

ORIGINAL ARTICLE

산림바이오매스 이용을 위한 임목수확작업시스템의 현황 및 정책 분석

박상준*

경북대학교 농업생명과학대학 임학전공

Analysis of Policy and Status of the Logging Operation System for Forest Biomass

Sang-Jun Park*

Major of Forestry, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Abstract

This study was conducted to analyze the current situation of the logging operation system and to suggest an effective policy plan to secure important raw materials for the use of forest biomass. The dissemination of forestry mechanization and the establishment of the logging operation are important tasks to establish a system and reduce costs of timber production by increasing the use of forest biomass; this includes increasing the supply of timber for domestic products and increasing the production of wood chips and wood pellets. In particular, the efficiency of steep-slopes catenary system machinery for yarding such as tower-yarder and swing-yarder should be urgently supplied to cope with forest production and supply of forest biomass energy resources. In addition, it is necessary to continuously promote the dissemination of high-performance forestry machinery as is being done in Japan. At the same time, instead of distributing or retaining the spread of forestry machinery to the state and local governments, it is necessary to distribute timber production work centered on forest cooperatives or private timber producers to be carried out by wood producers, forest cooperatives and individuals.

Key words : Forest biomass, Logging operation system, Tower-yarder, Swing-yarder, Tower-yarder type logging system

1. 서론

오늘날 국제에너지기구(IEA)와 기후 변화에 관한 정부 간 패널(IPCC)은 산림바이오매스를 재생에너지로 분류하고 있고, 산림바이오매스 이용은 에너지 대체효과뿐만 아니라 산림 내 탄소흡수원을 늘려 기후변화에 대응할 수 있는 수단으로 판단하여 화석연료의 대체제로 권

고하는 등 중요성이 갈수록 증가되고 있다. 최근 우리나라는 산림바이오매스 활성화를 위한 정책의 일환으로서 산림 내 임목과 제재 후 톱밥 등을 이용하여 생산한 목재 펠릿을 발전용 에너지로 활용하는 정책을 입안하고 있으며, 2021년 약 375만 톤, 약 1조 원 규모의 국내 목재펠릿 시장이 형성될 것으로 보고 있다(Today energy, 2019).

Received 27 December, 2019; Revised 3 February, 2020;

Accepted 5 February, 2020

*Corresponding author: Sang-Jun Park, Major of Forestry, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea
Phone : +82-53-950-5746
E-mail : sjupark@knu.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

일본은 산림바이오매스 정책으로 미이용 간벌재 등에 대해서 높은 우대가격을 적용하고, 폐기물계 바이오매스와 수입재 등에 대해서는 낮은 가격을 적용하고 있었다. 특히, 2 MW급 미만의 바이오매스발전소에서 미이용 목재를 사용하면 더욱 높은 가격을 적용하고 있고, 고성능 임업기계 및 임목수확작업시스템 구축이 산림바이오매스 이용 활성화에 큰 기여를 하고 있었다(Japan forestry agency, 2019).

우리나라에서도 2030년까지 재생에너지 비중을 20%까지 확대할 계획이며, 비중 확대를 위해서는 바이오에너지의 역할이 필수적이며, 2012년 신재생에너지 공급 의무화(RPS)제도 도입 이후 발전회사의 목재펠릿 사용이 증가하고 있다. 특히, 매년 336만 m³ 정도의 미이용 산림바이오매스가 발생하고 있고, 이를 활용하면 약 240만 톤의 목재펠릿을 생산할 수 있다. 그렇지만, 산림바이오매스 이용의 가장 큰 문제는 산림바이오매스 수집의 고비용에 따른 경제성 문제이며, 산림바이오매스 이용의 활성화 및 경제성 제고를 위해서는 산림바이오매스의 안정적인 공급이 중요한 과제이므로 고성능임업기계화 및 임목수확작업시스템 구축이 시급한 실정이다(Korea forest service, 2019).

임목수확 및 산림바이오매스 활용을 위한 임업기계화에 대한 연구는 집재작업 공정 및 비용분석에 대한 연구로서 Lee and Park(2001, 2002, 2003)은 우리나라 임목수확작업에서 우드그랩에 의한 목재생산의 문제점과 대책 등에 대한 연구를 통해 타워야더형 임목수확작업시스템의 도입과 전목집재작업시스템을 통한 생산성 향상 및 산림바이오매스 활용성 제고에 대한 방안을 제시하였다. 또한, Park(2002, 2004a, 2004b)은 트랙터부착 타워야더 및 타워야더(RME-300T)의 작업시스템 구축과 열상 간벌작업에서 집재작업공정과 집재작업시간, 집재작업시스템을 분석하여 적정 가설간격과 적정 가로 집재거리 및 집재 거리 등을 분석하였으며, Kim and Park(2010)은 숲가꾸기 작업에서 플라스틱 수를 이용한 인력집재와 춘천집재기 및 인내차 탑재형 타워야더(RME-300T)의 산물수집작업 공정 및 비용을 분석하였다. Kim and Park(2012, 2013)은 타워야더(RME-300T)와 스윙야더에 의한 전목집재작업시스템 및 단목집재작업시스템의 작업공정 및 비용을 분석하였다. Mun et al.(2014)은 스마트집재기와 타워야더(K301-3)에 의한 수집작업을 통

한 임목수확작업시스템에서 목재생산 및 파쇄작업에 대한 작업시간 및 공정을 분석하였다. 또한, Kim et al.(2016)은 소나무재선충 피해목의 수집 및 활용에 대한 현황을 분석하여 피해목의 수집 및 활용의 중요성을 강조하였다. 이와 같이 우리나라에서도 임목수확에 대한 다양한 연구가 수행되고 있으나, 아직까지 산림바이오매스 이용을 위한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 현재 우리나라 목재산업 현황과 우리나라에서 활용되고 있는 임목수확작업시스템 및 임업기계화 정책 등에 대한 현황을 조사 분석하여 향후 증가될 산림바이오매스 이용의 활성화를 위한 효율적인 임목수확작업시스템을 구축하고, 그 기술을 확대 보급하기 위한 기초자료 및 정책방안을 제시하고자 수행하였다.

2. 조사 및 방법

2.1. 조사자료

본 연구를 위한 조사 자료는 임업기계화 및 임목수확작업시스템과 관련된 논문과 보고서, 행정 통계자료 등 각종 문헌자료와 현장 조사를 통해 수집한 자료를 이용하였다. 또한, 산림바이오매스 이용을 위한 임업기계화 및 임목수확작업시스템 현황에 대한 조사 자료는 그와 관련하여 수집 조사한 각종 논문과 보고서, 행정자료, 현장조사 자료 등을 이용하였다. 특히, 산림바이오매스 이용을 위한 임목수확작업시스템에 대한 해외의 사례분석을 위한 조사 자료는 산림 및 임업 등의 제반 여건이 비슷한 일본의 임업기계화 및 임목수확작업시스템 등에 대한 일본 임야청의 행정자료와 각종 문헌자료를 비롯하여 일본 현장답사 등을 통해 수집한 자료를 이용하였다.

2.2. 조사 및 분석 방법

본 연구를 위한 조사 및 분석 방법은 임업기계화 및 임목수확작업시스템과 관련된 논문과 보고서, 행정 통계자료 등 각종 문헌자료와 현장 조사를 통해 수집한 자료를 이용하여 관련 현황 및 정책 등에 대해 조사 및 분석을 실시하였다. 산림바이오매스 이용을 위한 임업기계화 및 임목수확작업시스템에 대한 현황은 임목수확작업 현장 답사와 관련 자료를 조사하여 분석하였다. 또한, 산림바이오매스 이용 및 정책과 임목수확작업시스템에 대한 해외의 사례 조사 및 분석은 산림 및 임업 등 관련 여건이 비슷한 일본에서의 임업기계화 및 임목수확작업시스템

Table 1. Timber demand in Korea

Unit : 1,000 m³

Year	Total	Demand							
		Domestic					Export		
		Subtotal	Pit prop	Pulp wood	Plywood	General use	Subtotal	Plywood	Sawn wood and others
2000	8,327	7,897	112	1,295	1,066	5,424	430	179	251
2001	8,836	8,665	140	1,036	504	6,985	171	109	62
2002	9,312	9,207	58	1,145	638	7,366	105	63	42
2003	8,727	8,622	61	1,216	758	6,585	105	67	38
2004	8,619	8,473	62	1,424	597	6,390	146	75	71
2005	8,372	8,313	55	1,546	549	6,163	59	18	41
2006	8,809	8,740	47	1,437	1,106	6,150	69	23	46
2007	9,013	9,013	45	1,643	1,110	6,215	-	-	-
2008	7,969	7,969	45	1,757	618	5,549	-	-	-
2009	8,190	8,190	39	1,919	500	5,732	-	-	-
2010	7,942	7,942	29	2,549	393	4,971	-	-	-
2011	8,240	8,240	32	3,734	450	4,024	-	-	-
2012	8,192	8,192	18	4,028	406	3,740	-	-	-
2013	8,654	8,654	7	4,225	442	3,980	-	-	-
2014	8,854	8,854	7	4,398	427	4,022	-	-	-
2015	8,691	8,691	4	973	432	7,282	-	-	-
2016	9,003	9,003	2	1,222	414	7,365	-	-	-
2017	8,446	8,444	1	896	373	7,174	-	-	-
2018	7,607	7,605	-	843	200	6,562	2	-	2

등에 대한 관련 행정자료와 일본 현장답사 등을 통해 수집한 문헌 및 관련 자료를 조사 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 우리나라 목재 수요량 및 공급량 분석

2018년 기준 우리나라 목재수요량은 Table 1과 같으며, 근래 목재수요량이 증가하다가 최근 2년 동안에는 감소하여 2018년 전체 목재수요량은 7,607,000 m³이었다. 특히, 2006년까지는 목재수출에 따른 전체 목재수요량이 69,000 m³이었으나, 2007년 이후에는 목재수출 수요량이 없었으며, 2018년에 제재목 및 기타 목재의 수출 수요량이 2,000 m³이었다. 2018년 기준 목제품별 수요량을 보면, 갱목의 수요량은 국내 광산업이 줄어들면서 없으며, 펄프재 수요량은 843,000 m³, 합판 수요량은 200,000 m³, 일반목재 수요량은 6,562,000 m³이었다

(Korea forestry service, 2019).

또한, 2018년 기준 우리나라 목재공급량은 Table 2와 같으며, 목재수요량과 같이 근래 목재공급량이 증가하다가 최근 2년 동안에는 감소하여 2018년 전체 목재공급량은 7,607,000 m³이었다. 2018년 기준 목제품별 공급량을 보면, 펄프재의 공급량은 843,000 m³, 일반목재 공급량은 3,734,000 m³이었다. 특히, 전체 국내 목재공급량의 약 40%인 3,030,000 m³이 수입재이며, 또한 국내산 목재공급량이 증가하고 있고, 원목자급률도 꾸준히 증가하여 60.2%에 도달하였다(Korea forestry service, 2019).

따라서, 국내 원목자급률이 증가하고 있고, 국산목재 공급량이 증가하는 추세이므로 국내 목재생산 공급을 위한 임업기계의 추진도 시급한 실정이다.

Table 2. Timber supply in Korea

Unit : 1,000 m³

Year	Total	Supply				Import	Self-sufficiency rate for timber (%)
		Domestic					
		Subtotal	Pit prop	Pulp wood	General use		
2000	8,327	1,592	112	552	928	6,735	19.1
2001	8,836	1,533	140	366	1,027	7,303	17.3
2002	9,312	1,605	58	373	1,174	7,707	17.2
2003	8,727	1,740	63	449	1,228	6,987	19.9
2004	8,619	2,037	32	478	1,497	6,582	23.6
2005	8,372	2,350	55	400	1,895	6,022	28.1
2006	8,809	2,444	47	522	1,875	6,365	27.7
2007	9,013	2,680	45	667	1,968	6,333	29.7
2008	7,969	2,702	45	838	1,819	5,267	33.9
2009	8,190	3,176	39	797	2,340	5,014	38.8
2010	7,942	3,715	29	892	2,794	4,227	46.8
2011	8,240	4,210	32	1,022	3,156	4,030	51.1
2012	8,192	4,506	18	1,033	3,455	3,686	54.8
2013	8,654	4,897	7	980	3,910	3,757	56.6
2014	8,854	5,179	7	910	4,262	3,675	58.5
2015	8,691	4,914	4	973	3,937	3,777	56.5
2016	9,003	5,151	2	1,222	3,927	3,852	57.2
2017	8,446	4,845	1	896	3,948	3,601	57.4
2018	7,607	4,577	-	843	3,734	3,030	60.2

Table 3. Chip production and wood pellet production in Korea

Year	Chip production (BDT)*	Wood pellet production (ton)
2013	437,450	65,603
2014	425,760	90,462
2015	459,700	82,137
2016	469,190	52,572
2017	466,120	67,446
2018	439,173	187,745

* BDT : Bone Dried Tone

3.2. 우리나라 목재칩 및 목재펠릿 생산량 분석

우리나라 목재칩 및 목재펠릿 생산량은 Table 3과 같으며, 2018년 기준 목재칩 생산량은 439,173 BDT로서 매년 증가를 이어오고 있다. 또한, 2018년 기준 목재펠릿 생산량은 187,745 ton이고, 최근 국내 목재펠릿의 수요량이 증가함에 따라 목재펠릿 생산량이 급격히 증가하

고 있는 추세이다. 특히, 국내 에너지 수급정책이 신재생 에너지 정책으로 전환되고, 목재펠릿을 이용한 발전 및 난방 등 에너지 수요 및 공급량이 증가함에 따라 목재펠릿의 생산량이 급격하게 증가되고 있는 추세이다. 또한, 국내에서 발전용으로 소비되고 있는 목재펠릿은 대부분 외국 수입품이므로 향후 국내 목재펠릿의 공급량은 크게

Table 4. Biomass storage in Korea

(Unit : ton)

Province	Coniferous forest	Broadleaf forest	Mixed forest	Total
Seoul	136,298	1,231,152	648,750	2,016,200
Busan	1,716,438	1,160,389	1,968,129	4,844,956
Daegu	2,233,227	943,345	3,043,030	6,219,602
Incheon	687,258	2,432,095	1,830,277	4,949,630
Gwangju	1,265,878	415,040	462,034	2,142,952
Daejeon	1,695,722	1,209,582	687,070	3,592,374
Ulsan	2,827,377	3,377,565	3,136,099	9,341,041
Gyeonggi-do	18,596,016	32,410,693	17,849,422	68,856,131
Gangwon-do	49,678,476	91,565,046	64,238,756	205,482,278
Chungcheongbuk-do	18,087,530	24,350,645	18,986,650	61,424,825
Chungcheongnam-do	17,348,344	17,090,129	13,428,398	47,866,871
Jeollabuk-do	22,496,617	21,545,295	12,059,698	56,101,610
Jeollanam-do	31,964,457	15,788,200	15,870,336	63,622,993
Gyeongsangbuk-do	57,632,025	39,722,098	69,300,901	166,655,024
Gyeongsangnam-do	35,854,695	21,813,862	32,491,456	90,160,013
Jeju-do	2,761,684	6,557,812	1,418,559	10,738,055
Total	264,982,042	81,612,948	57,419,565	804,016,555

증가될 것이다(Korea forestry service, 2019).

따라서, 우리나라 목재칩 및 목재펠릿 생산량 증가 등 목질계 바이오매스 이용 증가에 따른 국내 목재생산 공급량도 크게 증가될 것이므로 이를 위한 목재생산의 체계구축 및 비용절감 등을 위해 임업기계화가 시급하며, 임목수확작업에서 임목수확작업시스템의 구축이 중요한 과제로 대두되었다.

3.3. 우리나라 산림바이오매스 총 저장량 분석

2014년 국립산림과학원 연구결과에 의하면, 우리나라 산림바이오매스 총 저장량은 Table 4와 같으며, 2014년 기준으로 산림바이오매스 총 저장량은 804,016,555 ton으로 나타났다(National institute of forest science, 2014).

향후 산림바이오매스에너지 공급과 그를 위한 칩 등 원자재공급도 증대할 것이므로 이를 위한 산림바이오매스의 적절한 활용과 공급을 위한 목재생산의 체계구축과 목재생산 및 원자재 공급에서 비용절감 등을 위한 임업기계화 및 임목수확작업시스템이 중요한 과제로 대두될 것이다.

3.4. 우리나라 임업기계별 보급현황 분석

우리나라 임업기계별 보급현황은 Table 5와 같으며, 2018년 기준 우리나라 임업기계별 보급대수는 총 22,876 대이다. 가장 많이 보급되어 있는 임업기계는 목재생산 기계로서 39%를 차지하고, 그 다음으로 산림보호기계 22.6%, 조림육림기계 18.0%로 나타났다. 이를 보면, 임목수확을 위한 임업기계가 가장 많이 보급되어 있고, 임업기계와 임업기계화에서 가장 중요한 임목수확을 위한 임업기계가 많이 보급되어 있는 것은 바람직한 현상이다(Korea forestry service, 2019).

따라서, 향후 증가하는 산림자원에 대한 임목수확과 산림바이오매스에너지 자원량 공급을 위한 임목수확기계의 보급을 더욱 지속적으로 추진하여야 하겠다.

특히, 임목수확작업을 위한 임업기계의 보급현황은 Table 6과 같으며, 경사지에서의 벌도와 조재작업을 위한 체인톱이 68.5%로 가장 많이 보급되어 있고, 그 다음으로 윈치 12.0%, 수라 4.0%, 트랙터부착 타워야더 3.7%, 굴삭기 3.2%, 트랙터 3.1% 등으로 나타났다(Korea Forest Service, 2019). 이러한 임목수확작업용

Table 5. Status of forest machinery possession in Korea

Forest machinery possession	Unit	Percentage (%)
Cultivating	1,051	4.6
Afforestation	4,126	18.0
Timber production	8,928	39.0
Timber processing	891	3.9
Forest road	615	2.7
Forest conservancy	5,168	22.6
Administration	2,097	9.2
Total	22,876	100

Table 6. Status of forest machinery possession by timber production in Korea

Forest machinery by timber production	Unit	Percentage (%)
Chain saw	6,044	68.5
Excavator	287	3.2
Tractor	271	3.1
Winch	1,063	12.0
Chute	350	4.0
Tower-yarder with tractor	324	3.7
Swing-yarder	87	1.0
Forwarder	74	0.8
Tower-yarder	25	0.3
Processor	19	0.2
Skidder	5	0.1
Radi carry	3	0.0
Wood-grab	266	3.0
Others	110	1.2

임업기계의 보급현황을 볼 때, 대부분 별도 및 조재작업용 휴대형 체인톱이고, 타워야더 등 임목수확작업에서 가장 크게 기계화가 요구되고, 또 필요한 집재작업용 임업기계의 보급은 아주 극소수에 불과하다.

따라서, 향후 임목수확과 산림바이오매스에너지 자원량 공급 등에 대응하기 위해 우리나라의 급경사지에 효율적인 타워야더 등과 같은 가선계 집재작업용 임업기계가 시급히 보급되고, 또 이를 통해 가선계 타워야더를 중심으로 한 집재작업의 타워야더형 임목수확작업시스템이 적극적으로 구축해 나가야 할 것이다.

또한, 우리나라 임업기계의 소유자별 보급현황은 Table 7과 같으며, 지방자치단체가 63.6%로 가장 많이

보유하고 있고, 산림조합 20.2%, 국유림관리소 16.2%를 보유하고 있다(Korea Forestry Service, 2019). 이러한 소유자별 보급현황을 보면, 대부분 지방자치단체 및 국유림관리사무소가 보유하고 있으며, 이는 실제로 산림작업 및 임목수확작업을 실시하고 있는 민간단체와 민간 목재생산업체가 아니므로 실제적인 임목수확작업에서 임업기계의 활용도가 떨어지는 원인이 되고 있다.

따라서, 향후 임목수확과 산림바이오매스에너지 자원량 공급에 대응하기 위해서는 임목수확기계의 보급을 지속적으로 추진함과 동시에 임업기계의 보급을 산림조합이나 민간 목재생산업체를 중심으로 실시하여야 하겠으며, 임업기계의 활용도를 높이는 대책을 강구해야겠다.

Table 7. Status of forest machinery possession by agency in Korea

Agency	Unit	Percentage (%)
Regional forestry service	3,699	16.2
Province	14,548	63.6
National forestry cooperatives federation	4,629	20.2
Total	22,876	100

**Fig. 1.** Small winch and plastic chute.**Fig. 2.** Logging operation by wood-grab in Korea.

3.5. 우리나라 임목수확작업 실태 분석

우리나라에서 사용되고 있는 주요 임목수확작업 및 임업기계화의 실태를 분석한 결과는 다음과 같다. 즉, Fig. 1과 같이 숲가꾸기작업 등에서 소경재 단목수집작업을 위해 소형윈치 및 플라스틱 수라가 많이 이용되고 있다. 특히, 우리나라 임목수확작업은 대부분 Fig. 2와 같이 굴삭기에 부착한 우드그랩에 의해 단목을 경사지 아래 작업도까지 집어던져 내리는 중하산집재작업이다. 또한, 굴삭기 우드그랩에 의해 작업도까지 중하산집재작업된 원목은 Fig. 3과 같이 트럭을 개조하여 만든 다소

불안전하고 불량적인 임내운반차에 의해 단목이 소운반 되는 것이 대부분이었다. 더욱이 이러한 중하산집재 및 소운반에 의한 단목생산작업방식은 과도한 작업도를 개설하게 되므로 산지의 침식에 따른 피해가 심각하며, 대경재의 집재작업은 거의 불가능하므로 목재의 가치를 고려한 임목수확작업이 불가능한 실정이다. 또한, 단목집재로 인한 지엽의 임지내 방치 등으로 산불의 위험과 산림바이오매스 확보 및 수집이 불가능하게 된다. 따라서, 산림바이오매스 수집을 위해서는 타워야더와 같은 가선계 고성능임업기계를 이용한 전목집재작업 중심의 임목



Fig. 3. Forwarding in Korea.



Fig. 4. Tower-yarder attached tractor and tower-yarder made in Korea.



Fig. 5. Tower-yarder imported in Japan and Austria.

수확작업시스템이 시급히 도입되어야 하겠다(Lee and Park, 2001, 2002, 2003; Park, 2009).

최근 임목수확작업이 증가하고, 임업기계화의 필요성이 증대됨에 따라서 Fig. 4와 같이 국내에서 개발 보급된 가선계 임업기계인 트랙터부착 타워야더 및 임내차 탑재형 타워야더가 다수 보급되고 있으며, 이를 이용한 임목

수확작업이 증가하고 있다. 또한, Fig. 5와 같은 일본 및 오스트리아에서 수입된 가선계 고성능임업기계인 타워야더가 다소 도입되어 우리나라 임황 및 지황의 실정에 맞는 임목수확작업이 이루어지고 있으며, 타워야더 중심의 전목수확작업시스템의 구축에 큰 기여가 되고 있다. 따라서, 향후 목재생산비용의 절감과 산림바이오매스 수



Fig. 6. Forwarder imported in Japan.



Fig. 7. Crusher for wood chip production.

집 및 활용을 위해서는 우리나라 실정에 맞는 가선계 고성능임업기계인 타워야더를 중심으로 한 전목수확작업시스템의 적극적인 보급이 필요하겠다(Lee and Park, 2001, 2002, 2003; Park, 2009).

집채된 원목의 임내 운반은 Fig. 6과 같이 작업도를 이용한 일본계 임내작업차 등이 사용되고 있으나 보급대수는 아주 적은 수에 불과하며, 향후 작업도를 포함한 임내망의 확충을 통해 보다 많은 임내작업차가 보급되어야 하겠다. 또한, 운반된 원목 및 지엽의 파쇄작업은 Fig. 7과 같은 국산제품 및 외국 수입제품 등의 다양한 파쇄기가 도입되어 있으므로 산림바이오매스 이용 등을 위한 원목 파쇄작업에는 문제가 없는 실정이다(Lee and Park, 2001, 2002, 2003; Park, 2009).

이상과 같이 우리나라에서의 임목수확작업에서 사용되고 있는 주요 임업기계와 임목수확작업 현황을 언급하였지만, 일부 소수의 가선계 집재기계인 트랙터부착 타워야더와 국내의 제품의 타워야더 등을 이용한 전목집재

작업의 임목수확작업시스템이 이루어지고 있으나, 대부분의 임목수확작업에서는 우드그랩 및 영운기를 중심으로 한 단목집재작업이 이루어지고 있었다(Lee and Park, 2001, 2002, 2003; Park, 2009).

따라서, 임지의 훼손을 최소화하고 임목수확의 생산성을 향상시키며, 우리나라의 임황 및 지황, 목재생산방법 등을 고려하여 산림바이오매스 이용을 활성화시킬 수 있는 임목수확작업시스템은 Fig. 8과 같이 가선계 집재기계를 중심으로 한 전목집재작업의 임목수확작업시스템을 도입 보급하는 것이 효율적이다(Lee and Park, 2001, 2002, 2003; Park, 2009).

3.6. 일본의 임업기계화 및 임목수확작업 현황 분석

우리나라의 효율적인 임목수확작업 및 산림바이오매스 수집 등을 위한 임업기계화의 발전방안을 제시하기 위해 우리나라와 임황 및 지황 등과 산림조성단계가 비슷한 일본의 임업기계화 및 임목수확작업의 현황을 조사 분석하였다.

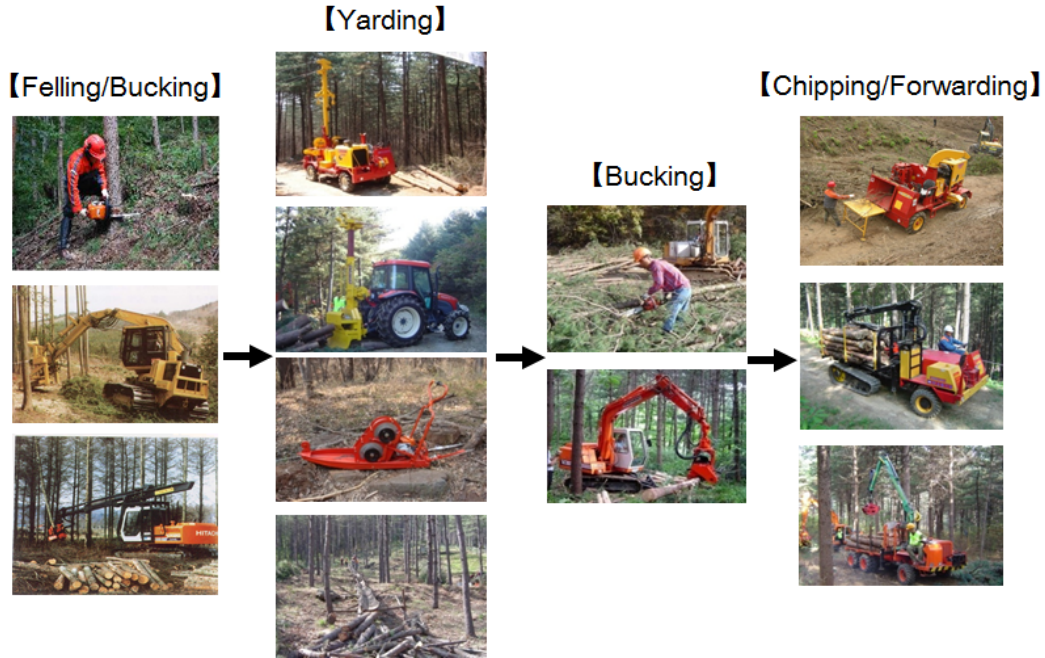


Fig. 8. Efficient logging operation in Korea.

일본은 국토의 약 67%가 산림이고, 1950년대부터 시행해 온 대조림사업으로 전체산림의 약 40%의 인공림을 조성하여 21세기부터는 국산재 시대를 맞이한다는 목표를 구축해 왔다. 특히, 1991년에 유역관리시스템을 적용한 산림법 개정과 동시에 고성능임업기계화 촉진 기본방침을 공표하고, 고성능임업기계 도입촉진을 위한 시책체계 및 고성능임업기계화의 추진시책 체계를 통해 고성능임업기계화를 충실히 시행해 왔다. 고성능임업기계화는 하베스터와 포워더, 펠러번처, 스키더, 프로세서, 타워야더, 스윙야더 등 선진 임업국의 고성능임업기계를 중심으로 평지형의 하베스터형 임목수확작업시스템과 완경사지형의 펠러번처형 임목수확작업시스템, 급경사지형의 타워야더형 임목수확작업시스템을 구축하는 임업기계화를 말한다(Japan forestry agency, 2019).

일본의 고성능임업기계화에 따른 주요 성과는 다음과 같다. 즉, Fig. 9에서 고성능임업기계 7개 기종의 보급추이를 보면, 1988년 23대에서 시작하여 1997년도에 1,727대, 2007년도에 3,474대, 2017년 8,939대로 30년간 약 40배의 비약적인 증가를 보였다. 또한, Fig. 10에

서 이들 고성능임업기계의 기종별 보급비율을 보면, 포워더 28%, 프로세서 24%, 하베스터 19%, 기타(스윙야더+프로세서 등의 조합기계) 14%, 스윙야더 12% 등으로 나타났으며, 대부분 원목 소운반용 포워더와 일본의 주 수종인 삼나무 및 편백나무의 조재를 위한 프로세서 및 하베스터가 많이 보급된 것을 알 수 있다. 더욱이 이러한 고성능임업기계는 2017년 기준으로 목재생산회사가 57%, 산림조합이 31%, 개인 7%, 지방공공단체 1%를 보유하고 있으며, 약 95%의 고성능임업기계가 목재생산회사와 산림조합, 개인이 보유하고 있었다. 우리나라와 같이 국가 및 지방자치단체의 임업기계 보유는 극히 적고, 일본에서의 고성능임업기계 보유는 대부분 목재생산회사와 산림조합, 개인이며, 이들에 의해 임목수확작업이 시행되고 있다는 것을 알 수 있었다. 또한, 이들 고가의 고성능임업기계의 가동률은 2017년 기준으로 프로세서 56%, 하베스터 55%, 스윙야더 54%, 포워더 48%으로 나타났으며, 가동률이 상당히 높다는 것을 알 수 있었다. 특히, 이들 고가의 고성능임업기계의 보급촉진을 위해 국가 및 지방자치단체의 보조사업도 있었다(Japan

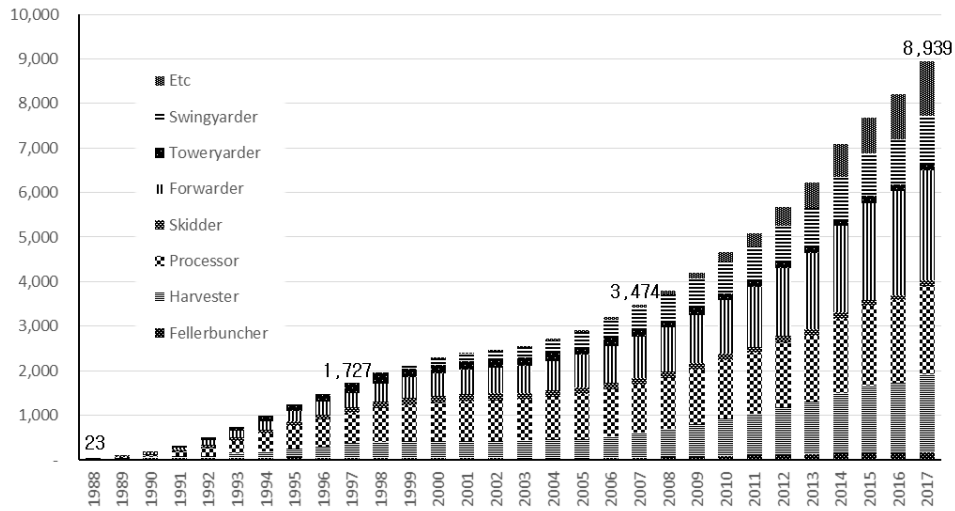


Fig. 9. Supply trend by model of high-performance forestry machine in Japan.

forestry agency, 2019).

따라서, 우리나라도 고성능임업기계의 도입과 더불어 급경사지 임목수확작업에 효율적인 타워야더형 임목수확작업시스템을 도입할 필요가 있으며, 임업기계의 보급을 국가 및 지방자치단체에 보급하지 않고, 임목수확작업을 목재생산회사와 산림조합, 개인이 시행하도록 이들에게 보급하고, 보급촉진을 위해 보조사업도 추진할 필요가 있겠다.

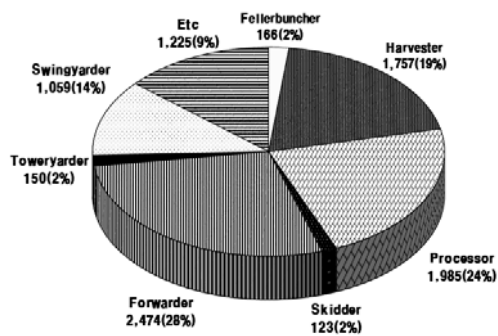


Fig. 10. Supply ratio by model of high-performance forestry machine in Japan.

4. 결론

산림바이오매스 이용을 활성화시키기 위한 임목수확

작업시스템의 현황 및 방안을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

국산목재 공급량이 증가하고 있는 추세이고, 우리나라 목재칩 및 목재펠릿 생산량 증가 등 산림바이오매스 이용의 증가에 따른 국내 목재생산 공급량도 크게 증가 될 것이므로 임목수확의 체계구축 및 비용절감 등을 위해 임업기계화 보급촉진 등의 사업 및 정책 등의 추진이 시급하며, 임목수확작업시스템의 구축을 시급히 추진하여야겠다.

특히, 임목수확과 산림바이오매스에너지 자원량 공급 등에 대응하기 위해 급경사지 임목수확에 효율적인 타워야더 및 스윙야더 등과 같은 가선계 집재작업용 임업기계가 시급히 보급되고, 이들 가선계 집재기계를 중심으로 한 타워야더형 임목수확작업시스템의 구축이 필요하겠다.

또한, 일본과 같이 고성능임업기계의 보급을 지속적으로 추진함과 동시에 임업기계의 보급을 국가 및 지방자치단체에 보급하지 않고, 임목수확작업을 목재생산회사와 산림조합, 개인이 시행하도록 산림조합이나 민간 목재생산업체를 중심으로 보급하고, 보급촉진을 위한 보조사업도 추진할 필요가 있겠다.

더욱이, 산림바이오매스 이용의 활성화를 위해서는 임목수확작업의 현장실태 및 정책추진에 대한 지속적인 모니터링 및 상세한 후속연구가 필요하며, 이를 통해 산

림바이오매스 이용과 임목수확작업시스템 구축을 위한 효율적인 정책방안도 제시하여야 하겠다.

감사의 글

이 논문은 2017학년도 경북대학교 연구년 교수 연구비에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Japan forestry agency, 2019, <http://www.rinya.maff.go.jp>.
- Kim, J. H., Park, S. J., 2010, An Analysis of the yarding productivity and cost in forest tending operation, *Journal of Korea Forest Society*, 99(4), 625-632.
- Kim, J. H., Seo, I. G., Park, S. J., 2016, An Analysis on the situation of collection and utilization of the trees damaged by Pine Wilt Disease, *Journal of Environmental Science International*, 25(1), 127-134.
- Kim, M. K., Park, S. J., 2012, An Analysis of the operational time and productivity in the whole-tree and cut-to-length logging operation system, *Journal of Korea Forest Society*, 101(2), 344-355.
- Kim, M. K., Park, S. J., 2013, An Analysis of the operational cost in the whole-tree and cut-to-length logging operation system, *Journal of Korea Forest Society*, 102(2), 229-238.
- Korea forest service, 2019, Annual report of forestry statistics 2018, Daejeon, Korea.
- Korea forest service, 2019, <http://www.forest.go.kr>.
- Lee, G. T., Park, S. J., 2001, Study on development of eco-friendly timber harvest model and research of productivity, National Forestry Cooperative Federation, Seoul, Korea.
- Lee, G. T., Park, S. J., 2002, Project on development of eco-friendly timber harvest model and research of productivity, National Forestry Cooperative Federation, Seoul, Korea.
- Lee, G. T., Park, S. J., 2003, Project on development of eco-friendly timber harvest model and research of productivity, National Forestry Cooperative Federation, Seoul, Korea.
- Mun, H. S., Cho, K. H., Park, S. J., 2014, An Analysis of the operational productivity and cost for the utilization of forest-biomass(I)-the operational time and productivity-, *Journal of Korea Forest Society*, 103(4), 583-592.
- National institute of forest science, 2014, Map and forest biomass resources in Korea, Seoul, Korea.
- Park, S. J., 2002, An Analysis of the efficiency of yarding operation by yarder attached on tractor, *Journal of Korea Forest Society*, 91(3), 287-295.
- Park, S. J., 2004a, An Analysis of the yarding operation system with a mobile tower-yarder, *Journal of Korea Forest Society*, 93(3), 205-214.
- Park, S. J., 2004b, The optimizing of yarding operation system with a mobile tower-yarder, *Journal of Korea Forest Society*, 93(7), 436-445.
- Park, S. J., 2009, The handbook of forestry machinery and forest road network construction for efficient timber collection, Ilildigital, Daegu, Korea, 1-277.
- Today energy, 2019, <http://www.todayenergy.kr>.

• Professor. Sang-Jun Park
Major of Forestry, College of Agriculture and Life Sciences,
Kyungpook National University
sjupark@knu.ac.kr