

국산목제품 이용의 탄소저장 및 대체효과에 관한 연구 Carbon Storage and GHG Substitution Effect of Domestic Wood Products

장은경^{1*}, 윤여창¹, 차준희²
(¹서울대학교 산림과학부, ²(주)생태서비스컨설팅)

1. 연구 배경 및 목적

최근 기후변화에 따른 환경적 영향이 현실로 나타나면서 지구온난화와 같은 환경문제는 인류의 생존을 위해 다 같이 해결해 나가야 하는 문제로 인식되고 있다.

현재와 같이 화석연료에 의존한 대량 소비형의 사회가 지속될 경우 금세기 말까지 지구 평균기온은 최대 6.4℃ 상승하고, 해수면은 59cm 상승할 것으로 전망하고 있다. 그러나 환경친화적으로 유지될 경우 기온은 최소 1.1℃, 해수면은 18cm 상승할 것으로 전망하였다. 경제성장과 환경이 균형적으로 발전할 경우 지구 평균 기온은 2.8℃, 해수면은 21~48cm 상승할 것으로 전망된다(IPCC, 2007).

1992년 리우환경정상회의에서 '지속가능한 발전(Sustainable Development)'이 새로운 발전 방향으로 채택된 이후 2002년 9월 남아공의 요하네스버그에서 열린 지속가능한 발전을 위한 세계정상회의(WSSD: World Summit on Sustainable Development)에서는 지속가능한 발전문제를 세계 각국의 주요 현안으로 제시하였다. 이에 각 국가 정부에서는 지속가능한 발전을 위한 경제성장, 환경보호, 사회발전의 3가지 축을 통합적으로 아우르는 정책대안 개발을 위한 상당한 노력을 기울이고 있던 가운데, 이러한 노력의 일환으로 자원의 순환이용을 촉진하는 정책분석의 수단으로 물질흐름분석 방법이 제시되었다. 2004년 4월 OECD 이사회는 물질흐름 및 자원생산성에 관한 규정을 채택하였다. 이 규정에서는 자원순환정책에 물질흐름분석을 이용하고 발전시키는 내용을 담고 있다¹⁾.

2011년 12월 남아프리카 공화국 더반에서 열린 제 17차 기후변화 당사국 총회에서는 HWP에 대한 인벤토리 작성방법으로 국산목재만 고려한 축적변화 접근법이 선정되었다(UNFCCC, 2011).

이에 본 연구는 우리나라의 목재자원의 효율적인 이용을 위해 목재제품이 갖는 탄소고정 및 화석연료 대체효과를 계량화하여 기후변화를 대응하는 목제품을 어떻게 이용하는 것이 가장 탄소고정 및 대체효과를 극대화할 수 있는가를 탐색하는 목적으로 수행되었다.

2. 연구방법

1) 물질흐름분석(MFA)

물질흐름분석(MFA, Material Flow Analysis)은 경제와 환경사이의 물질·에너지 흐름을 연구하기 위해 물질 수지(balance)라는 원리를 사용하여 물질의 물리적 흐름을 분석하는 방법이다. 전 과정(life-cycle) 동안의 시간고려 차원에서, 정적 물질흐름분석과 동적 물질흐름분석으로 구별된다. 대상물질은 국내에서 생산되고 이용되는 국산목재 한정하고 물질흐름의 정량화를 위하여 생산-제조-이용-폐기 및 재활용 단계로 구분하였다. 수집된 데이터를 토대로 물질수지에 기초하여 정량적인 물질분석을 수행한다. 데이터 부재 또는 오류검토를 수행하여 작성된 물질흐름도를 통해 본 연구의 목적 및 범위에 따라 정량적인 분석을 한다.

1) Draft Recommendation of the Council on Material Flows and Resource Productivity(Note by the Secretary-General, C(2004)79, OECD)

2) 네트워크 분석

네트워크 흐름 모형은 최적화를 다루는 경영과학선형계획 모형에서 네트워크를 이용하여 발전한 형태로 선형계획은 최적화 방법의 가장 기본적인 모형으로 수리적으로 단순하지만 광범위한 분야에 응용할 수 있기 때문에 이상적인 모형이다.

3) 연구대상 및 범위

국산목재의 개괄적인 물질흐름 규명을 통해 전과정 단계는 물론, 흐름·공정·축적의 세부 요소를 확인할 수 있다. 이를 통해서 개별 요소들의 필요 데이터를 규명하고, 이에 따라 통계데이터, 전문가 의견 등의 다양한 품질의 데이터를 수집한다. 국산목재 물질흐름분석의 범위는 2009년으로 한정하였고, 벌채 이후의 원목 단계부터 폐기 단계를 시스템 경계로 설정하였다. 기초자료는 산림청 임업 통계연보(매년), 목재이용실태조사(2009), 임산물생산조사(목재, 비목재), 펄프 및 종이 관련 자료는 제지공업연합회 통계연보, 합판 및 보드류 관련 자료는 합판보드협회 통계연보 등을 이용하였다.

3. 연구결과

1) 국산목재 물질흐름분석

(1) 국산목재 물질흐름도

2009년도 국산목재의 주요 흐름으로는 물질단계에서 원목 투입은 목재칩, 보드재, 제재목으로 각각 39%, 34%, 18%가 투입되었고 전체 원목 투입량의 91%에 해당하였다. 보드재는 원자재를 폐목재로 이용이 가능하지만 그 수급이 원활하지 않아 원목을 이용하는 비중이 61.7% 였다. 임지잔재는 벌채 및 숲가꾸기 사업을 통하여 발생한 부산물로, 발생량의 72%가 임지에 자연 방치되어 있고, 나머지는 보드재, 농업, 화목, 톱밥용으로 각각 54%, 29%, 9%, 8%가 투입되었다.

2009년도 기준으로 국산목재의 제조단계 공급은 가정>펄프>농업>건축>화목>기타>토목>포장재 순으로 투입되었고, 가정과 펄프, 농업, 건축이 차지하는 비율이 각각 34%, 22%, 20%, 16%로, 전체의 92%에 해당하였다. 이용단계의 목재축적량은 건축재, 가정용품, 농업, 펄프, 포장재, 토목용재 순으로 각각 4,103천 m^3 , 3,995천 m^3 , 826천 m^3 , 528천 m^3 , 90천 m^3 , 84천 m^3 이며, 열회수로 이용된 목재량은 548천 m^3 이다.

재활용 횟수의 증가를 위해서는 폐기단계에서 재활용이 이루어지기 위한 체제와 함께 발생하는 폐목재가 재활용 가능성이 높은 상태가 요구된다. 폐목재는 모두 같은 등급이 아니라 화학적 함유물에 따라 폐목재 등급이 나뉘고, 목재의 물리적 상태에 따라서 재활용이 용이한 정도가 다르다. 이러한 연유로 목재를 처음 투입할 때 어느 공정으로 선 공급 할 것인지에 대한 자원분배 문제가 재활용 가능성과 연결되어 총 저장효과에 영향을 주는 것으로 나타났다. 건축내장재와 가정용품의 친환경목제품을 이용하여 폐목재의 등급을 올림으로써 재활용을 증가시키는 시나리오를 적용한 결과, 목제품의 탄소 저장효과와 대체효과가 각각 6,916tCO₂와 63,735 tCO₂ 만큼 증가하였다.

(2) 국산목재제품의 탄소저장 및 대체효과

본 연구에서는 목제품 이용부분에서 기후변화를 완화하는 두 가지 효과인 저장효과와 대체효과를 통한 이산화탄소 상쇄효과를 분석지표로 산출하였으며 <표 1>에 나타내었다.

국산목재의 이용형태는 이용단계에서 분류된 산업들로 펄프, 가정용품, 토목, 건축, 포장재, 농업, 연료이용별 탄소상쇄효과를 산정하였다. 탄소상쇄효과는 이용 중인 목제품 내에 저장된 탄소의 이산화탄소 상쇄량과 목재의 화석연료 대체효과로 저감되는 이산화탄소량을 구하였다.

표 1 이용단계의 이산화탄소 저장효과 및 대체효과(2009)

분류	기대수명	2009년 목재축적량 (m ³)	저장효과 (tCO ₂)	대체효과 (tCO ₂)
펄프(Pulp)	단기(1년)	528,913	7,370	
가정용품 (Household Goods)	중장기(16년)	3,995,048	890,629	
토목(Infrastructure)	단기(1년)	84,005	1,170	
건축(Building)	장기(50년)	4,103,701	3,761,726	
포장재(Packing)	중단기(4년)	90,284	5,032	
농업(Agriculture)	단기(1년)	626,167	11,153	
	중단기(4년)	200,106	8,725	
열회수(Fuel)	-	548,478		30,527
합 계			4,685,805	30,527

(3) 탄소저장효과 및 대체효과 최대 경로

탄소저장효과와 대체효과를 최대화하는 경로로 원목→제재목→건축→재활용을 통하여 순환적으로 자원이용을 하는 경로가 도출되어, 가능하다면 원목의 형태로 많이 생산하여 제제한 후 건축용으로 이용한 후 에너지로 재활용하는 것이 가장 탄소 저장효과 및 대체효과를 극대화 할 수 있는 것으로 밝혀졌다.

4. 고찰

현재의 국산목재 이용이 기후변화 대응을 통한 순환적 자원이용을 하기 위한 대안으로서 탄소 저장효과 및 대체효과가 최대가 되는 경로로 가는 흐름에 가중치를 별도로 부여하는 계정방법을 제안한다. 가중치를 통한 인센티브 제공으로 재활용을 촉진시키고, 순환적 자원이용을 위한 자원분배를 촉진하여, 기후변화 완화와 자원의 순환적 이용을 위한 활동을 유도할 수 있을 것이다.

본 연구의 결과인 2009년도의 목재이용흐름과 국산목재의 탄소저장효과 및 대체효과를 최대화 하는 경로 도출을 통하여, 최근 산림에서 바이오에너지 공급을 확대하기 위하여 바이오 순환림 등을 조성하여, 원목생산과 건축용재료의 제재공정을 거치지 않고 곧바로 임산에너지로 전기생산의 원료로 이용하는 등의 정책을 강조하는 산림정책이 새로이 도입하고 있는 정책의 적절성을 평가할 수 있는 방법을 제시하는데 의의가 있다. 또한 우리나라 목재자원의 물질흐름을 체계적으로 정리하는 틀을 제시한 점과 자원정책의 효율성을 검증하는 분석기법을 개발하였다는데 의의가 있다.