

강원도 양양지역의 산불 피해도에 따른 바이오매스 연소량 추정

장광민^{1*}, 이병두¹, 정주상¹, 이명보², 김동현²

¹서울대학교, ²국립산림과학원

Estimation of burned biomass with forest fire severity in the case of the 2005 Yangyang forest fire

Kwangmin Jang^{1*}, Byungdoo Lee¹, Joosang Chung¹, Myungbo Lee², and Donghyun Kim²

¹Seoul National University, ²Korea Forest Research Institute

(Correspondence: jsince3@snu.ac.kr)

1. 서언

1992년 기후변화협약이 채택됨에 따라 탄소배출권 문제는 전 세계적으로 이슈가 되고 있다. 산림은 광합성 작용으로 대기 중의 탄소를 고정시키면서도 산불이 발생하면 직접적으로 탄소를 대기 중으로 다시 방출하며 이 때 산림바이오매스 연소량의 약 50%(화석 연료 사용에 의한 탄소배출량의 약 70%)가 탄소가 배출된다. 이에 따라 산불에 의한 연소량을 추정하는 것은 국가 단위의 탄소 배출량 문제와 관련하여 중요한 문제로 대두되고 있다.

바이오매스 연소량은 크게 실내실험을 통해 산불강도와 관계도를 도출하여 추정하거나 피해목의 벌채를 통한 샘플링 기법에 의해 추정할 수 있다. 그러나 산불강도에 의한 방법은 대형의 실내 실험설비가 요구되며(J.S. Chung et al, 2002) 연료, 기상, 지형 등의 다양한 산불발생 인자들을 고려해야 하기 때문에 정확하게 예측하는 것이 어렵다(Byram, 1959). 한편 샘플링 기법을 이용한 연구는 자료수집에 많은 노력과 비용이 요구된다. 이를 극복하기 위해 원격탐사기법에서 정규식생지수(Normalized Difference Vegetation Index)를 이용하여 탄소 배출량을 추정하는 방법(A.S. Isave et al, 2002)이 시도되고 있으나, 실험적 데이터와 산불강도를 바탕으로 하고 있다.

본 연구에서는 기존의 실험적 방법들에 비해 실행이 용이한 피해등급별 표준지 조사를 통해 강원도 양양산불을 대상으로 바이오매스 연소량을 추정하고 양양산불의 총 탄소 배출량을 추정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구 대상지

본 연구는 산불에 따른 연소량을 추정하기 위하여 2005년 4월 4일 23시 53분에 강원도 양양군 양양읍 화일리 야산에서 발생한 산불을 대상으로 하였다. 산불피해도별 현장 조사는 심·중·경의 세 단계 분류기준을 적용하였다. 즉, 산불로 인한 피해정도를 나타내는 측정기준은 수간 및 수관부위까지 까맣게 탄 임목이 20×20m 크기 이상인 임지를 「심」, 수간부위 일부와 수관이 노랗게 변색된 임목의 임지를 「중」, 생립목 및 수간부위만 일부 그을린 피해목이 혼효된 임지를 「경」으로 구분하였다.

2.2 산불 피해도별 면적조사

산불 피해도별 피해면적은 현장조사를 통해 수집된 자료와 측정된 GPS 좌표를 이용하여 GIS(Geographic Information System)상에서 도면화하여 피해도별 면적을 분석하였다 (Fig.1)

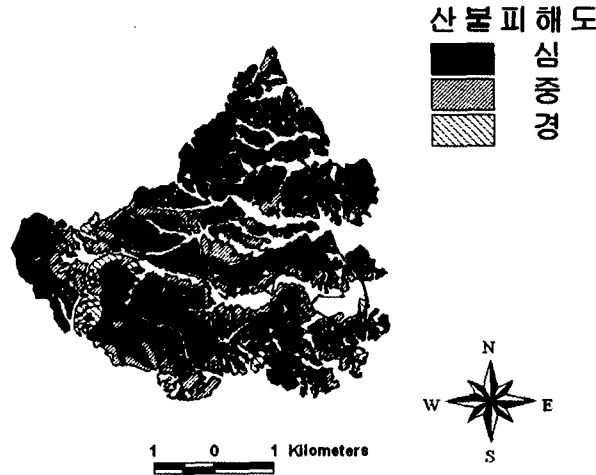


Fig. 1. The area of Yangyang forest fire with forest fire severity.

2.3 산불 피해도별 연소량 조사

산불 피해도별로 바이오매스 연소량을 추정하기 위하여 피해도별 20m×20m의 크기로 3plot씩 표본점을 설치하였고, 연소 전 바이오매스 연료량을 추정하기 위한 대조구로서 미피해지에 대해서도 3plot을 조사하였다. 각 표본점에 대하여 수관층, 관목층, 낙엽층의 연소량 조사를 실시하였다.

수관층은 plot을 20m×20m로 하여 경급 6cm이상 모든 임목에 대하여 DBH, 수고, 지하고, 화염길이를 조사하였고, 엽면적지수 산출을 위해 Coolpix 900 렌즈를 이용해 사진을 촬영하였다. 하층식생은 plot을 4m×4m로 하여 6cm이하 교목, 관목에 대하여 근원경, 수고를 측정하였고, 저울을 이용해 생중량을 측정하였다. 낙엽층은 plot을 0.5m×0.5m로 하여 낙엽층 두께, 잔가지 최소직경, 생중량을 측정하였다. 관목층과 낙엽층의 건중량 측정은 Oven dry를 이용하여, 80℃온도로 무게변화가 없을 때까지 건조한 후 저울을 이용하여 연료량을 측정하였다.

2.4 연소량 추정

양양산불의 총 바이오매스 연소량은 다음의 추정식을 이용하여 산출하였다.

$$M_{total} = \sum_{i=1}^3 A_i \cdot B_i$$

(M_{total} : Total burned biomass(kg), A_i : Area with severity(ha), B_i : Burned biomass with

severity(kg/ha))

즉, 총 바이오매스 연소량은 피해도별 연소량과 피해도별 면적을 곱하여 산출하고, 피해도별 연소량은 연소 전 바이오매스량과 연소 후 바이오 매스량의 차이를 구하여 도출하였다. 연소 전 · 후의 바이오매스량은 수관층, 관목층, 낙엽층에 따라 다음과 같은 추정 함수들을 이용하여 도출하였다(Table 1).

Table 1. Estimation equations for burned biomass with severity.

	Burned biomass(kg/ha) Q_i^r	Before burned biomass(kg/ha) $L_{i(Before)}^r$	After burned biomass(kg/ha) $L_{i(after)}^r$
$B_i = \sum_{r=1}^3 Q$ Crown layer ($r=3$)	$L_{i(Before)}^r - L_{i(after)}^r$	$\text{Exp}(a + b \log D)$	$L_{i_0(before)}^r \times (LAI_i / LAI_0)$
Shrub layer ($r=2$)	$L_{i(Before)}^r - L_{i(after)}^r$	$\sum DB_s (R_0 / R_s)(H_0 / H_s)$	$\sum DB_s (R_i / R_s)(H_i / H_s)$
Leaf layer ($r=1$)	$L_{i(Before)}^r - L_{i(after)}^r$	Dryweight (No damaged plot)	Dryweight at plot of severity i

- 1) $i=0$: no damaged, $i=1$: light severity, $i=2$: midium severity, $i=3$: heavy severity..
- 2) $r=1$: leaf layer, $r=2$: shrub layer, $r=3$: crown layer..
- 3) S : average tree.
- 4) D : DBH, DB : dry weight, R : root collar diameter, H : height, $\sum DB_s (R_0 / R_s)(H_0 / H_s)$.
- 5) a : parameter b : parameter (Table 2).

Table 2. Regressions of aboveground tree component dry mass(kg) on diameter(cm) at breast height for *Pinus Koraiensis* in central Korea(Y.H. Son et al, 2001).

Component	a	b	S_{yx}^2	R^2	CF ^a
Total branch	-2.088	2.768	0.031	0.933	1.015
Total needle	-3.693	3.606	0.099	0.916	1.051

^aCF is a correction factor.

3. 결과

양양 산불지역의 산불면적은 총 1,387ha의 피해를 입었으며, 피해도 심은 1,110ha, 피해도 중은 211ha, 피해도 경은 65ha로 나타났다. 이번 양양 산불피해면적의 약 80%에 달하는 면적이 피해도 심으로 나타났다. 연소량은 피해도심이 17,451kg/ha, 피해도중이 8,724kg/ha, 피해도경이 3,661kg/ha로 피해도가 높아질수록 ha당 바이오매스 연소량이 증가함을 알 수 있었다

피해도심의 총 연소량은 16,764~21,978ton, 피해도중의 총 연소량은 1,596~2,086ton, 피해도경의 총 연소량은 219~260ton으로 양양산불의 총 연소량은 18,559~24,296ton으로 추정되었다. 이를 탄소배출량으로 환산해보면 총 9,280~12,148ton의 탄소가 대기로 배출된 것

으로 평가되었다(Table 3).

Table 3. Burned area and Burned biomass per hectare with forest fire severity, and Total burned Biomass of Yangyang.

	Area (ha)	Mean Burned Biomass(kg/ha)	Confidence Interval (kg/ha)	Bured biomass (ton)	Confidence Interval (ton)
Heavy severity					
Crown layer		7,643	7,268±1,540	8,067	8,067±1,709
Shrub layer	1,110	1,376	1,376±396	1,527	1,527±440
Leaf layer		8,807	8,807±413	9,776	9,776±458
Total		17,451	17,451±2,349	19,371	19,371±2,607
Midium severity					
Crown layer		591	591±380	125	125±80
Shrub layer	211	1,042	1,042±183	220	220±39
Leaf layer		7,091	7,091±598	1,496	1,496±126
Total		8,724	8,724±1,161	1,841	1,841±245
Light severity					
Crown layer		-	-	-	-
Shrub layer	65	618	618±205	40	40±13
Leaf layer		3,043	3,043±109	198	198±7
Total		3,661	3,661±314	238	238±20
Total	1,387			21,423	21,423±2,873

인용문헌

- Adams, P. W., 1982: Estimating biomass in northern lower michigan forest stands. *Forest Ecology and Management* **4**, 275-286
- Bartelink, H. H., 1996: Allometric relationships on biomass and needle area of Douglas-fir. *Forest Ecology and Management* **86**, 193-203
- Byram, G. M., 1959: Combustion and forest fuels. *Forest Fire : Control and Use*; McGraw Hill, New York, 23-48.
- Chung, J. S., B. D. Lee, and H. H. Kim., 2002: Estimation of *Pinus densiflora* stand damage grade for Samchuck forest fire area using GIS and discriminant analysis. *Journal of Korean Forestry Society* **91**,
- Haugaasen, T., J. Barlow, and C. A. Peres, 2003: Surface wildfires in central Amazonia: Short-term impact on forest structure and carbon loss. *Forest Ecology and Management* **179**, 321-331.
- Henig-Sever, N., D. Poliakov and M. Broza, 2001: A novel method for estimation of wild fire intensity based on ash pH and soil microarthropod community. *Pedobiologia* **45**, 98-106
- Isaev, A. S., G. N. Korovin, S. A. Bartalev, and D. V. Ershov, 2002: Using remote sensing to assess russian forest fire carbon emissions. *Climatic Change* **55**: 235 -249
- Lee, K. H., Y. M. Son, D. G. Oh, and S. D. Kwon., 2002: Stem weight equations for six major tree species in Korea. *J. Korean For. Soc.* **91(2)**, 206-212.

- Lee, S. Y., D. H. Kim, M. S. Won, S. H. Ahn, and M. B. Lee., 2004: Analysis of the effect factors cause by a scale of forest fire. 학술연구발표논문집
- Prasad, V. K., Y. Kant, P. K. Gupta, C. Sharma, A. P. Mirtra, and K. V. S. Badarinath, 2001: Biomass and combustion characteristics of secondary mixed deciduous forests in Eastern Ghats of India. *Atmosphere Environment* **33**, 3085-3095.
- Sah, J. P., M. S. Ross, S. Koptur, and J. R. Snyder, 2004: Estimating aboveground biomass of broad leaved woody plants in the understory of Florida Keys pine forests. *Forest Ecology and Management* **230**, 319-329.
- Son, Y. H., J. W. Hwang, W. G. Lee, and J. S. Kim., 2001: Allometry and biomass of Korean pine (*Pinus koraiensis*) in central Korea. *Bioresource Technology* **78**, 251-255.