

임도 시설에 따른 접근성 개선 및 산림작업비용 절감효과(I) - 조림 및 숲가꾸기 작업을 중심으로 -

황진성¹ · 지병윤^{1*} · 정도현¹ · 조민재²

¹국립산림과학원 산림생산기술연구소, ²강원대학교 산림경영학과

Effect of Forest Road Network on Accessibility and Cost Reduction for Forest Operations (I) - Silvicultural Operations -

Jin Seong Hwang¹, Byoung Yun Ji^{1*}, Do Hyun Jung¹ and Min Jae Cho²

¹Forest Practice Research Center, National Institute of Forest Science, Pocheon 11186, Korea

²Department of Forest Management, Kangwon University, Chuncheon 24341, Korea

요 약: 본 연구는 산림작업이 지속적으로 이루어진 5개 지방청 8개 경영계획구를 대상으로 조림 및 숲가꾸기 작업에서 임도시설 전·후의 접근성과 산림작업비용의 절감효과를 분석하였다. 분석 결과, 임도 및 공도로부터 500 m 이내의 사업실행 면적이 임도 시설 전 평균 28.5%에서 임도 시설 후 평균 90.3%로 약 3.2배 증가하였으며, 임도 시설에 따른 조림 및 숲가꾸기 작업에서의 산림작업비용 절감효과는 평균 576천원/km/년인 것으로 나타났다. 따라서 임도시설이 원활한 산림작업을 위한 접근성 개선 및 작업비용 절감효과가 있는 것으로 나타났으며, 임도의 시설효과 분석을 통해 임도 확충 정책의 추진을 위한 기초자료의 제공이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract: This study was conducted to analyze accessibility and reduction effect of forest operations cost before and after forest road construction based on actual silvicultural operations in 5 regional forest service(8 management planning district) where forest operations was enacted consistently. The result show the accessibility and the reduction effect of the operation cost, the accessibility of forest operation area within 500 m from forest road or public road increased about 3.2 times after the forest road construction. The reduction effect of the operation cost was averagely 576,000 won/km/year. According to the results, forest road had an effect on improvement of accessibility and reduction effect of forest operation cost. This result could be offered basic information to support policy of forest road expansion.

Key words: forest road expansion, facilities effects, accessibility improvement, forest operation, cost reduction effect

서 론

산림을 가치 있는 숲으로 조성하기 위해서는 조림, 숲가꾸기, 숲아베기(간벌), 목재수확작업(주벌) 등 여러 작업들이 적기에 꾸준히 이루어져야 한다. 이러한 산림작업을 효율적으로 실행하기 위해서는 기계·장비의 이동통로 및 작업공간으로 활용할 수 있는 기본적인 생산기반시설인 임도가 꼭 필요하다. 임도는 작업자 및 작업장비 등이 작업장까지 도달하는데 소요되는 시간을 단축시켜 실제 작업시간을 증대시키고, 산림으로의 접근성을 개선시켜

산림 이용구역을 확대시킬 수 있기 때문에 임도 없이는 대부분의 산림에서 사업의 실행이 어려울 것이다. 그러나 우리나라의 임도밀도는 2014년 현재 2.99 m/ha에 불과해(KFS, 2014) 주요 임업선진국인 독일(46 m/ha), 일본(13 m/ha) 등에 비해 매우 빈약한 실정으로서 우리 실정에 적합한 임도망 확충이 필요한 시기이다.

임도의 시설효과로서 Kim et al.(1996)은 임도밀도가 10 m/ha에서 20 m/ha로 증가할 때 평균집재거리는 28~31%, 집재비는 35~47%, 총비용(집재비+임도개설비)은 15~26%, 연간비용 및 현재가격 6~21%가 절감된다고 하였다. Cha et al.(1998)은 대부분의 산림작업이 임도로부터 500 m 이내 지역에 집중적으로 실행되어 임도가 산림

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

Table 1. Condition of the study sites.

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	Yeongyan	Chungju	Wanju	
	Study site		5,272	1,409	1,987	1,958	1,520	3,039	730	1,519	2,179
Area (ha)	Operation site	Actual	2,045	712	370	543	355	1,564	33	102	965.4
		Gross	3,032	2,689	606	976	562	2,053	1,011	88	1,377
Forest types	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 conditions	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		21.1	19.3	38.0	17.4		29.0
	Density(m/ha)		16.2	19.7		10.8	12.7	12.5	23.8		13.6

사업의 활성화를 위한 필수적인 기반시설이라 하였다. 또한 Ji et al.(2008)은 임내도로망 배치방법 개선방안을 통해 현행 임내도로 설치대비 평균 집재거리는 0.7~2.1 배 단축되고, 수집가능재적은 1.0~1.5배 증가한다고 하였다.

국외의 연구로서 Norihiko(1994)는 각종 산림정보를 이용하여 산림사업 시행실태를 임도로부터의 거리별로 분석한 결과, 인공림의 개발과 조림작업이 임도로부터 100~200 m에 집중되어있는 것으로 나타나 산림작업의 활성화에 임도가 매우 중요하다고 하였으며, Youzou(1989)는 임도망의 정비는 별채기술뿐만 아니라 작업자의 생리적 부담을 최소화할 수 있는 노망밀도를 고려하여 이루어져야 한다고 보고하였다. Forestry Agency(2006)는 가선계 집재장비는 임도밀도가 88~125 m/ha일 때 가장 높은 생산성을 나타냈으며, 차량계 집재장비의 경우 집재거리가 짧을수록 즉, 임도밀도가 높을수록 생산성이 높다고 하였다. 또한 Yasushi(2008)는 집재거리에 따른 1일 평균 목재생산량은 집재거리가 100 m에서 1,000 m 일 때 51.6 m³~ 20.4 m³로, 집재거리가 짧아질수록 목재생산량이 많아지는 것으로 보고하였다.

지금까지 임도시설 효과에 대한 연구들은 대부분 목재수확과 관련된 임도의 효과만을 분석하였으며, 조림 및 숲가꾸기 작업에 대한 임도시설 효과에 대한 연구들은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 실질적인 산림사업 실행자료를 토대로 조림 및 숲가꾸기 작업에서의 비용절감 효과 분석을 통해 임도시설의 효과를 구명하여, 임도시설 확충을 위한 정책추진 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사대상지

조사대상지는 조림 및 숲가꾸기 작업이 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 산림사업을 실행할 수 있는 현존 임도 및 공도에서 소반 중심점까지의 거리가 1,000 m 이내인 지역으로 한정하였다. 조사대상지의 개황은 Table 1과 같다.

2. 조사자료

임도의 시설효과 분석을 위해 대상지별로 2013년까지의 조림 및 숲가꾸기 작업 실행지에서의 실행위치, 작업면적, 작업종 등의 자료를 수집하였다. 또한, 임도망도, 수치지형도, 임·소반도 등의 도면자료를 참고하여 조사대상지 형상·면적·경사도 등의 지형, 임도배치 상태, 임도시설길이, 주변 공도 배치상태 등을 파악하였다. 작업종별 표준공정은 숲가꾸기 설계·감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013a), 조림 설계·감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013b), 산림과 임업기술(KFS, 2012)을 참고하였다.

3. 연구방법

임도 시설상태에 따른 2가지 대안을 설정하고 대안별 산림 및 사업실행지 면적 분포와 조림 및 숲가꾸기 작업 비용의 차액을 산출하여 비교·분석하였다. 대안 1은 현

존 임도 및 공도를 활용하고, 대안 2는 현존 임도를 제외하고 공도만을 활용하여 기존의 조림 및 숲가꾸기 작업을 실행하는 것으로 설정하였다.

1) 임도개설에 따른 접근성 개선효과

대상지별로 임도 시설상태에 따른 접근성 개선효과 분석을 위해 각 대상지별 산림작업 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 m까지 거리계층별 산림 및 사업 실행지 면적분포 변화량을 분석하였다.

2) 산림작업비용 절감효과

산림작업비용은 실제 작업비용과 산림작업 실행을 위해 이동에 소요되는 이동비용(MC_{rt})으로 구성되어 있으며, 실작업비용은 동일 임지에서 동일 작업이 이루어졌기 때문에 동일 비용이 발생하나 임도 시설에 따른 이동비용은 차이가 발생하게 된다. 따라서 이동비용 부분만을 식 1과 같이 대안별로 산출하여 차액을 비교·분석하였다. 식 1에서 보면 이동비용은 소작업로 시설비(C_{st}), 보행경비(C_w), 임도를 이용한 차량이동비용(C_{vm})의 합으로 산출된다. 여기서, 소작업로 시설비는 소작업로 시설길이(L_{st})와 시설단가(UC_{st})의 곱으로 산출하였으며, 보행경비는 보행인원(P_w), 작업면적(A_o), 보행시간(T_w), 인부종별 시간당 노임단가(UC₁)의 곱으로 산출하였다. 또한 임도를 이용한 차량이동비용은 이동시간(T_v), 보행인원(P_w), 인부종별 시간당 노임단가(UC₁)의 곱으로 산출하였다. 식 1에서 소작업로 시설길이는 임도 및 공도로부터 작업지까지의 직선거리와 보행우회계수, 대상지별 사거리 환산계수를 적용하여 산출하였으며, 보행시간은 보행거리와 경사도별 평균 보행속도를 적용하여 산출하였다.

$$MC_{rt} = C_{st} + C_w + C_{vm} \tag{1}$$

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

$$C_w = P_w \times A_o \times T_w \times UC_1$$

$$C_{vm} = T_v \times P_w \times UC_1$$

Where, MC_{rt}=Movement cost of workers on silvicultural operations(won), C_{st}=Construction costs of small trail (won), C_w=Walking cost(won), C_{vm}=Cost of vehicle movement on forest road(won), L_{st}=Construction length of small trail(m), UC_{st}=Unit cost of small trail construction (won/m), P_w=No. of walking persons(man/ha), A_o=Operation area(ha), UC₁=Unit cost by worker types per hour(won/man·hr), T_w=Walking time(hr), T_v=Transportation time(hr)

Table 2. Unit cost of small trail installation.

Factor	Value(won/m)
Unit cost of small trail installation	168

Source : KFS(2013a)

Table 3. Number of walking persons according to the kind of forest work.

Factor	Value(man)
Planting site preparation ²⁾	9.3
Planting ²⁾	13.8
Fertilization ²⁾	7.5
Weeding ¹⁾	7.3
Vine cutting ¹⁾	10.8
Tending of young tree ¹⁾	10.3
Thinning ¹⁾	6.6
Natural forest improvement ¹⁾	6.6

Source : ¹⁾KFS(2013a), ²⁾KFS(2013b)

Table 4. Unit cost according to worker's types.

Factor	Value(won/man/day)
Normal laborer ¹⁾	83,975
Special laborer ¹⁾	100,936
Beginning technicians ²⁾	140,332
Advanced technicians ²⁾	205,518

Source : ¹⁾CAK(2014), ²⁾KENCA(2014)

Table 5. Velocity of walking and transportation.

Factor	Value(km/hr)	
Walking velocity	Gentle slope(~15°)	3.0
	Moderate slope(15~30°)	2.3
	Steep slope(30°~)	2.0
Transportation velocity in forest road	20	

Source : KFRI(2004)

조림 및 숲가꾸기 작업에서 이동비용을 산정하기 위해 적용된 인자는 Table 2~Table 6과 같다.

Table 2와 같이 소작업로 시설단가는 숲가꾸기 설계·감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013a)에서 제시된 소요인력을 기준으로 m당 168원을 적용하였다.

Table 3의 작업종별 보행인원의 경우 숲가꾸기 설계·감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013a)에서 제시된 작업종별 소요인력과 각 작업별 설계·감리부분에 대한 인력을 포함하여 적용하였다.

보행인원의 인부종별 노임단가는 Table 4와 같이 보통 및 특별인부의 경우 2014년 산림청 노임단가를 적용하였으며, 초급 및 고급기술자의 경우 한국엔지니어링협회에서 공표한 2014년 엔지니어링업체 노임단가를 적용하였다.

산지에서의 평균보행속도는 Table 5와 같이 임도밀도

Table 6. Circuitry factor of walking.

Factor	Value
Gentle slope(~15°)	1.1
Moderate slope(15~30°)	1.3
Steep slope(30°~)	1.5

Source : KFS(2012)

목표량 산정 연구(KFRI, 2004)에서 산지경사도를 고려하여 산출된 평균보행속도를 적용하여 보행시간을 산출하였으며, 임도를 이용한 차량 이동속도는 임도설계속도를 기준으로 20 km/h를 적용하여 차량 이동시간을 산출하였다.

Table 6의 보행우회계수는 산림과 임업기술(KFS, 2012)에서 산지경사도를 고려하여 제시된 값인 환경사지 1.1, 중경사지 1.3, 급경사지 1.5를 적용하였으며, 소작업로의 시설길이 산출에 적용하였다.

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 임도시설 후 산림사업 실행을 위한 접근성 개선효과를 살펴보기 위해 대상지별로 임도 시설상태에 따른 거리계층별 사업 실행지 면적분포를 분석한 결과는 Figure 2, Table 7과 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 17.7%만이 점유하고 있었지만, 임도 시설 후 전체 사업 실행지의 90.3%가 임도(또는 공도)로부터 500 m 이내에 집중적으로 분포하고 있

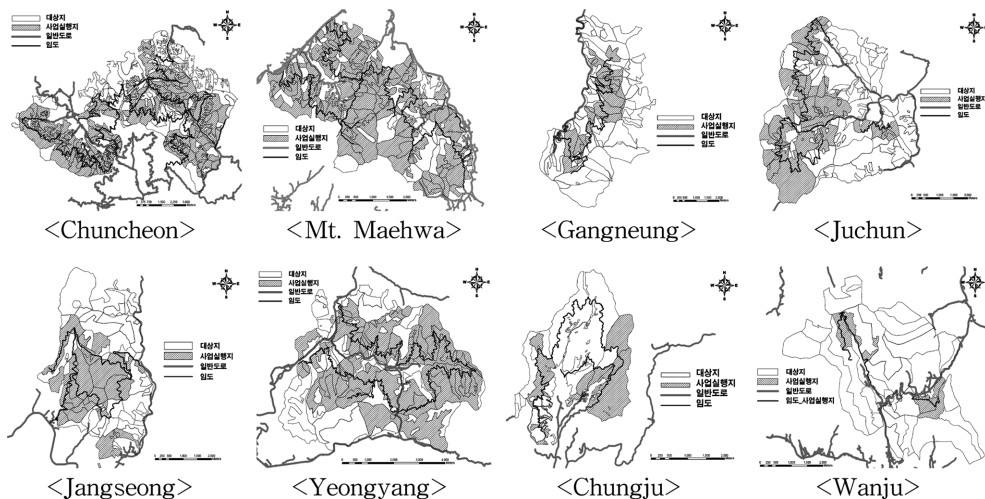


Figure 1. Forest operation site and forest road distribution status by study site.

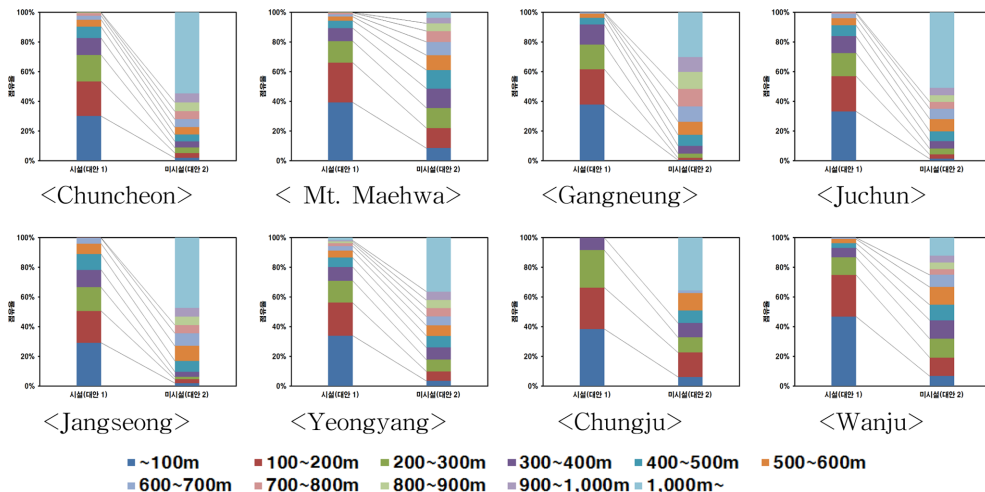


Figure 2. Distribution of area by distance according to forest road construction or not.

Table 7. Distribution of area according to forest road construction or not.

(Unit : ha)

Site	Classification and distance	Forest road construction (alternative 1)			Forest road non construction (alternative 2)		
		≤ 500 m	>500 m	Total	≤ 500 m	>500 m	Total
Total		5,171	553	5,724	1,630	4,094	5,724
Chuncheon		1,847	198	2,045	361	1,684	2,045
Mt. Maehwa		671	41	712	435	277	712
Gangneung		357	13	370	65	305	370
Juchun		496	47	543	109	434	543
Jangseong		315	40	355	60	295	355
Yeongyang		1,354	210	1,564	528	1,036	1,564
Chungju		33	0	33	17	16	33
Wanju		98	4	102	55	47	102

는 것으로 나타났다. 매화산은 시설 전 61.1%에서 94.2%로, 강릉은 시설 전 17.6%에서 95.9%로, 주천은 시설 전 20.1%에서 91.3%로, 장성은 시설 전 16.9%에서 88.7%로, 영양은 시설 전 33.8%에서 86.6%로, 충주는 시설 전 51.5%에서 100%로, 완주는 시설 전 53.9%에서 96.1%로 증가 하였다. 전체적으로 사업 실행지 면적이 임도 시설 전 평균 28.5%에서 임도 시설 후 평균 90.3%로 증가하여 대부분의 조림 및 숲가꾸기 사업이 작업지 주변의 임도 및 공도를 적극 활용하여 실행된 것으로 나타났다. 기존 연구(Cha et al., 1998)에서도 무육작업과 예비간벌작업의 경우 임도로부터 500 m 이내에서 각각 총 면적의 60.3%

와 71.2%가 실행된 것을 비교하였을 때, 임도를 시설함으로써 원활한 산림작업을 위한 접근성 개선효과가 있는 것으로 판단된다. 임도 미시설시에는 산림작업시 작업로 개설 등의 추가적인 비용 발생 및 실작업시간의 감소로 인해 전체적인 산림작업 비용을 증가시키게 될 것으로 판단 된다.

2. 산림작업 비용절감 효과

산림사업기간 및 산림사업종별 실행면적, 각 대상지별로 실행된 산림작업 내용을 적용하여 임도시설에 따른 비용절감 효과를 분석한 결과는 Table 8과 같으며, 조사된

Table 8. Period of forest operation, operation area and reduction cost by study site.

Management planning district		Chuncheon	Mt Maehwa	Gangneung	Juchun	Jangseong	Yeongyang	Chungju	Wanju	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)	3,032.0	2,689.2	606.1	975.6	562.4	2,052.6	1,011.2	88	1,561.3
	Reduction cost (thousand won)	380,157	52,027	63,611	107,143	77,043	366,957	89,208	6,981	1,143,127
Planting site preparation	Area (ha)	58.0	196.3	82.5	103.7	116.7	86.1	97.2	8.3	105.8
	Reduction cost (thousand won)	12,050	2,191	13,908	15,594	17,790	19,236	7,538	1,790	90,097
Planting	Area (ha)	47.2	183.0	62.7	103.1	69.4	146.2	137.5	-	107.0
	Reduction cost (thousand won)	14,899	1,784	8,190	17,675	15,574	44,417	18,328	-	120,866
Fertilization	Area (ha)	19.0	143.2	49.5	69.0	62.9	12.3	3.0	-	51.3
	Reduction cost (thousand won)	2,305	273	3,318	9,324	9,641	2,239	291	-	27,390
Weeding	Area (ha)	263.1	779.4	137.4	303.6	120.4	542.2	449.3	-	370.8
	Reduction cost (thousand won)	50,104	15,295	13,914	37,908	18,001	116,902	33,939	-	286,064
Vien cutting	Area (ha)	180.7	267.4	-	-	-	-	240.3	-	98.3
	Reduction cost (thousand won)	36,975	7,218	-	-	-	-	22,280	-	66,473
Tending of young tree	Area (ha)	332.1	276.2	-	62.3	-	51.3	44.8	17.6	98.0
	Reduction cost (thousand won)	50,729	7,505	-	2,692	-	9,026	4,942	3,121	78,015
Thinning	Area (ha)	930.7	617.1	154	244.1	9	-	21.1	21.9	249.7
	Reduction cost (thousand won)	95,853	10,160	14,574	16,402	221	-	1,181	674	139,066
Natural forest improvement	Area (ha)	1,201.20	226.6	120	89.8	184	1,214.50	18	40.2	386.8
	Reduction cost (thousand won)	117,243	7,602	9,706	7,548	15,816	175,137	710	1,395	335,157

Table 9. Annual cost reduction effect of forest operation according to study site.

Management planning district	Chuncheon	Mt. Maehwa	Gangneung	Juchun	Jangseong	Yeongyang	Chungju	Wanju
Period of forest operation (year)	17	22	3	6	4	19	19	3
Gross area of forest operation per year (ha/year)	178	122	202	163	141	108	53	29
Annual reduction cost per km (thousand won/km/year)	262	85	1,293	846	998	508	270	347

업기간이 가장 길었으며, 강릉과 완주가 가장 짧았다. 대상지별 산림사업종별 실행면적은 조림 및 숲가꾸기의 경우 88.0~3,032.0 ha(평균 1,377.1 ha)인 것으로 나타났다.

Table 8에서 보면 조림 및 숲가꾸기 작업에서 총 절감비용은 6,981~380,157천원으로 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 9와 같이 조림 및 숲가꾸기 작업에서 km당 연간 절감비용은 춘천 262천원/km/년, 매화산 85천원/km/년, 강릉 1,293천원/km/년, 주천 846천원/km/년, 장성 998천원/km/년, 영양 508천원/km/년, 충주 270천원/km/년, 완주 347천원/km/년으로 평균 576천원/km/년의 산림작업 비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 산림작업 절감비용을 연간 산림작업 연면적과 비교해 보면 강릉·주천·장성 경영계획구 등 비용절감 효과가 큰 대상지에서는 임도 시설 후 임도를 활용하여 짧은 기간동안 집중적으로 산림작업을 실행한 것으로 나타났으며, 비용절감 효과가 적은 춘천·매화산·청주 경영계획구 등에서는 비용절감 효과가 큰 대상지보다 상대적으로 연간 산림작업 연면적이 적은 것으로 나타났다. 따라서 보다 효율적이고 체계적인 임도의 활용을 위하여 전체 경영 산림의 노망을 계획 후 산림작업이 집중적으로 이루어질 대상지에 우선적으로 임도를 개설한다면 보다 임도의 시설효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 산림자원의 조성작업인 조림부터 양질의 목재를 지속적으로 육성하기 위한 숲가꾸기 작업까지의 산림작업에서 임도시설 확충에 따른 시설효과를 규명하기 위해 임도시설 전·후의 접근성과 소작업로 개설비 및 작업비용에서의 절감비용 비교·분석을 실시하였다. 임도시설 전·후의 접근성 변화를 분석한 결과, 임도 및 공동로부터 500 m 이내의 사업실행면적이 임도 시설 전 평균 28.5%에서 임도 시설 후 평균 90.3%로 증가하여 임도시설로 인해 원활한 산림작업을 위한 접근성 개선효과

가 있는 것으로 나타났다. 산림작업에서의 비용절감 효과 분석 결과, 임도 시설에 따른 대상지별 산림작업비용 절감효과는 85~1,293천원/km/년으로 평균 576천원/km/년인 것으로 산출되었으며, 시설된 임도를 활용하여 짧은 기간 동안 집중적으로 산림작업을 실행한 곳이 임도의 시설효과가 높은 것으로 나타났다. 따라서 임도시설은 고부가가치의 산림조성을 위해 실시하는 산림사업의 효율성을 증진시키는데 있어 필수적인 시설인 것으로 사료되며, 임도망 확충에 대한 타당성 확보 및 임도 정책 설명의 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 작업분야에서의 비용절감 효과뿐만 아니라 공익적 기능 증진 등 보다 다양한 측면에서 임도시설 효과가 평가되어야 할 것이다.

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).
- Ji, B.Y., Jung, D.H., Jo, K.H., Oh, J.H., Park, S.J., and Ryou, J.C. 2008. Forest road network planning method for efficient forest operations. KFRI Research report 08-18. 78pp (in Korean).
- KENCA (Korea Engineering & Consulting Association). 2014. Survey Report Wages in the Engineering Company (in Korean).
- KFPI (Korea Forestry Promotion Institute). 2014. The domestic timber market price trends. 39-40 (in Korean).
- KFRI (Korea Forest Research Institute). 2004. A Study on the Estimation of Forest Road Density (in Korean).
- KFRI (Korea Forest Research Institute). 2014. Annual report of KFRI(I-4) 578-608 (in Korean).
- KFS (Korea Forest Service). 2012. Forest and forestry technology(2) (in Korean).
- KFS (Korea Forest Service). 2013a. Forest tending design-supervision and business enforcement policy (in Korean).

- KFS (Korea Forest Service). 2013b. Reforestation planting design:supervision and business enforcement policy (in Korean).
- KFS (Korea Forest Service). 2014. 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).
- 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).
- Yasushi, M. 2008. Studies on the Planning of the Forest Road Network, *Journal of the Japanese Forest Society* 49(2): 53-65 (in Japanese).
- Youzou, Y. 1989. The Optimum Forest-Road Density Determined in Relation to the Cost of Walking. *Journal of the Japanese Forest Society* 71(7): 257-264 (in Japanese).

(Received: August 24, 2015; Accepted: October 14, 2015)