Korean Journal of Environmental Biology

Original article

https://doi.org/10.11626/KJEB.2024.42.2.176

Korean J. Environ. Biol.
42(2) : 176-186 (2024)
ISSN 1226-9999 (print)
ISSN 2287-7851 (online)

일본잎갈나무림 친환경벌채지의 산림군집구조

김호진, 이정은[1], 김현섭, 윤충원[1,*]

국립산림과학원 산림기술경영연구소, [1]국립공주대학교 산림과학과

Forest community structure of aggregated retention harvest for *Larix kaempferi*

HoJin Kim, JeongEun Lee[1], HyunSeop Kim and ChungWeon Yun[1,*]

Forest Technology and Management Research Center, National Institute of Forest Science, Pocheon 11186, Republic of Korea
[1]Department of Forest Science, Kongju National University, Yesan 32439, Republic of Korea

Contribution to Environmental Biology

- This study examined the vegetation composition and species diversity of aggregated retention harvest for *L. kaeampferi*.

***Corresponding author**
ChungWeon Yun
Tel. 041-330-1305
E-mail. cwyun@kongju.ac.kr

Received: 29 February 2024
First revised: 30 April 2024
Second revised: 10 June 2024
Revision accepted: 14 June 2024

Abstract: This study aimed to provide ecological information by identifying the stand characteristics of *Larix kaempferi* forest vegetation (deforestation, forest influence, patch, forest) for aggregated retention harvest in Mt. Nambyeongsan, Pyeongchang-Gun. Data were collected using the Braun-Blanquet vegetation survey method from July 2020, with 54 quadrats analyzed for importance value, species diversity, similarity index, and detrended correspondence analysis (DCA). The results showed that vine species had a higher importance value in the deforestation area and forest influence area. Forest regions had the highest species diversity (2.419), while the forest influence area had the lowest (2.171). The similarity index was highest between the forest region and patch area (0.723), and lowest between the patch area and forest influence area (0.658), which was consistent with the DCA results. In conclusion, although species diversity temporarily showed higher values in the initial stage after aggregated retention harvest, it was difficult to assign ecologically specific meanings to these values. Long-term monitoring is therefore necessary to accumulate ecological information on aggregated retention harvests.

Keywords: vegetation, importance value, species diversity, DCA

1. 서 론

United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) 이후 일본, 독일, 미국에서는 지속가능한 산림경영 이행을 위한 불법벌채 목재의 사용금지, 목재생산의 지속성을 담보하기 위한 벌채기준의 강화 등 지구환경 보전차원에서 지금까지의 목재벌채 제도 및 정책 방향을 변화시키려는 많은 시도가 일어나고 있다(Park *et al.* 2011, 2012). 우리나라에서는 대상개벌, 군상개벌 등 대면적 목재수확으로 인하여 파생되는 산림생태환경의 훼손

 ©2024. Korean Society of Environmental Biology.

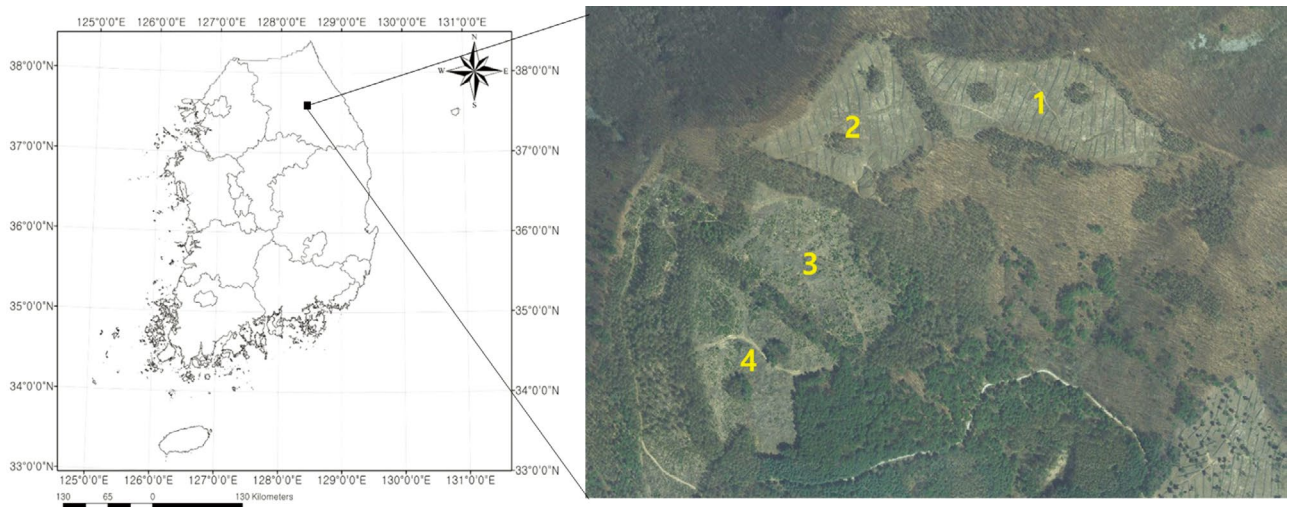

Fig. 1. Location of study area (Pyeong-chang *Larix kaempferi* aggregated retention harvest area).

과 경관적 기능 저하에 대응하고자 이를 최소화할 수 있는 친환경벌채를 2010년부터 시행하였다.

친환경벌채란 산림의 생태·경관적 기능 등이 유지되도록 나무를 베어내는 행위이며 친환경 벌채지 내에 군상(산림영향권을 고려하여 벌채지 내 나무를 일정 폭 이상의 원형이나 정방형 등으로 존치하는 구역), 수림대(벌채구역과 벌채구역 사이 또는 벌채지 내에서 띠 형태로 존치하는 구간), 산림영향권(벌채로 인한 미세기후 변화에 대응하고, 야생 동·식물 서식 및 산림의 생태·환경적 기능 유지 등 산림으로서의 역할을 수행할 수 있는 나무 수고 만큼의 면적)의 구역을 나누어 벌채를 시행하는 작업이다(KMGL 2018). 초기 친환경벌채는 벌채면적 5 ha 이상일 경우 평균 경급 이상의 나무를 ha당 50본의 밀도로 임지에 단목을 고르게 남기는 방식을 사용하였다.

그러나, 단목으로 남길 경우 나지의 비생물적 환경이 열악해지고 산림의 계층구조가 사라지기 때문에 생물다양성 보존 측면의 효과를 기대하기 어렵다는 지적이 있었으며, 이로 인해 2015년에 기존의 단목잔존이 아닌 산림영향권을 적용하는 군상잔존의 방식으로 친환경 벌채제도를 변경하였다. 하지만 산림생물다양성 보존 측면의 과학적 근거를 기반으로 한 연구는 부족한 실정이다(Kim *et al.* 2020a).

최근 산림에 대한 관리는 생태학적 개념을 포함한 지속가능함에 초점을 두고 있으며, 인공림에서도 지속가능한 산림관리가 가능하다(Kim 2023). 벌채는 산림생태계의 가장 중요한 요소인 교목층의 구조와 구성을 급격하게 변화시키므로 이들이 보완된 친환경벌채는 세계 대부분의 온대 산림지역에서 시행되고 있는 조림학적 개념이다(Franklin and Donato 2020). 현재 우리나라에서 시행되고 있는 산림영향권을 포함한 친환경벌채제도에 대한 산림생태환경 보호기능을 평가하여 보존과 이용에 대한 균형잡힌 벌채 제도 마련의 과학적 근거 확보가 중요과제로 대두되고 있다(Kim *et al.* 2020a).

한편, 우리나라의 주요 조림수종 중 하나인 일본잎갈나무는 양수수종으로 자생지인 일본의 경우 중부지방의 산지상부와 아고산대 하부 건조지에 주로 분포하고 있다(Miyawaki 1977, 1984). 우리나라에서는 해발 200～1,200 m의 남부 해안을 제외하고 우리나라 전역에서 생육이 가능한 조림목으로 통직하게 잘 자라는 특성을 가지고 있어 가구, 건축재, 토목 등 다양하게 이용되고 있다(Lee *et al.* 2012; Yun 2016). 이러한 이용가치가 있는 일본잎갈나무는 우리나라에서 1960년도부터 조림되어 왔다(Byeon 2021). 최근 일본잎갈나무는 2020년을 기준으로 조림면적이 3,947 ha로 전체 조림면적 14,620 ha의 약 26.9%를 차지하고 있으며, 조림면적은 해마다 증가하는 것으로 나타났다(KFS 2021).

따라서 본 연구에서는 우리나라 주요 조림수종인 일본잎갈나무 친환경벌채지를 대상으로 선정하여, 해당 조사지를 처리 유형별(벌채지, 산림영향권, 군상잔존구, 수림대, 대조구)로 구분하였다. 이를 바탕으로 생태적 기능을 유지, 복원, 보전을 극대화하면서 종간 상호작용, 종과 환경인자 간 상호관계를 파악하는 군집생태학적 연구를 통

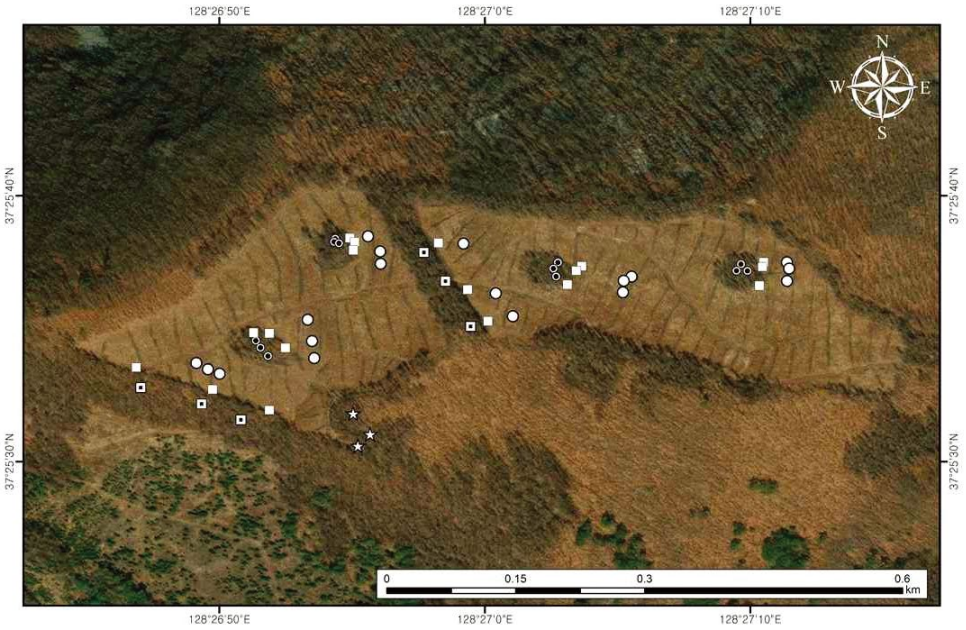

Fig. 2. The location of study site in *Larix kaempferi* aggregated retention harvest area (○: Clear cutting area, □: Forest influence within clear cutting area, ●: Aggregated retention area, ■: Forest belt, ★: Control).

해 일본잎갈나무 친환경벌채지의 산림군집구조를 밝히고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지 개황

본 연구대상지는 행정구역상으로 강원도 평창군 평창읍 고길리 산39 남병산 정상부(N 35°25′40.40″~35°25′15.10″, E 128°26′41.87″~128°27′16.34″)에 위치한다. 벌채 전에는 V영급의 일본잎갈나무 인공림으로 존재하였고, 2015년에 2개의 벌구(2개의 군상잔존을 존치)로 구분하여 시행되었다. 대상지의 크기는 1벌구 5.8 ha, 2벌구 4.7 ha이며, 벌채율은 1벌구 95%, 2벌구 93%, 산림영향권 비율은 1벌구 50.7%, 2벌구 53.8%이다. 2016년에는 군상잔존구가 존치된 1벌구와 2벌구에 일본잎갈나무 1-1묘를 조림하였다.

2.2. 야외조사방법

본 연구는 2020년 7월 평창 일본잎갈나무 친환경벌채지 일대 산림식생을 처리 구역별로 구분한 벌채지(Clear cutting area; CC), 산림영향권(Forest influence within clear cutting area; FC), 군상잔존구(Aggregated retention area; AR), 수림대(Forest belt; FB), 대조구(Control; C)를 출현종과 표본조사구 지소로 선정된 임분(1벌구와 2벌구)의 군락 크기와 입지환경특성을 고려하여 총 57개소(벌채지 18개소, 산림영향권 18개소, 군상잔존구 12개소, 수림대 6개소, 대조구 3개소; 1벌구 27개소, 2벌구 27개소, 대조구 3개소)의 정방형 방형구(5 m×5 m)를 설치하였다. 벌채지와 산림영향권은 전생임분인 일본잎갈나무림에서 목재수확 후 일본잎갈나무를 재조림한 처리 구역이다. 벌채지는 존치된 수림대와 군상잔존구에 대한 그늘의 영향을 받지 않는 처리 구역이며, 산림영향권은 수림대와 군상잔존구와 인접한 구역으로 수고 높이만큼의 처리 구역이다. 군상잔존구와 수림대는 목재수확을 시행하지 않은 처리 구역으로 생물다양성 측면을 고려한 전생임분이 존치된 처리 구역이다. 군상잔존구는 벌채지 내에 원형으로 존치되어 있으며, 수림대는 대상의 형태로 존치되어있다. 대조구는 친환경벌채지의 인접 지역으로 친환경벌채의 영향이 없는 곳을 대상지로 선정하였으며, 전생임분과 동일한 상관군락인 일본잎갈나무군락에서 조사구를 설치하였다. 식생조사 방법은 Z-M학파의 식물사회학적 방법으로 수행하였으며, 방형구의 층위 특성 파악과 방형구 내에 출현하는 모든 식물종의 양과 생육상태에 대한 측

 ©2024. Korean Society of Environmental Biology.

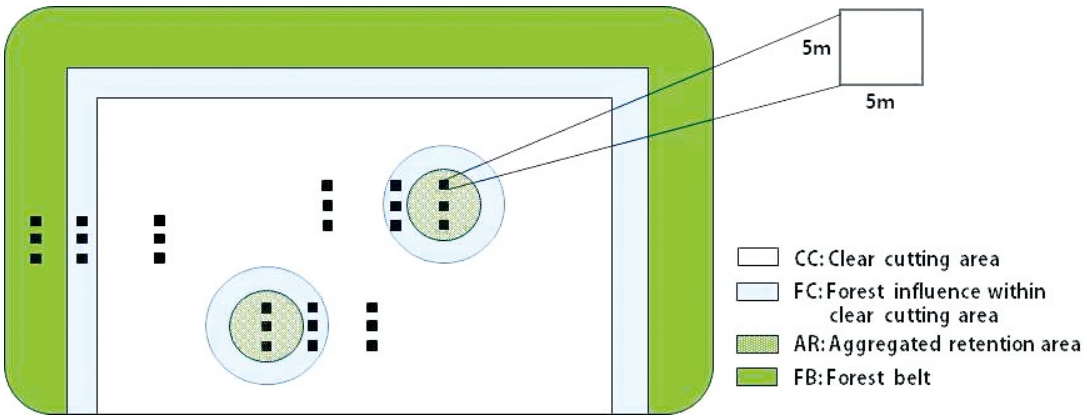

Fig. 3. Location of the study area and sample plots (Treatment types). CC: Clear cutting area; FC: Forest influence within clear cutting area; AR: Aggregated retention area; FB: Forest belt.

정을 실시하였다(Ellenberg 1956; Braun-Blanquet 1964). 양적인 측면은 표본조사구에서 출현하는 모든 종의 피도(Coverage)와 개체수(Abundance)를 조합시킨 우점도 계급(Braun-Blanquet 1964)을 판정하여 기록하였다. 생육상태는 종 개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도(Sociability)를 판정하여 기록하였다. 구성종의 식물분류와 동정은 원색한국수목도감(Hong *et al.* 1987), 원색식물도감(Lee 2003), 나무생태도감(Yun 2016)을 기준으로 실시하였다. 종명의 학명과 국명은 국가생물종지식정보시스템(KFS 2014a)과 국가표준식물목록(KFS 2014b)을 기준으로 작성하였다.

2.3. 분석방법

처리유형별 층위에 따른 주요 구성종 각각의 상대적인 중요도를 파악하기 위하여 식물사회학적 방법으로 조사된 우점도 계급을 우점도 범위의 중앙값으로 환산하여 계산 후 상대우점도와 상대빈도의 평균값으로 중요치를 산출하였다(Dierssen 1990; Shin *et al.* 2014; Kim *et al.* 2017). 중요치는 층위별로 종들의 점유도를 정량적으로 나타낼 수 있고, 처리유형별 종 조성 비교에도 용이하므로 층위를 구분하여 각각 층위별 중요치를 산출하였다. 각 처리유형별 산림식생에 대하여 다양성, 우점도, 경쟁 등을 분석하기 위해 종풍부도(species richness index; S), 종균재도(species evenness index; J′), 종다양도(species diversity index; H′), 종우점도(species dominance index; λ)를 산출하였다.

종다양도: $H' = -\sum P_i \times \ln P_i = -\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \times \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)$

P_i: 한 조사구 내의 특정 종의 개체수와 총 개체수와의 비
n_i: 한 조사구 내의 특정 종의 개체수
N: 총 개체수

종풍부도: $S = (s-1)/\ln N$
s: 구성종수

종균재도: $J' = H'/\ln s$

종우점도: $\lambda = 1 - J'$

군락유사도는 처리유형별 각 구성종 사이의 상대적 유사도를 분석하기 위하여 Sørensen의 유사계수(CCs)를 이용하여 분석하고 처리유형별 조사구들의 종우점도 값을 평균하여 DCA (Detrended Correspondence Analysis)를 이용하여 서열분석을 실시하였으며, 수행한 결과를 바탕으로 이차원 공간에 각각의 처리유형별 산림식생을 배열하여 유연관계를 파악하였다(Hill 1979).

3. 결과 및 고찰

3.1. 층위별 중요치

일본잎갈나무 친환경벌채지 처리유형중 벌채지에서는 교목층과 아교목층의 경우 일본잎갈나무 외에 다른 종은

관측되지 않았다. 관목층은 일본잎갈나무가 81.3%로 가장 높게 나타났으며 미역줄나무 5.8%, 두릅나무 5.6%, 음나무 3.8%의 순으로 나타났다. 초본층은 산딸기가 14.6%로 가장 높게 나타났고, 줄딸기 10.3%, 미역줄나무 9.2%, 그늘사초 9.1%의 순으로 나타났다. 평균상대중요치를 살펴본 결과 일본잎갈나무가 54.2%로 가장 높게 나타났고, 미역줄나무 6.9%, 산딸기 4.9%, 두릅나무 4.0%의 순으로 나타났다.

산림영향권에서는 교목층과 아교목층의 경우 일본잎갈나무 외에 다른 종은 관측되지 않았다. 관목층은 일본잎갈나무가 84.3%로 가장 높게 나타났으며, 두릅나무 11.8%, 음나무 3.9%의 순으로 나타났다. 초본층은 산딸기가 23.6%로 가장 높게 나타났고, 줄딸기 10.1%, 대사초 7.4%, 그늘사초 6.4%의 순으로 나타났다. 평균상대중요치를 살펴본 결과 일본잎갈나무가 56.2%로 가장 높게 나타났고, 두릅나무 8.0%, 산딸기 7.9%, 줄딸기 3.4%의 순으로 나타났다.

벌채지와 산림영향권에서는 관목층과 초본층에 두릅나무, 산딸기 등이 높은 중요치로 출현하였다. 두릅나무와 산딸기는 광선호종으로 친환경벌채 이후 제거된 상층에 영향을 받아 중요치가 높은 것으로 판단되었다. 또한 해당 종들은 양수성 수종으로 임분 재생에 있어 주요 역할을 수행하며, 이후 피복된 임지에 기존 구성종들의 종조성 회복 및 생존에 긍정적인 영향을 줄 것이라 판단된다(Cho *et al.* 2012; Kim *et al.* 2020c).

군상잔존구에서는 교목층은 일본잎갈나무가 100%로 가장 높게 나타났고, 아교목층은 신갈나무가 43.4%로 가장 높게 나타났으며, 일본잎갈나무 28.9%, 다래 13.8%, 층층나무 7.6%의 순으로 나타났다. 관목층은 물푸레나무가 29.6%로 가장 높게 나타났고, 노린재나무 13.1%, 미역줄나무 9.4%, 함박꽃나무 6.9%의 순으로 나타났다. 초본층은 미역줄나무가 14.6%로 가장 높게 나타났고, 그늘사초 8.9%, 줄딸기 8.1%, 실새풀 6.0%의 순으로 나타났다. 평균상대중요치를 살펴본 결과 일본잎갈나무가 55.1%로 가장 높게 나타났고, 신갈나무 14.3%, 다래 5.0%, 물푸레나무 4.7%의 순으로 나타났다.

수림대에서는 교목층은 일본잎갈나무가 100%로 가장 높게 나타났고, 아교목층은 신갈나무가 60.4%로 가장 높게 나타났으며 일본잎갈나무 15.8%, 층층나무 15.8%, 다래 7.9%의 순으로 나타났다. 관목층은 미역줄나무가 26.4%로 가장 높게 나타났고, 노린재나무 16.9%, 물푸레나무 16.4%, 당단풍나무 8.0%의 순으로 나타났다. 초본층은 미역줄나무가 15.7%로 가장 높게 나타났고, 그늘사초 8.1%, 대사초 6.0%, 오미자 6.0%의 순으로 나타났다. 평균상대중요치를 살펴 본 결과 일본잎갈나무가 51.0%로 가장 높게 나타났고, 신갈나무 19.1%, 층층나무 5.3%, 미역줄나무 5.3%의 순으로 나타났다.

일본잎갈나무 친환경벌채지 인근의 대조구에서는 교목층은 일본잎갈나무가 100%로 가장 높게 나타났고, 아교목층은 신갈나무가 66.7%로 가장 높게 나타났으며 층층나무 13.5%, 다래 9.9%, 당단풍나무 9.9%의 순으로 나타났다. 관목층은 노린재나무가 39.6%로 가장 높게 나타났고 신갈나무 12.4%, 생강나무 12.4%, 물푸레나무 12.4%의 순으로 나타났다. 초본층은 단풍취가 16.5%로 가장 높게 나타났고, 미역줄나무 11.8%, 대사초 10.3%, 개고사리 5.9%의 순으로 나타 났다. 평균상대중요치를 살펴본 결과 일본잎갈나무가 46.2%로 가장 높게 나타났고, 신갈나무 22.5%, 노린재나무 6.1%, 층층나무 4.1%의 순으로 나타났다.

벌채지와 산림영향권에서는 벌채로 인하여 교목층과 아교목층이 관측되지 않았다. 반면, 군상잔존구, 수림대, 대조구에서는 존재하였는데, 이는 군상잔존구와 수림대가 생물다양성 보존 측면의 효과가 있는 계층구조를 가지고 있는 것으로 판단되었다. 군상잔존구와 수림대에서는 물푸레나무의 중요치가 높게 나타났는데, 강원도 숲의 일본잎갈나무 조림지는 물푸레나무가 우점하고 있다는 결과와 유사한 것으로 사료되었다(Jang *et al.* 2019). 대조구를 제외한 처리유형(벌채지, 산림영향권, 군상잔존구, 수림대)에서 관목층과 초본층 중요치를 살펴보면, 미역줄나무, 다래, 줄딸기, 오미자 등의 덩굴성 식물의 출현과 중요치가 높은 것으로 나타났다. 덩굴성 식물은 다른 식물에 비해 온도 적응 범위가 매우 넓고 광도가 증가함에 따라 광합성 능력이 증가하는 경향이 있다(Shim *et al.* 1985; Park *et al.* 2004; Jeon *et al.* 2010; Byeon and Yun 2018). 따라서 벌채지와 산림영향권에 조림된 일본잎갈나무 조림목의 성장을 저해시키는 덩굴성식물에 대해 덩굴제거와 같은 작업이 필요할 것으로 판단되었다. 또한 군상잔존구와 수림대는 층위구조와 산림생물다양성 보존을 목적으로 전생임분이 존치된 처리구역으로 층위구조와 산림생물다양성의 유지를 위해 덩굴제거와 같은 작업을 벌채지뿐만 아

 ⓒ2024. Korean Society of Environmental Biology.

Table 1. Importance value of major species in aggregated retention harvest for *Larix kaempferi*

Type[a]	Species scientific name (Korean name)	Crown stratum				M.I.P
		T1	T2	S	H	
CC	*Larix kaempferi* (일본잎갈나무)	–	–	81.3	0.2	54.2
	Tripterygium regelii (미역줄나무)	–	–	5.8	9.2	6.9
	Rubus crataegifolius (산딸기)	–	–	–	14.6	4.9
	Aralia elata (두릅나무)	–	–	5.6	0.9	4.0
	Rubus pungens (줄딸기)	–	–	–	10.3	3.4
	Carex callitrichos (그늘사초)	–	–	–	9.1	3.0
	Kalopanax septemlobus (음나무)	–	–	3.8	0.5	2.7
	Schisandra chinensis (오미자)	–	–	1.8	3.9	2.5
	Quercus mongolica (신갈나무)	–	–	1.8	1.7	1.8
	Carex siderosticta (대사초)	–	–	–	4.9	1.6
	Spodiopogon sibiricus (큰기름새)	–	–	–	3.4	1.1
	Actinidia arguta (다래)	–	–	–	3.0	1.0
	Symplocos sawafutagi (노린재나무)	–	–	–	2.9	1.0
	Convallaria keiskei (은방울꽃)	–	–	–	2.8	0.9
	Artemisia stolonifera (넓은잎외잎쑥)	–	–	–	2.6	0.9
	Lycopus lucidus (쉽싸리)	–	–	–	2.0	0.7
	I sodon inflexus (산박하)	–	–	–	2.0	0.7
	Lespedeza bicolor (싸리)	–	–	–	1.9	0.6
	Duchesnea indica (뱀딸기)	–	–	–	1.7	0.6
	Clematis terniflora (으아리)	–	–	–	1.4	0.5
	Others (56 species)	–	–	–	21.0	7.0
	Total (76 species)				100.0	100.0
FC	*Larix kaempferi* (일본잎갈나무)	–	–	84.3	–	56.2
	Aralia elata (두릅나무)	–	–	11.8	0.4	8.0
	Rubus crataegifolius (산딸기)	–	–	–	23.6	7.9
	Rubus pungens (줄딸기)	–	–	–	10.1	3.4
	Kalopanax septemlobus (음나무)	–	–	3.9	0.7	2.8
	Carex siderosticta (대사초)	–	–	–	7.4	2.5
	Carex callitrichos (그늘사초)	–	–	–	6.4	2.1
	Tripterygium regelii (미역줄나무)	–	–	–	5.5	1.8
	Artemisia stolonifera (넓은잎외잎쑥)	–	–	–	3.1	1.0
	Schisandra chinensis (오미자)	–	–	–	3.0	1.0
	Isodon inflexus (산박하)	–	–	–	2.6	0.9
	Lycopus lucidus (쉽싸리)	–	–	–	2.5	0.8
	Symplocos sawafutagi (노린재나무)	–	–	–	2.0	0.7
	Convallaria keiskei (은방울꽃)	–	–	–	1.9	0.6
	Lespedeza bicolor (싸리)	–	–	–	1.9	0.6
	P otentilla fragarioides (양지꽃)	–	–	–	1.6	0.5
	Calamagrostis arundinacea (실새풀)	–	–	–	1.4	0.5
	Clematis terniflora (으아리)	–	–	–	1.4	0.5
	Actinidia arguta (다래)	–	–	–	1.4	0.5
	Fallopia dumetorum (닭의덩굴)	–	–	–	1.4	0.5
	Others (56 species)	–	–	–	21.7	7.2
	Total (76 species)	–	–	–	100.0	100.0

Table 1. Continued

Type[a]	Species scientific name (Korean name)	Crown stratum				M.I.P
		T1	T2	S	H	
AR	*Larix kaempferi* (일본잎갈나무)	100.0	28.9	–	–	55.1
	Quercus mongolica (신갈나무)	–	43.4	5.4	1.1	14.3
	Actinidia arguta (다래)	–	13.8	3.8	2.0	5.0
	Fraxinus rhynchophylla (물푸레나무)	–	–	29.6	1.4	4.7
	Cornus controversa (층층나무)	–	7.6	2.1	0.2	2.7
	Tripterygium regelii (미역줄나무)	–	–	9.4	14.6	2.6
	Symplocos sawafutagi (노린재나무)	–	–	13.1	0.4	2.0
	Tilia amurensis (피나무)	–	6.3	–	–	1.9
	Magnolia sieboldii (함박꽃나무)	–	–	6.9	–	1.1
	Kalopanax septemlobus (음나무)	–	–	5.4	1.1	0.9
	Aralia elata (두릅나무)	–	–	4.9	0.6	0.8
	Carex callitrichos (그늘사초)	–	–	–	8.9	0.7
	Lindera obtusiloba (생강나무)	–	–	4.3	0.2	0.7
	Rubus pungens (줄딸기)	–	–	–	8.1	0.6
	Acer pseudosieboldianum (당단풍나무)	–	–	3.5	0.4	0.6
	Calamagrostis arundinacea (실새풀)	–	–	–	6.0	0.5
	Rubus crataegifolius (산딸기)	–	–	1.3	3.1	0.4
	Carex siderosticta (대사초)	–	–	–	5.4	0.4
	J uglans mandshurica (가래나무)	–	–	2.6	–	0.4
	Spodiopogon sibiricus (큰기름새)	–	–	–	4.6	0.4
	Others (56 species)	–	–	7.7	41.7	4.4
	Total (76 species)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
FB	*Larix kaempferi* (일본잎갈나무)	100.0	15.8	–	–	51.0
	Quercus mongolica (신갈나무)	–	60.4	2.7	1.5	19.1
	Cornus controversa (층층나무)	–	15.8	2.7	0.4	5.3
	Tripterygium regelii (미역줄나무)	–	–	26.4	15.7	5.3
	Actinidia arguta (다래)	–	7.9	4.6	1.4	3.3
	Symplocos sawafutagi (노린재나무)	–	–	16.9	1.1	2.7
	Fraxinus rhynchophylla (물푸레나무)	–	–	16.4	–	2.5
	Lindera obtusiloba (생강나무)	–	–	7.1	4.0	1.4
	Acer pseudosieboldianum (당단풍나무)	–	–	8.0	0.4	1.3
	Kalopanax septemlobus (음나무)	–	–	6.3	0.8	1.0
	Carex callitrichos (그늘사초)	–	–	–	8.1	0.6
	Carex siderosticta (대사초)	–	–	–	6.0	0.5
	Schisandra chinensis (오미자)	–	–	–	6.0	0.5
	Aralia elata (두릅나무)	–	–	2.7	0.4	0.4
	Magnolia sieboldii (함박꽃나무)	–	–	2.7	–	0.4
	Lespedeza bicolor (싸리)	–	–	1.8	0.8	0.3
	Sorbus commixta (마가목)	–	–	1.8	0.4	0.3
	Athyrium niponicum (개고사리)	–	–	–	3.9	0.3
	Rubus pungens (줄딸기)	–	–	–	3.2	0.2
	Aster scaber (참취)	–	–	–	3.2	0.2
	Others (56 species)	–	–	–	42.9	3.3
	Total (76 species)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

 ©2024. Korean Society of Environmental Biology.

Table 1. Continued

Type[a]	Species scientific name (Korean name)	Crown stratum				M.I.P
		T1	T2	S	H	
C	*Larix kaempferi* (일본잎갈나무)	100.0	–	–	–	46.2
	Quercus mongolica (신갈나무)	–	66.7	12.4	1.5	22.5
	Symplocos sawafutagi (노린재나무)	–	–	39.6	0.5	6.1
	Cornus controversa (층층나무)	–	13.5	–	–	4.1
	Actinidia arguta (다래)	–	9.9	–	1.0	3.1
	Acer pseudosieboldianum (당단풍나무)	–	9.9	–	–	3.1
	Lindera obtusiloba (생강나무)	–	–	12.4	1.5	2.0
	Fraxinus rhynchophylla (물푸레나무)	–	–	12.4	–	1.9
	Kalopanax septemlobus (음나무)	–	–	9.8	1.5	1.6
	Ainsliaea acerifolia (단풍취)	–	–	–	16.5	1.3
	Aralia elata (두릅나무)	–	–	6.2	1.0	1.0
	Tripterygium regelii (미역줄나무)	–	–	–	11.8	0.9
	Carex siderosticta (대사초)	–	–	–	10.3	0.8
	Lonicera praeflorens (올괴불나무)	–	–	3.6	–	0.6
	Abies holophylla (전나무)	–	–	3.6	–	0.6
	Athyrium niponicum (개고사리)	–	–	–	5.9	0.5
	Carex callitrichos (그늘사초)	–	–	–	3.2	0.2
	Rubus pungens (줄딸기)	–	–	–	3.2	0.2
	Saussurea tanakae (당분취)	–	–	–	2.7	0.2
	Matteuccia struthiopteris (청나래고사리)	–	–	–	2.2	0.2
	Others (56 species)	–	–	–	37.0	2.8
	Total (76 species)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* T1: Tree layer; T2: Sub tree layer; S: Shrub layer; H: Herb layer; M.I.P: Mean importance percentage; CC: Clear cutting area; FC: Forest influence within clear cutting area; AR: Aggregated retention area; FB: Forest belt; C: Control.

니라 존치된 처리구역에도 적용하여 보존 측면의 관리가 요구될 것으로 판단되었다.

3.2. 종다양도

일본잎갈나무 친환경벌채지의 종다양도는 대조구에서 2.568로 가장 높게 나타났고, 수림대 2.419, 군상잔존구 2.411, 벌채지 2.293, 산림영향권 2.171의 순으로 나타났으며, 모든 처리유형에서 2.0 이상의 값으로 높게 나타났는데, 이는 생육환경이 이질적이고 복잡하거나 국소적 교란이 발생하게 되면 종다양도가 높아지는 것으로 보고된 연구와 유사한 것으로 판단되었다(Krebs 1985; Barbour *et al.* 1987; Kim *et al.*, 2020b). 캐나다에서는 15년이 경과된 친환경벌채지에서 존치된 군상잔존구에 비해 목재수확이 된 벌채지의 종다양도가 높다는 결과도 보고되었다(Franklin *et al.* 2018). 따라서 친환경벌채지 처리구

Table 2. Species diversity index in the *Larix kaempferi* aggregated retention harvest area using the Shannon index (Kruskal-wallis/ Mann-Whitney U test, $*p<0.01$)

Type[a]	H′	H′max*	J′	1-J′
CC	2.293	2.903[a]	0.790	0.210
FC	2.171	2.815[a]	0.772	0.228
AR	2.411	3.174[b]	0.760	0.241
FB	2.419	3.266[b]	0.738	0.262
C	2.568	3.626[b]	0.704	0.296

[a]CC: Clear cutting area; FC: Forest influence within clear cutting area; AR: Aggregated retention area; FB: Forest belt; C: Control.

역별 종다양도를 판단하기 위해서는 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단되었다. 최대종다양도는 대조구에서 3.626으로 가장 높게 나타났고, 수림대 3.266, 군상잔존구 3.174, 벌채지 2.903, 산림영향권 2.815의 순으로 나타

Table 3. Community coefficient of similarity in each type of *Larix kaempferi* aggregated retention harvest area

Type[a]	CC	FC	AR	FB	C
CC					
FC	0.711				
AR	0.675	0.658			
FB	0.681	0.676	0.723		
C	0.679	0.636	0.629	0.671	

[a]CC: Clear cutting area; FC: Forest influence within clear cutting area; AR: Aggregated retention area; FB: Forest belt; C: Control.

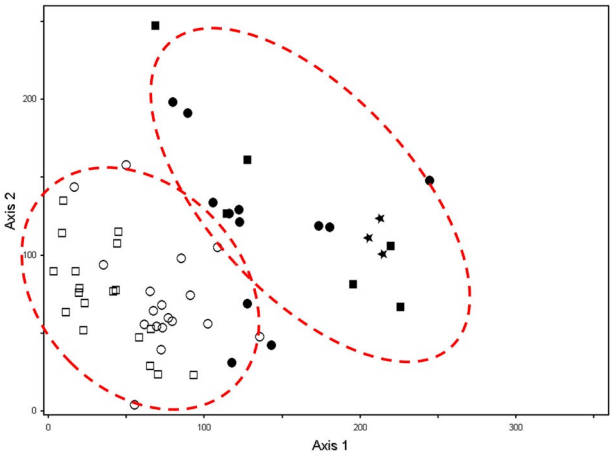

Fig. 4. DCA (Detrended Correspondence Analysis) ordination of each types in *Larix kaempferi* aggregated retention harvest area (○: Clear cutting area, □: Forest influence within clear cutting area, ●: Aggregated retention area, ■: Forest belt, ★: Control).

났으며 처리유형별 차이는 유의하였다. 종균재도는 벌채지에서 0.790으로 가장 높게 나타났고, 산림영향권 0.772, 군상잔존구 0.760, 수림대 0.738, 대조구 0.704의 순으로 나타났다. 종균재도는 값이 큰 처리구일수록 안정된 상태에 도달하고 있는 것으로 평가된다(Cho *et al.* 2012; Lee *et al.* 2018). 모든 처리구의 균재도가 0.7 이상으로 나타나 안정된 생태계라고 사료되었다. 종우점도는 대조구에서 0.296으로 가장 높게 나타났고, 수림대 0.262, 군상잔존구 0.241, 산림영향권 0.228, 벌채지 0.210의 순으로 나타났다.

3.3. 군락유사도 및 DCA

일본잎갈나무 친환경벌채지의 군락유사도에서 Sørensen의 유사계수(CCs)를 이용하여 산출한 결과 군상잔존구-수림대가 0.723으로 가장 높았고, 군상잔존구-산림영향권이 0.658로 가장 낮은 것으로 나타났다. 군락유사도 지수는 생태적으로 유사한 집단간에는 유사도 지수가 높게 나타난다고 보고하였으며, 0.2 이하일 때에는 이질군락, 0.8 이상이면 동일군락, 1이면 두 군락이 완전히 같음, 0이면 완전히 다름, 0.5 이상이면 통례적으로 차이가 없는 군락이라고 하였다(Cox 1972). 따라서 본 연구에서는 일본잎갈나무 친환경벌채지의 처리구역별 산림식생은 차이가 없는 것으로 나타났다. 유사계수와 함께 처리유형별 거리를 정량적 분석인 DCA를 실시한 결과 1축 0.4860, 2축 0.1950으로 3개축 전체 합 0.8317의 약 81.9%로 total variance에 대한 집중률이 높았다. 따라서 벌채지와 산림영향권은 양 축을 기준으로 하여 밀집하는 경향이 나타났고, 군상잔존구, 수림대, 대조구가 밀집하는 경향으로 나타났다. 국내에서 지속적으로 시행되고 있는 친환경벌채지의 처리구역별 산림식생에 대한 군락유사도와 DCA 결과를 비교할 만한 연구 결과는 없는 상황이다. 따라서 여러 지역에서 시행된 친환경벌채 임지의 종 조성에 대한 산림군집구조 연구와 시간변화에 따른 처리구역별 산림군집구조에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구에서는 우리나라 주요 조림수종인 일본잎갈나무 친환경벌채지를 대상으로 선정하여, 해당 조사지를 처리유형별(벌채지, 산림영향권, 군상잔존구, 수림대, 대조구)로 구분하였다. 이를 바탕으로 군집생태학적 연구를 통해 일본잎갈나무 친환경벌채지의 산림군집구조를 밝히고자 하였다. 중요치 분석을 통해 군상잔존구와 수림대는 교목층과 아교목층이 존재하는 것으로 나타났다. 이는 생물다양성 보존 측면에 효과 있는 계층구조를 가지고 있는 것으로 나타났으나 초본층에서는 벌채지와 산림영향권과 동일하게 덩굴성식물의 중요치가 높게 나타나 본 처리구역에서는 벌채지와 산림영향권에 조림된 일본잎갈나무 조림목에 성장에 저해되는 덩굴제거와 같은 시업이 존치된 교목에도 적용하는 보존 측면의 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 종다양도는 모든 처리유형에서 높게 나타났는데 친환경벌채 후 초기 상태에서의 종다양도는 일시적 교란에 의해 다소 높게 나타난 것으로 사료되었다.

 ©2024. Korean Society of Environmental Biology.

Sørensen의 유사계수와 더불어 처리유형별 거리를 정량적으로 확인해 보고자 DCA 분석을 실시한 결과 벌채지와 산림영향권은 양 축을 기준으로 하여 밀집하는 경향이 나타났고, 군상잔존구, 수림대, 대조구가 밀집하는 경향으로 나타났다.

본 연구는 단발성 조사에 의한 연구 결과로 친환경벌채에 대하여 보다 정확히 판단하려면 장기적인 모니터링이 필수적으로 수행되어야 한다고 판단되었다. 또한 앞으로 장기적인 모니터링을 진행함으로써 친환경벌채의 메커니즘을 이해하고 미래의 생태계 구조변화를 평가하기 위한 정책적 기준 마련이 반드시 필요할 것으로 사료되었다.

CRediT authorship contribution statement

HJ Kim: Investigation, Data curation, Writing-Original draft, Writing-Reviewing & editing. **JE Lee:** Investigation, Data curation, Writing-Reviewing & Editing. **HS Kim:** Conceptualization, Resources. **CW Yun:** Supervision, Writing-Reviewing & Editing, Project administration, Funding acquisition.

Declaration of Competing Interest

The authors declare no conflicts of interest.

사 사

본 연구는 국립산림과학원 연구사업(SC0400-2017-03; SC0500-2020-01) 지원에 의하여 이루어졌습니다.

REFERENCES

Barbour MG, JH Buck and WD Pitts. 1987. Terrestrial Plant Ecology, 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company. CA, USA. pp. 155–229.

Braun-Blanquet J. 1964 Pflanwensoziologie Grundzuge der Vegetationskunde. 3rd ed. Springer-Verlag. New York.

Byeon SY. 2021. A study on the community structure and regeneration features in *Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere natural regeneration stands. Ph.D. Dissertation. Kongju National University. Yesan, Korea.

Byeon SY and CW Yun. 2018. Understory species composition and Pinus densiflora natural regeneration in *Pinus densiflora* stands regenerated by Seed-tree method. J. Korean Soc. For. Sci. 107:25–34. https://doi.org/10.14578/jkfs.2018.107.1.25

Cho MG, JM Chung, HR Jung, MY Kang and HS Moon. 2012. Vegetation structure of *Taxus cuspidata* communities in subalpine zone. J. Agric. Life Sci. 46:1–10.

Cox GW. 1972. Laboratory Manual of General Ecology. William C Brown Publishers. Dububque, IA, USA.

Dierssen K. 1990. Einführung in die Pflanzensoziologie. Akadmie Verlag. Berlin, Germany.

Ellenberg H. 1956. Aufgaben and Methoden der Vegetationskunde. Ulmer. Stuttgart, Germany.

Franklin CMA, SE Macdonald and SE Nielsen. 2018. Combining aggregated and dispersed tree retention harvesting for conservation of vascular plant communities. Ecol. Appl. 28:1830–1840. https://doi.org/10.1002/eap.1774

Franklin JF and DC Donato. 2020. Variable retention harvesting in the Douglas-fir region. Ecol.. Process 9:8. https://doi.org/10.1186/s13717-019-0205-5

Hill MO. 1979. TWINSPAN: A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Section of Ecology and Systematics, Cornell University. Ithaca, New York.

Hong SC, SH Byun and SS Kim. 1987. Colored Illustrations of Tree and Shrub in Korea. Gyemyeongsa. Seoul, Korea.

Jang JS, H Kim and JI Jeon. 2019. The New Dendrology. Hyangmunsa. Seoul, Korea.

Jeon SW, WK Song, MJ Lee and BJ Kang. 2010. Improvement of the environmental conservation value assessment map (ECVAM) by complement of the vegetation community stability item. J. Korean Env. Res. Tech. 13:114–123.

Kim DS, HS Kim, JY Lee, SY Kim, JS Kweon, DM Kim, SJ Park, SY Kim, JH Jeong and BK Byun. 2020a. Investigation of vegetation and insect in Green Tree Retention, Mokgye-ri, Wangsan-myeon, Gangneung, Korea. p. 49. In: Proceedings of the Korean Society of Environment and Ecology Conference. Vol. 30.

Kim MS, JS Kim, HS Kim, CW Park and KH Bae. 2020b. Changes in community structure of understory vegetation by silvicultural treatments in a *Larix kaempferi* plantation forest. J. Agric. Life Sci. 54:23–33. https://doi.org/10.14397/jals.2020.54.2.25

Kim HJ. 2023. Forest community structure and early growth characteristics of planted tree in aggregated retention harvest (ARH) area. Ph.D. Dissertation. Kongju Natinal University.

Yesan, Korea.

Kim HJ, JK Shin, CH Lee and CW Yun. 2017. Community structure of forest vegetation in Mt. Geumsusan belong to Woraksan National Park. Korean J. Environ. Ecol. 31:202219. https://doi.org/10.13047/KJEE.2017.31.2.202

Kim MS, JS Kim, HS Kim, CW Park and KH Bae. 2020c. Changes in community structure of understory by silvicultural treatments in a *Larix kaempferi* plantation forest. J. Agric. Life Sci. 54:22–33.

KFS. 2014a. Korea Biodiversity Information System. Korea Forest Service. http://www.nature.go.kr. Accessed June 11, 2024.

KFS. 2014b. Korea Plant Names Index Committee. Korea Forest Service. http://www.nature.go.kr. Accessed June 11, 2024.

KFS. 2021. Statistical Yearbook of Forestry. Korea Forest Service. Daejeon, Korea.

KMGL. 2018. Administrative Rule. Korea Ministry of Government Legislation. Sejong, Korea. https://www.law.go.kr/. Accessed June 11, 2024.

Krebs CJ. 1985. Ecology. 3rd Edition. Haber and Row Publishing Company. New York.

Lee JE, JK Shin, DK Kim and CW Yun. 2018. Classification of forest vegetation for forest genetic resource reserve area in Heuksando island. Korean J. Env. Eco. 32:289–302. https://doi.org/10.13047/KJEE.2018.32.3.289

Lee TB. 2003. Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa. Seoul, Korea.

Lee WY, EJ Park, SU Han and BS Park. 2012. Characteristics Improvement of Flowering and Fruiting in *Larix kaempferi*. National Institute of Forest Science. Seoul, Korea.

Miyawaki A. 1977. Vegetation of Japan, Gakken. Tokyo, Japan.

Miyawaki A. 1984. Vegetation of Japan, Jimundang. Tokyo, Japan.

Park EH, JG Kim, JH Lee, HS Cho and JK Min. 2004. Vegetation of liana dominating in the vicinity of Onsan industrial complex. Korean J. Ecol. 27:335–345. https://doi.org/10.5141/JEFB.2004.27.6.335

Park KS, SY Lee, SW Bae, MH Kim, HS Kim, KS Baik and KW An. 2011. A study on recognition of forest official's stakeholders's toward improvement of tree cutting permit system. J. Korean Soc. For. Sci. 100:292–304.

Park KS, SY Lee, IH Choi, HS Kim, YS Ahn and KW An. 2012. Improvement of a tree cutting permit system with respect to timber logger's consciousness. J. Korean Soc. For. Sci. 101:710–721.

Shin HS, JK Shin, HJ Kim, SH Han, WH Lee and CW Yun. 2014. Characteristics of community structure of forest vegetation on Manisan, Ganghwado. Korean J. Agric. For. Met. 16:11–21.

Shim KK, YH Ahn and MS Yoo. 1985. Studies on photosynthesis of perennial vines (*Actinidia arguta*, *Celastrus orbiculatus*, *Lonicera japonica*, *Lonicera japonica* var. *aureoreticulata*, Lonicera semperviens). J. Korean Soc. Hortic. Sci. 26:44–50.

Yun CW. 2016. Field Guide to Trees and Shrubs. Geobook. Seoul, Korea.

 ©2024. Korean Society of Environmental Biology.