-621 (in Korean).
- Jung, D.H., Cha, D.S., Park, J.M., Lee, J.W., Ji, B.Y., Chun, K.S., and Kim, J.Y. 2005. Computations of Forest Road Density considering for Forest Terrain and Characteristics. *The Journal of Korean Forestry Society* 94(3): 168-177 (in Korean).
- KFPI (Korea Forestry Promotion Institute). 2014. The domestic timber market price trends. pp. 39-40 (in Korean).
- KFRI (Korea Forest Research Institute). 2014. Annual report of KFRI(I-4). pp. 578-608 (in Korean).
- KFS (Korea Forest Service). 2013. Forest tending design?supervision and business enforcement policy (in Korean).
- KFS (Korea Forest Service). 2015. Statistical yearbook of forestry.
- Kim, J.Y., Lee, H.J., Jung, D.H., and Chung, Y.G. 1996. Economical effects of forest road construction according to growing stock and forest road density. *Journal of Forest Science* 54: 23-39 (in Korean).
- Kobayashi, H. 1980. Studies on planning methods of forest road network.-Forest road planning methods for maximum economic effect- Trans. 91st Meet. *Journal of the Japanese Forest Society*. 459-460 (in Japanese).
- Kobayashi, H. 1983. Studies on the forest road network planning system in mountain forests. *Special Bulletin of the College of Agriculture Utsunomiya University* 38: 1-101 (in Japanese).
- Norihiko, S. 1994. An analysis of forestry operation's intensity from the viewpoint of accessibility. *Journal of the Japanese Forest Society* 76(3): 218-223 (in Japanese).
- Ohkawabata, O. 1988. Studies on the planning of forest roads for cable logging. *Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute* 351: 1-79 (in Japanese).
- Steinmüller, T. 2003. Evaluation of the social and economic benefits of subsidized forest road developments in Austria. In *Proceedings of the Austro2003 Meeting: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain*. 5-9 (in English).
- Yasushi, M. 2008. Studies on the Planning of the Forest Road Network, *Journal of the Japanese Forest Society* 49(2): 53-65 (in Japanese).

(Received: October 10, 2016; Accepted: November 2, 2016)