

숲가꾸기 산물의 적재형태에 따른 산불위험도 분석

Analysis of forest fire danger rating on accumulation types of the leaving of thinning slash

이시영^{*}·이명욱^{**}·채희문^{***}·김영환^{****}·박홍석^{*****}·권춘근^{**}
Lee, Si Young · Lee, Myung-Woog · Chae, Hee Mun · Kim, Young-Hwan
Park, Hong Sek · Kwon Chun-Geun

Abstract

Nowaday, for the promotion of producing forest trees, production of excellent timbers, and build-up of public forest area, it is on the increase of the thinning-forest for artificial forest, natural forest, eco-friendly forest, and the forest for development and improvement of forest resources nationwide. Even though the thinning-forest is applied around 180,000ha every year, the quantity of collected/used products is only 18,000ha(240,000m²) which is 10% of the whole thinning-forest area. Meanwhile, some reports represent that the left products after thinning-forest might increase the severity of forest fire and the waste of resources.

Therefore, this study focused on the analysis of correlation between the accumulated products after thinning-forest and forest fire, and providing a preparation plan for the forest fire.

key words : Forest fire, Thinning slash, Accumulation types, Thinning area

1. 서론

최근 우리나라는 임목생산 촉진과 우량목재 생산 그리고 공익임지 조성을 위해 인공림, 천연림, 생활환경림, 수자원함양림에 대한 숲가꾸기 사업을 확대하고 있는 추세이다. 우리나라에서 실시하는 숲가꾸기 사업은 연간 약 18만ha의 숲가꾸기가 시행되나 수집·활용되는 산물의 양은 사업면적의 10%인 18천ha(240천m²)에 불과(ha당 13.3m²)하다. 그런데 숲가꾸기 사업 후 임내에 적재된 산물은 자원낭비, 산불 발생시 산불의 강도를 증가시킬 수 있다고 지적되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 숲가꾸기 사업 후 적재된 산물과 산불에의 영향성을 분석하여 대응책을 마련하는데 목적을 두고 수행하였다.

^{*} 강원대학교 방재기술전문대학원E-mail: lsy925@kangwon.ac.kr

^{**} 한중대학교 토목환경공학과

^{***} 강원대학교 산림환경과학연구소

^{****} 국립산림과학원 산림경영과

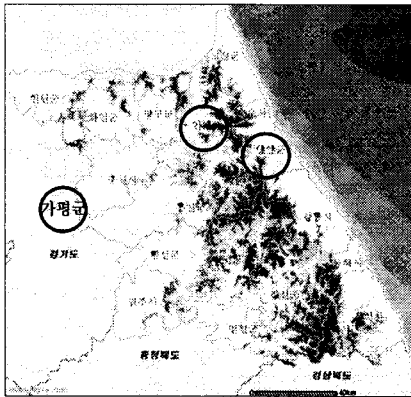
^{*****} 동국대학교 산림자원학과

2. 조사지역 및 방법

숲가꾸기 산물의 적재형태가 산불에 미치는 영향을 조사하기 위하여 <그림 1>과 같이 2005년 최근 대형 산불이 발생했던 강원도 양양지역과 2006년 태풍(에위니아)로 인해 많은 인명 및 재산, 산림피해를 받았던 인제군 지역 그리고 과거부터 숲가꾸기가 많이 수행되어 왔던 경기도 가평군 지역을 조사 대상지역으로 선정하였다.

또한 세부적인 수종별, 숲가꾸기 실행유무 및 지역수는 <표 1>과 같이 총 9개소로서 양양군의 경우 숲가꾸기 실행지역인 활엽수림 1개소, 소나무림 3개소로서 총 4개소, 가평군은 숲가꾸기 실행지역인 잣나무림 2개소, 인제군의 경우는 숲가꾸기 실행지역인 소나무림 2개소, 잣나무림 1개소 등 총 3개소를 각각 대상지로 선정하였다.

현장 조사지의 규모는 10m(가로) × 10m(세로)로 하였으며, 현장조사 항목은 숲가꾸기 실행지의 임분특성인 조사지의 수종, 임목의 수고, 흉고직경, 지하고, 죽은가지 고사율, 울폐도, 관목층 및 초본층의 피도 등을 조사 하였으며, 조사지의 지형특성인 조사지의 위치, 조사지 경사도와 간벌지의 적재형태 및 양을 측정하고 간벌강도별 비교를 통한 산불에의 영향을 분석하였다.



<그림 1> 숲가꾸기 산물 조사지역 분포도

<표 1> 수종별 숲가꾸기 산물적재 조사지

조사지	수종별 숲가꾸기 지역	
	양양군	활엽수림
	소나무림	3
가평군	잣나무	2
인제군	소나무	2
	잣나무	1
합 계	-	9

3. 결과 및 고찰

<표 2>는 숲가꾸기 실행지의 수종, 숲가꾸기 작업종, 숲가꾸기 산물적재 형태, 간벌강도, 산지경사, 산지지형에 대하여 조사한 결과이다.

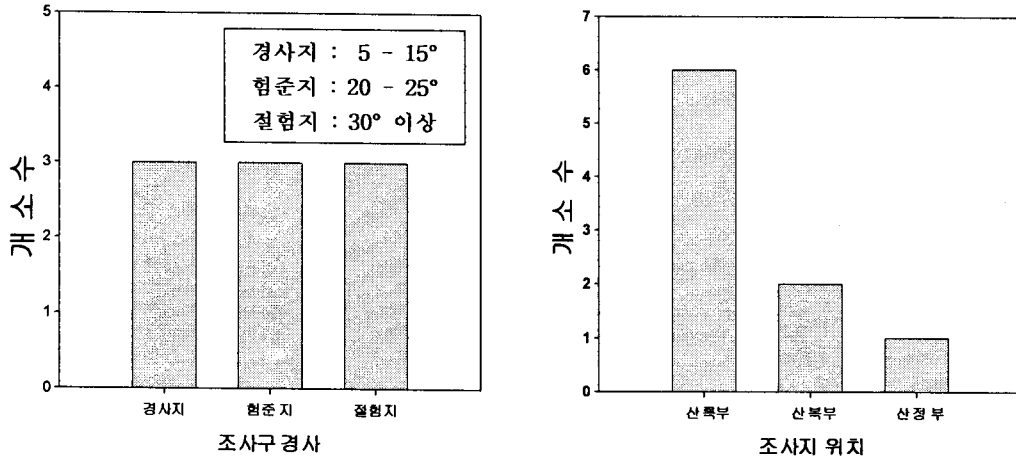
<표 2> 숲가꾸기 실행지역의 입지특성 및 숲가꾸기 산물 적재현황

지역	주수종	숲가꾸기 작업종	간벌강도	숲가꾸기 산물 적재형태	연소물량 (kg/100m ²)	산지경사 (°)	산지지형
양양 1	참나무	천연림보육	약	횡	648	38	사면하부
양양 2	소나무	간 벌	강	바닥	211.3	15	사면중부
양양 4	소나무	간 벌	강	바닥	109.2	40	정상부
양양 5	소나무	간 벌	약	횡	761	25	사면하부
가평 1	잣나무	간 벌	강	중(바닥)	33.3	15	사면하부
가평 3	잣나무	간 벌	중(약)	횡	81.6	22	사면하부
인제 1	소나무	간 벌	강	횡(바닥)	23.5	40	사면중부
인제 2	잣나무	간 벌	강	횡	11.9	25	사면하부
인제 4	소나무	천연림보육	강	바닥	24.3	15	사면하부

3.1 조사지 지형특성

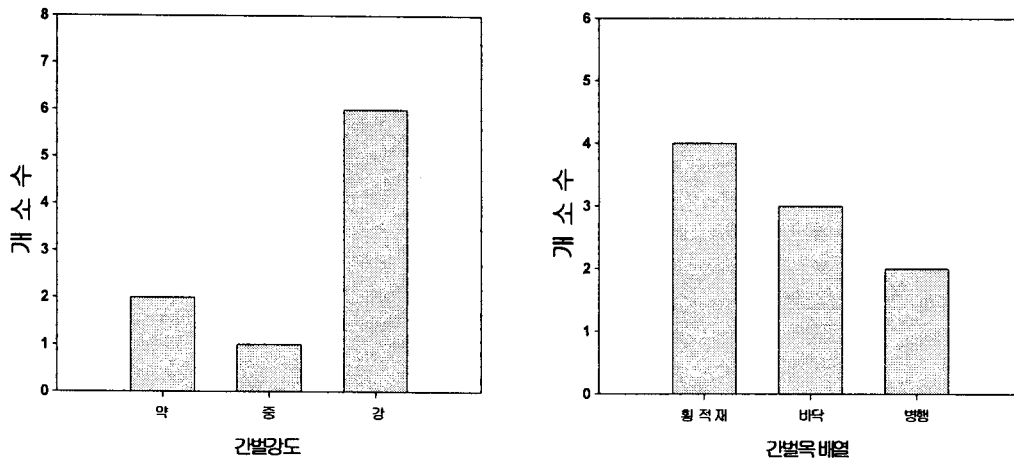
<그림 2>는 각각 조사지의 지형적인 특성으로 조사지의 경사와 사면의 위치에 대한 결과이다. 각각의 조사지별 산지경사는 5° - 15°의 경사지가 3개소, 20 - 25°의 험준지와 30° 이상의 절험지도 각각 3개소로 전체적으로 골고루 분포되어 있었다.

산지위치는 산록부가 6개소로 가장 많았고, 그 외 산북부와 산정부가 각각 2개소, 1개소를 조사하였다. 산북부와 산정부에 비해 산록부의 개수가 많은 것은 대체로 숲가꾸기 지역이 접근이 용이한 지역을 우선대상지로 삼기 때문인 것으로 판단된다. 그 외 산록부와 산정부는 비교적 해발 고도가 400m 이하의 지역으로 임도나 군도등 접근이 양호한 지역인 것으로 조사되었다.



<그림 2> 조사지의 위치와 조사구 산지경사

<그림 3>은 간벌강도와 간벌재 배열형태로 간벌강도는 강도간벌이 가장 많아, 간벌지 총 9개소중 6개소(약 67%)였고, 그 외 중도간벌은 약 11%, 약도 간벌은 22%를 차지하였다. 조사구별 간벌목의 배열 형태로 간벌목을 횡적재로 방치한 곳이 4곳으로 가장 많았으며, 3곳은 바닥에 그리고 나머지 2곳은 종적재와 바닥, 횡적재와 바닥 등 두가지 이상의 방법을 병행한 지역 이었다.



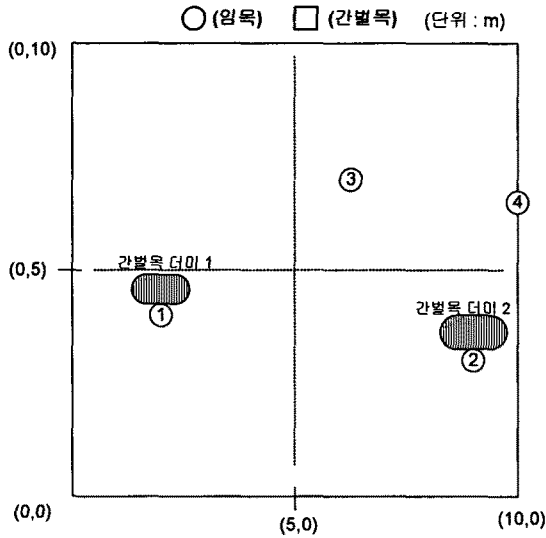
<그림 3> 조사지의 간벌강도와 간벌재 배열 형태

3.2 숲가꾸기 산물의 적재형태와 산불위험도

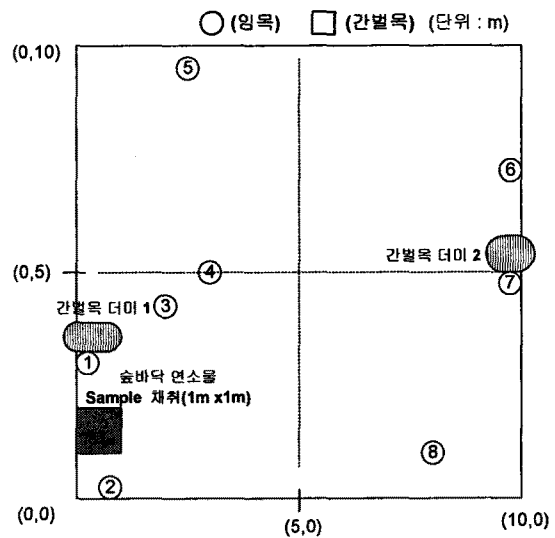
가. 간벌제 횡적제형 조사구

<그림 4>는 간벌제 횡적제를 실시한 양양군 1 조사구의 적재된 간목재의 분포도이며, <표 3>은 적재된 간목재 더미와 임목과의 관계를 나타내 결과이다. <표 3>의 결과에 의하면 숲가꾸기 산물들은 임목①과 임목②에 횡방향으로 적재되어 있으며 ①번 임목에 횡으로 적재된 간벌목의 높이는 1.0m로 ①번 임목의 지하고 8m에 비해 약 12.5%, ②번 임목에 횡으로 적재된 간벌목의 적재 높이 1m는 ②번 임목의 지하고 11m의 9% 밖에 미치지 못해 산불이 임목의 가지와 맞으로 전이될 위험성은 없는 것으로 판단된다. 그러나 ①, ② 임목과 적재된 간벌목의 간격이 거의 없어 산불발생시 숲가꾸기 산물이 임목에 직접적으로 영향을 줄 것으로 판단된다. 또한, 적재된 더미의 연소물량은 (①: 363kg, ②: 285kg) 재발화의 가능성이 다소 있을 것으로 판단된다. 한편 일반적으로 산지경사가 30° 이상일 경우 산불의 전파 속도는 평지에 비해 1.5배 정도 빨라지는 것으로 조사되어 있어, 이지역의 사면 경사를 보아 산불의 전파 속도는 매우 빠를 것으로 판단된다. 따라서, 산지경사가 30° 이상 사면에서의 임내에 적재된 간벌목은 완전히 제거하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

<그림 5>는 양양 5조사구의 현황으로 강도간벌을 실시한 지역이며, 간벌목들을 임목 ①과 임목 ⑦에 횡으로 쌓여있다. 임목 ①과 임목⑦에 횡으로 적재한 간벌목 더미의 중량은 ①번 더미의 경우 398kg, ⑦은 363kg으로 조사 되었다. 또한, ①번 임목에 횡으로 쌓여있는 간벌목 ①의 높이는 1.0m로 ①번 임목의 지하고 3m에 비해 약 33.3% 높이에 있어 산불발생시 상층부 가지로 산불이 전파될 위험성이 다소 있을 것으로 판단되었다. 또한, ⑦번 임목에 적재된 간벌목 ②의 경우 적재높이는 1m로 ⑦번 임목의 지하고 2m의 50%로 이 경우에도 산불이 임목의 가지와 맞으로 전파될 위험성은 높은 것으로 판단되었다. 또한 ①, ⑦ 임목과 숲가꾸기 산물과의 간격이 거의 없어 산불발생시 숲가꾸기 산물이 임목에 직접적으로 영향을 줄 것으로 판단된다.



<그림 4> 양양군 1 조사구 현황



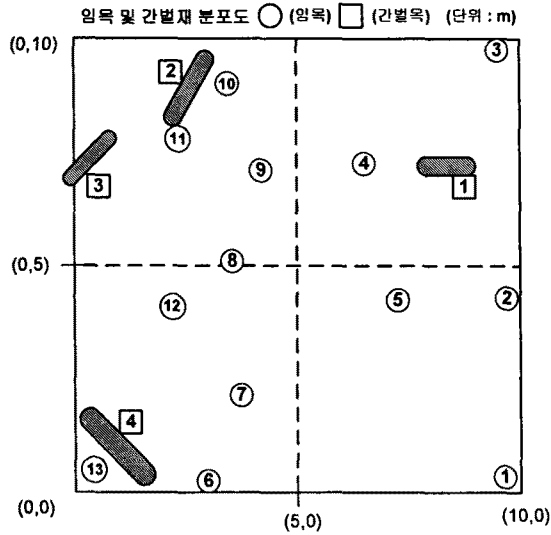
<그림 5> 양양군 5 조사구 현황

<표 3> 양양군 제 1,5 조사구내 임목과 숲가꾸기 산물과의 관계

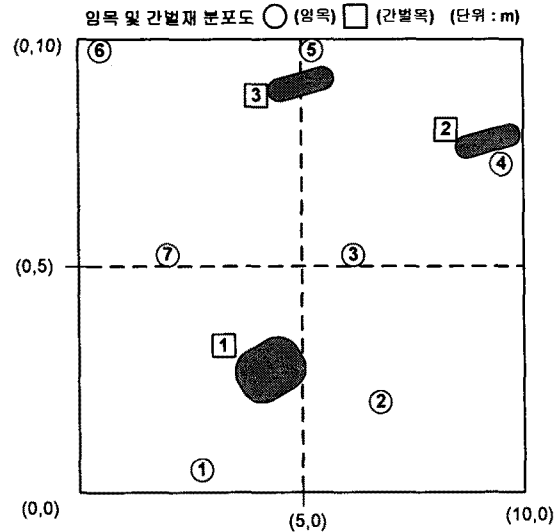
조사지	임목 No	수종	수고 (m)	지하고 (m)	죽은가지 고사율 (%)	숲가꾸기 산물의 높이 (m)	임목과의 거리 (m)	사면 위치	사면 경사 (°)	숲가꾸기 산물 방치와 산불위험도				
										연소 연계성	수관화 연계성	비화 가능성	재발화 가능성	종합 위험도
양양 1	①	참나무	16	8	5	1.0	0	중부	38	하	하	하	중	하
	②		20	11	1		0			하	하	하	중	하
양양 5	①	굴참나무	8	3	0	1.0	0	하부	19	하	하	하	하	하
	③	소 나무	15	10	5		1.4			하	하	하	하	하
	⑥	산벚나무	9	7	0		0.2			하	하	하	하	하
	⑦	신갈나무	8	4	0		0			하	하	하	중	하

한편, <그림 6>과 <그림 7>은 가평군 3조사구와 인제군 2조사구의 현황으로 간벌목의 적재형태는 앞서 양양 2, 4 조사구와 같은 형태를 보이고 있다.

그러나, 조사결과 양양군과는 달리 간벌목 더미의 중량은 81.kg, 10kg으로 적게 쌓여 있으며 임목과 간벌목과의 간격은 양양군 조사구와는 달리 0.3 - 1.2m의 간격을 두고 적재되어 있어 연소 연계성은 양양군에 비해 낮은 것으로 판단되었다. 또한, 수관화 연계성은 간벌목의 적재높이가 주변 임목의 지하고에 12 - 17% 정도로 수관화 연계성도 적은 것으로 조사되었다.

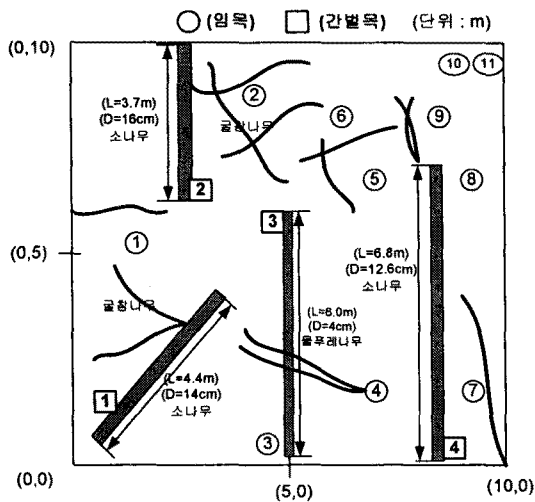


<그림 6> 가평군 3 조사구 현황

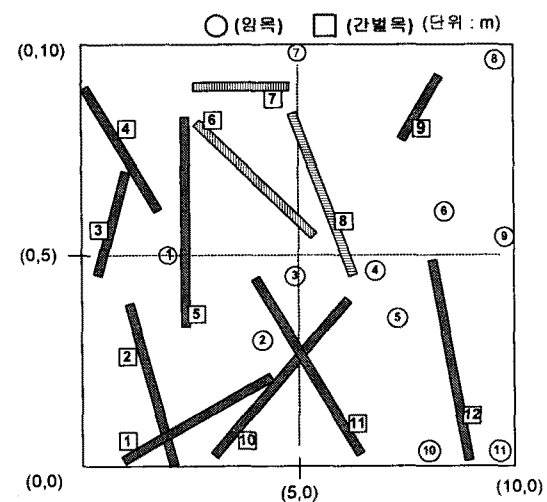


<그림 7> 인제군 2 조사구 현황

나. 간벌제 바닥 산재형 조사구



<그림 8> 양양군 2 조사구 현황



<그림 9> 양양군 4 조사구 현황

<그림 8>은 양양군 상리에 위치한 소나무림 숲가꾸기 지역으로 간벌정도는 강도간벌을 실시하였으며 숲가꾸기 산물 처리는 <그림 8>, <표 4>와 같이 간벌지내 바닥에 산재한 형태로 방치해 놓았다. 즉, 간벌목 1의 경우 ①번 임목의 지하고 8m에 비해 높이는 15cm로 지하고 높이의 1.8%밖에 안돼 산불이 임목의 수관부로 연계될 가능성은 희박한 것으로 판단된다. <표 5>는 조사구내 산재되어 있는 간벌목중 직경 3cm 이상의 간벌목의 중량을 산정한 결과 이다. <표 5>에 의하면 조사구내의 숲가꾸기 산물의 연소물량은 211.3kg에 달

하는 것으로 조사되었다. 한편, <표 5>의 양양 4 조사구내 산재된 숲가꾸기 산물의 연소물량은 총 연소물량이 109.2kg에 달하는 것으로 조사되었다.

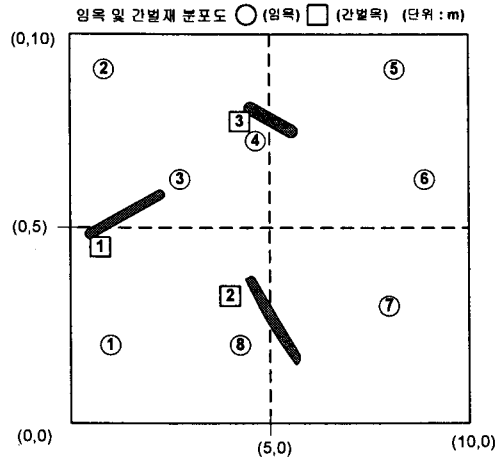
또한, <그림 9>, <표 4>의 양양 4조사구의 경우 임목 ①과 간벌목 ⑤의 경우 ①번 임목의 지하고는 4m, 간벌목의 적재 12cm로 임목지하고 높이의 3.0%로 숲가꾸기 산물로 인해 산불이 임목의 상층부로 전파될 가능성은 희박한 것으로 판단된다. 그 외의 임목과 숲가꾸기 산물의 경우도 <표 5>에 보인바와 같이 임목의 지하고 4 - 7m의 범위를 보이고 있으며, 산재된 간벌목의 높이가 0.05m - 0.12m 로 전체적으로 임목 지하고높이의 3.0% 이내로 숲가꾸기 산물의 발화로 인해 임목의 상층까지나 있으므로 전파될 위험성은 없는 것으로 조사되었다. 또한, 숲가꾸기 산물과 임목간의 거리는 ①번 임목과 ⑤번 숲가꾸기 산물, ④번 임목과 ⑧번 숲가꾸기 산물간의 간격 40cm를 제외하고 대체로 1.0m 이상의 간격을 보이고 있어 임목과의 간격 또한 대체로 안전한 것으로 조사되었고, 이 조사구의 경우 바닥에 산재된 임목은 부식화가 빨리 진행되어 금후 산불의 위험성은 빠르게 경감될 것으로 예상된다.

<표 4> 양양군 제 2 조사구내 임목과 숲가꾸기 산물과의 관계

조사지	임목 No.	수종	수고 (m)	지하고 (m)	죽은가지 고사율 (%)	숲가꾸기 산물 높이 (m)	임목과의 거리 (m)	사면 위치	사면 경사 (°)	숲가꾸기 산물 방치와 산불위험도				
										연소 연계성	수관화 연계성	비화 가능성	재발화 가능성	종합 위험도
양양 2	①	소나무	11	8	20	0.16	1.0	중부	15	하	하	하	하	하
	③		11	9	40	0.04	0.5			하	하	하	하	하
	④		13	8	15	0.12	1.0			하	하	하	하	하
	⑤		12	9	10	0.18	1.0			하	하	하	하	하
	⑦		15	10	30	0.12	1.0			하	하	하	하	하
	⑧		10	8	30	0.18	1.0			하	하	하	하	하
양양 4	①	소나무	7	4	10	0.06	0.4	정상부	40	하	하	하	하	하
	②		8	5	10	0.06	1.0			하	하	하	하	하
	③		9	7	10	0.06	0.7			하	하	하	하	하
	④		10	7	10	0.05	0.4			하	하	하	하	하
	⑤		10	7	5	0.12	1.2			하	하	하	하	하
	⑥		9	7	30	0.14	1.3			하	하	하	하	하
	⑦		8	4	10	0.03	0.4			하	하	하	하	하
	⑧		10	4	15	0.08	1.0			하	하	하	하	하
	⑨		9.5	6	30	0.14	1.5			하	하	하	하	하
	⑩		9	6	30	0.065	1.0			하	하	하	하	하
	⑪		9	7	40	0.065	0.7			하	하	하	하	하

<표 5> 양양군 제 2, 4 조사구내 산재된 숲가꾸기 산물의 연소물량

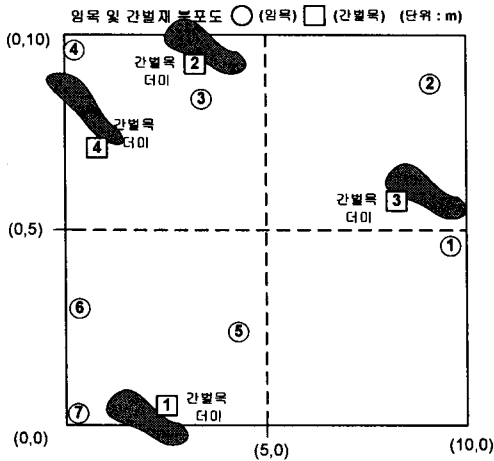
조사지	숲가꾸기 산물 No.	평균 직경 (m)	길이 (m)	체적 (m³)	목재의 단위중량 (kg/m³)	중량 (kg)	숲가꾸기 산물 No.	평균 직경 (m)	길이 (m)	체적 (m³)	목재의 단위중량 (kg/m³)	중량 (kg)
양양 2	①	0.14	4.4	0.068	650	44.2	③	0.04	6.0	0.0075	850	63.75
	②	0.16	3.7	0.074	650	48.1	④	0.126	6.8	0.085	650	55.25
	합계					92.3	합계					119
양양 4	①	0.08	4.0	0.02	550	11	⑦	0.03	4.0	0.003	550	1.65
	②	0.08	3.0	0.015	550	8.25	⑧	0.05	5.0	0.01	550	5.5
	③	0.09	2.8	0.018	550	9.9	⑨	0.08	3.0	0.015	550	8.25
	④	0.08	4.0	0.02	550	11	⑩	0.09	4.0	0.019	550	10.45
	⑤	0.06	6.0	0.017	550	9.35	⑪	0.06	3.0	0.0085	550	4.7
	⑥	0.06	5.0	0.014	550	7.7	⑫	0.1	5.0	0.039	550	21.45
	합계					57.2	합계					



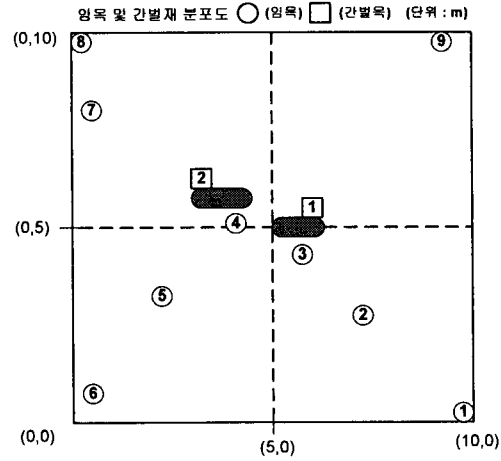
<그림 10> 인제군 4 조사구 현황

<그림 10>은 인제군 4조사구로 양양군의 조사구와는 다소 다른 형태를 보이고 있으나 숲가꾸기 산물인 간벌목의 원목은 이미 처리되어 없으며 잔가지만 상존하고 있는 조사구 이다. 또한, 현장에 쌓여 있는 숲가꾸기 산물의 적재 높이는 대부분 1m 이하로 쌓여 있어 바닥에 산재해 있는 것으로 간주 하였다. 이 조사구의 산불위험도는 양양 4조사구와 유사한 경향을 보이는 것으로 조사되었다.

다. 횡, 종 적재 및 바닥산재 혼합형 조사구



<그림 11> 가평군 1 조사구 현황



<그림 12> 인제군 1 조사구 현황

<그림 11>의 가평 1 조사구의 수종은 잣나무가 주종을 이루고 있었으며 강도간벌 지역으로 임목본수는 700(본/ha)으로 조사되었다. 간벌한 나무들은 <그림 11>에서와 같이 조사구내 임목과 일정한 간격을 두고 종 및 바닥에 산재되어 있었다. <표 6>에 보인바와 같이 숲가꾸기 산물인 간벌목의 총량은 간벌터미 ①은 11.7kg, ②은 17.3kg, ③은 9.4kg, ④는 4.9kg으로 숲가꾸기 산물의 총 연소물량은 33.3kg 인 것으로 추정되었다.

한편, 조사구내 임목에 인접해 적재되어 있는 간벌목의 적재 높이는 0.5m - 1.0m로 각각의 임목에 지하 고의 16% - 24%의 범위로 위험성은 낮은 것으로 조사 되었다. 한편, 임목과 숲가꾸기 산물간의 거리는 1m 내외로 대체로 근접해 있어 산불발생시 임목에 다소 영향을 줄 것으로 조사되었다.

<그림 12>의 인제군 1 조사구로 수종은 소나무가 주종을 이루고 있었으며 중약의 간벌을 실시한 사면으로 조사구내의 임목본수는 900(본/ha) 이었다. 이 조사구에서 간벌한 나무들은 <그림 12>에서와 같이 조사구내 임목과 일정한 간격을 두고 횡 및 바닥에 산재되어 있으며, <표 6>에 보인바와 같이 간벌목 더미 ①의 중량은 10.0kg, ②는 13.4kg으로 총 23.5kg으로 조사되었다. 이 지역은 숲가꾸기 산물 중 원목은 이미 처

리된 상태이며, 잔가지만 흩어져 산재하고 있는 간벌지였다. <그림 12>의 ③번 임목에 인접한 황으로 적재된 ①번 간벌목의 높이는 0.7 m로 ③번 임목의 지하고에 11m에 6.4%에 해당하며, ④번 임목에 인접한 ②번 간벌목의 높이는 0.9m로 ④번 임목지하고 9m의 10.0%로 대체로 수관화로의 연계성은 낮은 것으로 조사되었다. 그러나, ③번과 ④번 임목의 경우 숲가꾸기 산물인 간벌목 더미와의 간격이 0.1m로 거의 임목과 붙어 있어 산불발생시 연소연계성에 다소의 영향을 줄 것으로 판단되었다.

<표 6> 가평군 제 1 조사구내 임목과 숲가꾸기 산물과의 관계

조사지	임목 No.	수종	수고 (m)	지하고 (m)	죽은가지 고사율 (%)	숲가꾸기 산물 높이 (m)	임목과의 거리 (m)	사면 위치	사면 경사 (°)	숲가꾸기 산물 방치와 산불위험도				
										연소 연계성	수관화 연계성	비화 가능성	재발화 가능성	종합 위험도
가평 1	①	잣나무	12	3	10	0.5	0.5	하부	15	중	하	하	하	하
	③	잣나무	13	5.5	5	0.8	0.7	하부	15	중	하	하	하	하
	④	잣나무	11	6	50	0.75	0.4	하부	15	중	하	하	하	하
	⑦	잣나무	12	5	25	0.7	0.3	하부	15	중	하	하	중	하
인제 1	③	소나무	14	11	10	0.7	0.1	중부	40	하	하	하	하	하
	④	소나무	13	9	25	0.9	0.1	중부	40	하	하	하	하	하

4. 결론 및 제언

숲가꾸기 실행지역에서 임목의 수고, 흉고직경, 임목밀도, 지하고, 고사율, 지하고, 간벌재의 적재높이, 임목과의 거리, 간벌재의 사면위치와 경사도를 조사하여 산불발생 및 확산 위험성과의 관계를 분석한 결과는 아래와 같았다.

1. 양양군, 인제군, 가평군에 대한 간벌지의 지형적인 특성은 산록부가 8개소로 가장 많았으며, 그 외는 산복부와 산정부가 각각 3개소였고, 이 지역들은 해발 고도가 400m 이하의 지역으로 임도나 군도등 접근이 양호한 지역인 것으로 조사되었다.
2. 조사지의 숲가꾸기 작업종중 가장 많은 분포를 차지한 간벌의 형태는 총 9개소의 숲가꾸기 지역중 7개소(78%)가 강도간벌을 수행하였으며, 그 외 중도간벌은 10%, 약도간벌은 20%를 차지하였다. 한편, 조사지별 간벌목의 배열형태로 횡적재형이 4곳으로 가장 많았으며, 3곳은 바닥에 그리고 나머지 2곳은 종적재와 바닥, 횡적재와 바닥등 두가지 이상의 혼합형으로 조사되었다.
3. 숲가꾸기의 산물인 간벌목을 횡, 종으로 적재한 간벌목의 경우 간벌재 높이가 비교적 1.0m 미만으로서 조사구 전체의 평균 지하고인 8m에 비해 약 12.5% 높이에 있어 간벌목이 수관부로 전파될 위험성은 낮은 것으로 판단된다.
4. 조사지역의 적재된 간벌목과 임목간의 간격이 거의 없이 붙어있어, 적재된 간벌목에 붙어 붙을 경우 임목에 직접 영향을 줄 것으로 판단되며, 쌓여 있는 간벌목 더미의 연소물량이 다소 많아 재발화의 가능성이 있을 것으로 판단된다. 따라서, 간벌목 적재위치와 배열방법을 개선해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국립 산림과학원. 2005. 지속가능한 산림자원관리 표준매뉴얼. 17-32.
2. Josep D. Lowe. 2001. Wildland Firefighting Practics. Delmar Thomson Learning. 348pp.
3. News Rural Fire Service. 2006. Standards for Asset Protection Zones.
4. News Rural Fire Service. 2006. Standards for Pile Burning.
5. News Rural Fire Service. 2006. Application instructions for a Bush Fire Hazards Reduction Certificate.
6. 산림청. 2004. 2004년 산불통계자료. 169pp.
7. 이시영. 1995. 산불발생 위험도 및 연소 확대요인 분석에 관한 연구. 동국대학교 대학원 박사학위논문. 104pp.
8. 이시영 외. 1997. 산림환경보전학. 향문사. 360pp.