

## 산림전용에 따른 폐잔목의 임산바이오에너지 잠재적 공급량 분석<sup>1</sup>

권순덕<sup>2</sup> · 손영모<sup>2</sup> · 박영규<sup>1</sup>

## Biomass Energy Potential of Wood Waste due to Forest Land Conversion<sup>1</sup>

Soon-Duk Kwon<sup>2</sup>, Yeong-Mo Son<sup>2</sup> and Young-Kyu Park<sup>2</sup>

### 요 약

본 연구의 목적은 산림전용에 따라 발생하는 폐잔목의 임산바이오에너지 이용 가능량을 분석하기 위한 것이다. 최근 5년간(2001-2005) 연평균 약 7,806ha의 산림이 타용도로 전용되고 있으며, 이로 인해 연평균 266,551m<sup>3</sup>의 입목이 벌채되었다. 산림전용에 따른 폐잔목의 임산바이오에너지 이용가능량(바이오매스)을 분석한 결과, 지난 5년간 침엽수림의 경우 연평균 약 57,945ton, 활엽수림은 44,379ton으로 나타나, 우리나라에서 전체적으로 연간 102,325ton을 이용할 수 있는 것으로 분석되었다. 산림전용시 발생하는 단위면적당 이용 가능한 임산바이오에너지량은 매년 증가추세를 보였으며, 지난 5년간 연평균 발생량은 약 13.0ton/ha으로 나타났다.

### ABSTRACT

This study aimed to assess biomass energy resources available from waste wood due to forest land conversion. Forest land area of 7,806ha on annual average during 2001-2005 was converted to other land use and the growing stock of 266,551m<sup>3</sup> was felled annually due to the conversion. Biomass energy potential of waste wood due to forest land conversion was estimated to 102,325 tons of biomass on annual average during 2001-2005 of which 57,945 tons were from coniferous forest and 44,379 tons were from broadleaved forest. Biomass energy potential per unit area per year increased for the same period and was estimated to 13.0 tons of biomass on annual average.

**keywords** : forest land conversion, waste wood, biomass, forest biomass energy

1. 접수 2006년 10월 26일 Received on October 26, 2006.

2. 국립산림과학원 산림경영부 Division of Forest Management, Korea Forest Research Institute, 207, Cheongyangni-2 dong, Dongdaemun-gu, Seoul 130-712, Korea.

## 서 론

우리나라는 전 국토의 65%가 산림으로 구성되어 있으며, 산림자원을 바이오에너지 자원으로 활용할 수 있는 기반을 갖추고 있다. 바이오에너지란 생물자원을 이용해 차량용이나 난방용으로 활용하는 것을 뜻한다. 즉 목재와 볏짚 등 농산부산물과 같은 생물체(Biomass)를 태워서 열에너지로 쓰는 것을 말한다.

현재 우리나라의 주 에너지자원인 석유는 매장량의 감소와 가격의 급등으로 인하여 우리 경제에 막대한 영향을 끼치고 있다. 또한 석유와 같은 화석연료는 탄산가스와 아황산가스 등 환경오염물질을 배출함으로써 지구의 온난화와 각종 공해물질의 범람 등과 같은 심각한 환경문제를 야기하여 우리의 생존자체를 위협하고 있다. 이러한 환경적 위협을 해결하기 위해 범지구적 차원에서 국제적인 논의가 활발히 진행되어 2005년 초 교토의정서가 정식으로 발효되면서 화석연료를 대체할 수 있는 에너지자원개발이 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 화석연료를 대체할 수 있는 자원이 목재 즉 임산에너지 자원이다.

우리나라는 옛날부터 나무장작을 난방과 취사용으로 써 왔으며, 그 결과 산림이 황폐화되었다. 이러한 황폐화된 산지를 복구하기 위해 치산녹화사업을 시행하여 짧은 기간에 녹화에 성공한 국가가 되었지만 1990년대에 들어 개발 수요의 급증으로 인해 많은 산지가 개발되었으며, 특히 수도권을 중심으로 무분한 개발로 난개발과 같은 사회적 문제를 초래하였다.

산지전용면적은 매년 조금씩 증가하고 있으며, 2005년 말 산림청 통계자료에 의하면 보전산지가 약 2,103ha, 준보전산지가 약 6,910ha 전용되어 약 9천ha 산지가 타용도로 전용되고 있다. 유형별로 살펴보면 택지(1,804ha), 도로(1,238ha), 공장용(1,211ha), 골프장(1,006ha), 농업용(472ha) 순으로 비농업용으로 주로 개발되었다.

이와 같이 산지가 타용도로 전용되면서 임목은 무분별하게 벌채되어 산지의 파괴는 물론 귀중한 바이오에너지 자원을 파괴함으로써 임산에너지 자원의 기반을 파괴할 수 있을 것이다. 또한 기후변화협약과 관련하여 교토의정서가 정식으로 발효됨으로써 우리나라는 아직 개도국으로 분류되어 감축의무를 이행하지 않아도 되지만 2012년부터는 이산화탄소 감축의무를 가지는 국가에 포함될 수 있기 때문에 이산화탄소 방출원을 줄이기 위해서는 산림전용에 따른 폐잔목의 효율적 이용방안을 마련하는 것이 시급하다.

임산바이오에너지 자원에 대한 연구를 살펴보면 1970년대 초 석유파동 이후 바이오매스의 새로운 이용에 관한 전반적인 연구개발과 실용화를 위한 방안이 실시된 적도 있지만 연구가 미흡한 실정이다. 김갑덕 등(1988)은 국내 삼림 바이오매스 생산에 관한 연구를 정리·종합하여 바이오매스에 대한 이해를 높이고자 하였으며, 최돈하 등(2005)은 국내 목질바이오에너지의 경제적 타당성 분석에서 숲가꾸기 산물을 이용하여 임산 바이오에너지 자원의 경제적 타당성을 분석한 바 있다.

본 연구는 산림전용에 따라 생산되는 폐잔목의 임산바이오에너지 이용가능량을 분석하고 이를 기초로 폐잔목의 효율적 이용방안을 제시하기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 분석자료

산림전용에 따른 임산바이오에너지 공급량을 분석하기 위해 본 연구에서 사용한 자료는 산림청에서 데이터베이스로 구축되고 있는 산림기본통계조사자료를 이용하였다. 산림기본통계조사자료는 시·군·구·국유림관리소단위로 매년 산림의 면적과 축적 변동상황을 소유별, 임상별, 지종별, 영급별로 구분하여 산림청 통계

정보시스템에 입력함으로써 정확하고 신뢰성 있는 통계를 작성하기 위한 것이다. 산림기본통계조사자료에서 산림전용부분은 불법개간, 지목변경, 형질변경으로 구분하고 있다. 본 연구에 사용된 산림기본통계자료는 2001년부터 2005년까지 5년간 자료를 이용하여 임상별로 구분한 후 년도별로 임산바이오에너지 잠재적 공급량을 분석하였다. 이렇게 최근 5년간 자료를 이용한 이유는 산지전용은 사회·경제적 여건변화에 따라 변화가 심하기 때문에 우리나라 평균적인 산림전용에 따른 바이오에너지 공급량을 파악하기 위해서다.

2. 임산바이오에너지 분석방법

임산바이오에너지 분석방법은 Figure 1과 같이 산림기본통계자료에서 임상별 산림전용시 별채축적을 산출하고, 이를 임상별 목재기본밀도<sup>6)</sup>(침엽수 : 0.47, 활엽수 : 0.80)를 곱하여 줄기 바이오매스를 산출하였다. 그리고 줄기바이오매스에 바이오매스확장계수<sup>6)</sup>(침엽수 : 1.651, 활엽수 : 1.720)를 곱하여 임목전체 바이오매스량을 산출한 후 바이오매스의 부위별 구성비(국립산림과학원, 2005. 내부자료)를 감안하여 부위별 바이오매스를 산출하였다. 산출된 줄기바이오매스에 상업용으로 반출되는 부분을 제외한 폐잔목 구성비를 곱하여 얻어진 줄기 폐잔목 바이오매스와 가지바이오매스를 합하여 산림전

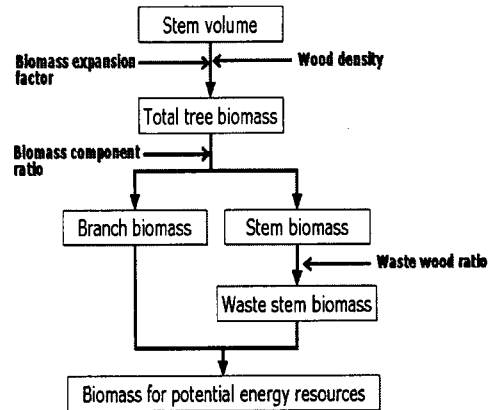


Figure 1. Process of assessment of potential biomass energy resources from forest land conversion.

용에 따른 임산바이오매스 잠재적 공급량으로 분석하였다. 임상은 침엽수와 활엽수로 구분하였으며, 혼효림은 축적을 반분하여 침엽수와 활엽수에 포함시켰다. 임상별 부위에 따른 바이오매스 구성비는 침엽수는 잣나무, 활엽수는 상수리나무 구성비를 이용하였다.

연구결과

1. 산림전용 추이

년도별 산림전용 면적은 년도별로 차이가 있지만 지난 5년간 연평균 7,806ha가 타용도로 전용되었으며, 임상별로는 침엽수림이 다른 임상

Table 1. The area of forest land conversion by year.

(Unit : ha)

Year	Coniferous	Broadleaved	Mixed	Coniferous	Broadleaved	Total
2001	3,838	1,683	1,967	4,822	2,667	7,488
2002	3,921	2,009	2,342	5,092	3,180	8,272
2003	2,876	1,497	2,254	4,003	2,624	6,627
2004	3,712	1,782	2,527	4,976	3,046	8,021
2005	3,523	1,920	3,179	5,113	3,510	8,622
Average	3,574	1,778	2,454	4,801	3,005	7,806

Table 2. The cutting volume due to forest land conversion by year (Unit : m<sup>3</sup>)

Year	Coniferous	Broadleaf	Mixed	Coniferous	Broadleaved	Total
2001	143,122	41,974	44,374	165,309	64,161	229,470
2002	115,137	47,653	66,170	148,222	80,738	228,960
2003	85,434	42,454	76,996	123,932	80,952	204,884
2004	121,950	62,541	77,485	160,693	101,284	261,976
2005	175,514	86,297	145,652	248,340	159,123	407,463
Average	128,231	56,184	82,135	169,299	97,252	266,551

에 비해 타용도로 많이 전용되고 있는 실정이다. 임목축적은 지난 5년간 연평균 약 266,551m<sup>3</sup>이 벌채되었으며, 임상 또한 침엽수림이 다른 임상보다 많이 타용도 전용되고 있다.

2. 임산바이오에너지 잠재적 공급량

1) 임상별 줄기부분 폐잔목 공급가능량 분석  
산림전용에 따른 임산바이오에너지 잠재적 공급량은 임지에서 수확 후 버려지는 줄기중 일부분과 가지의 바이오매스를 이용하였다. 줄기부분의 폐잔목 바이오에너지 분석은 산림전용지의 평균영급(3영급) 및 임상별 지위지수 중 (잣나무 14, 상수리나무 18)인 수확표상 임분재적에서 임목자원평가 프로그램(권순덕 등, 2001)을 이용하여 용재재적을 산출한 후 이를 제외한 재적을 이용하였다.

임상별로 산출된 결과는 Table 3과 같이 침엽수

림의 경우 80.32m<sup>3</sup>/ha, 활엽수림의 경우 43.04m<sup>3</sup>/ha이 임지에 방치되는 것으로 나타나 전체줄기재적 중 각각 49%와 27%를 바이오에너지로 공급 가능한 것으로 나타났다.

이와 같이 활엽수림이 침엽수림보다 낮게 나타난 이유는 일반용재 뿐만아니라 표고자목으로 이용이 가능하기 때문에 본 연구에서는 이를 포함시켰기 때문이다.

2) 임산바이오에너지 잠재적 공급량 분석

산림전용지의 폐잔목의 임산바이오에너지 잠재적 공급가능량을 분석한 결과, 지난 5년간 연평균 침엽수림의 줄기부분은 31,671ton, 가지부분은 26,274ton, 총 공급가능량은 57,945ton 으로 분석되었으며, 활엽수림의 줄기부분은 19,222ton, 가지부분은 25,158ton, 총 공급가능량은 44,379ton 을 이용할 수 있는 것으로 나타나 산림전용에 따른 임산바이오에너지 총 공급량은 102,325ton

Table 3. The component ratio of waste tree by forest type.

Forest type	Stand volume (m <sup>3</sup> /ha)	Sawlog volume (m <sup>3</sup> /ha)	Component ratio of waster wood
Coniferous	164.24	83.92	49%
Broadleaved	160.84	117.8	27%

\* Sawlog spec : Small end diameter 16cm, Log length 2.7m  
Mushroom log spec : Small end diameter 6cm, Log length 1.2m

Table 4. The potential supply of tree biomass energy due to forest land conversion.

Year	Coniferous forest					Broadleaved forest					Total biomass potential supply
	Total tree biomass <sup>1</sup>	Stem biomass <sup>2</sup>	Biomass potential supply			Total tree biomass <sup>1</sup>	Stem biomass <sup>2</sup>	Biomass potential supply			
			Waste biomass <sup>3</sup>	Stem biomass <sup>3</sup>	Branch biomass <sup>2</sup>			Total	Waste biomass <sup>3</sup>	Stem biomass <sup>3</sup>	
2001	128,275	63,111	30,924	25,655	56,579	88,286	46,968	12,681	16,598	29,279	85,858
2002	115,016	56,588	27,728	23,003	50,731	111,095	59,103	15,958	20,886	36,844	87,575
2003	96,168	47,314	23,184	19,234	42,418	111,390	59,259	16,000	20,941	36,941	79,359
2004	124,693	61,349	30,061	24,939	54,999	139,366	74,143	20,019	26,201	46,219	101,219
2005	192,704	94,811	46,457	38,541	84,998	218,953	116,483	31,450	41,163	72,614	157,612
Average	131,371	64,635	31,671	26,274	57,945	133,818	71,191	19,222	25,158	44,379	102,325

<sup>1</sup>Total tree biomass=Stem volume×Wood density×Biomass expansion factor

\*Wood density(KFRI, 1996) : Coniferous forest 0.47, Broadleaved forest 0.80

\*Biomass expansion factor(KFRI, 1996) : Coniferous forest 1.651, Broadleaved forest 1.720

<sup>2</sup>Stem and branch biomass=Tree biomass×Biomass component ratio

\*Biomass component ratio(KFRI, 2005) : Coniferous forest(Stem 0.49, Branch 0.20)

Broadleaved forest(Stem 0.53, Branch 0.18)

<sup>3</sup>Waste stem biomass=Stem biomass×Waste wood ratio

\*Waste wood ratio(Table 3) : Coniferous forest 0.49, Broadleaved forest 0.27

이용할 수 있는 것으로 분석되었다(Table 4).

## 결론 및 고찰

### 3) 단위면적 당 임산바이오에너지량

산림전용지의 단위면적당 이용가능한 임산 바이오에너지량은 매년 증가추세를 보이고 있으며, 지난 5년간 연평균 ha당 약 13.0ton으로 분석되었다(Figure 2).

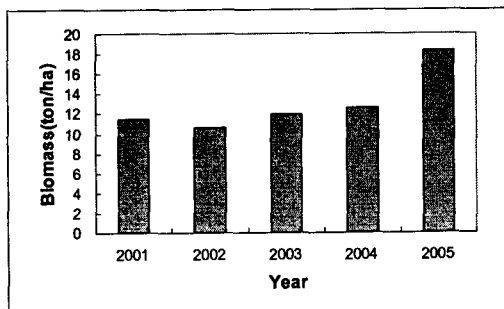


Figure 2. Biomass waste per ha due to forest land conversion.

연구는 산림전용에 따라 생산되는 폐잔목의 임산바이오에너지 이용가능량을 분석하기 위해 수행되었다. 5년간 평균 산림전용면적은 약 7,806천ha가 타용도로 전용되고 있으며, 약 266,551m<sup>3</sup>이 벌채되고 있는 실정이다.

이러한 산림전용지에서 벌채되는 임목을 이용하여 폐잔목의 임산바이오에너지 잠재적 공급량을 분석한 결과, 지난 5년간 연평균 102,325ton 이용할 수 있는 것으로 나타났으며, 단위면적당 (ha) 이용 가능한 임산바이오에너지량은 5년간 연평균 약 13.0ton/ha 생산 가능한 것으로 분석되었지만 현재 활용가치가 없어 전량 폐기되고 있는 실정이다.

또한 산림전용뿐만 아니라 숲가꾸기 사업으로 생산되는 부산물도 용재로 활용가치가 없는 경급이 작거나 작은 나뭇가지이기 때문에 대부

분 산에 방치되어 산불과 홍수 등 산림재해를 유발시키는 역할을 하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 폐잔목은 임산에너지자원으로 매우 중요하고 기후변화협약과 관련하여 탄소 배출권을 확보할 수 있는 역할을 하고 있기 때문에 효율적 이용방안을 마련해야 할 것이다. 폐잔목의 효율적 이용방안으로는 가정용 난방 재료로 이용하여 화석연료를 대체할 수 있으며, 칩이나 펄프 등으로 개발하여 임산자원으로 이용할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다. 또한 폐잔목을 톱밥으로 가공한 후 축사의 분뇨를 처리하여 친환경적인 퇴비로 활용할 수 있는 연구가 필요하다.

### 인 용 문 헌

1. 권순덕, 노대균, 이경학, 손영모. 2001. 임목자원평가 프로그램 개발. 산림과학논문집 64 : 78-86.
2. 권순덕, 손영모, 서정호, 박영규. 2005. 산지 전용에 따른 우리나라의 임목바이오매스 탄소배출량. 임산에너지 24(2) : 10-15.
3. 국립산림과학원. 2005. 국립산림과학원 연구사업보고서(산림경영분야 5-3).
4. 김갑덕, 김철민. 1988. 국내 삼림 Biomass의 생산에 관한 연구와 동향. 임산에너지 8(2) : 94-107.
5. 산림청. 2005. 임업통계연보.
6. 임업연구원. 1996. 한국산림과 온실가스. 임업연구원 연구자료 126호.
7. 임경빈, 김갑덕, 이돈구. 1981. 대체에너지원으로서의 임업생산물 및 이의 에너지화 연구의 필요성. 임산에너지 1(1) : 26-29.
8. 최돈하, 이성연, 손영모, 박경석. 2005. 국내 목질 바이오에너지의 경제적 타당성과 도입 전략. 한국태양에너지 4(1) : 37-46.