

기후변화협약 하에서 목제품 탄소계정 논의 동향 및 국내 탄소배출량에 미치는 영향 분석

崔洙林* · 裴在洙 · 鄭秉憲

국립산림과학원 산림경영부

Discussions on Carbon Account in Harvested Wood Products and Effects on Korean Carbon Emissions under the UNFCCC

Soo Im Choi*, Jae-Soo Bae and Byung Heon Jung

Department of Forest Resources Management, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

요약: 우리나라는 제2차 공약기간(2013~2017년)부터 온실가스 의무감축국에 포함될 것으로 전망된다. 본 연구에서는 향후 협상에 대비하여 현재 국제적으로 진행되고 있는 목제품 탄소계정 논의 동향 및 방법별 특징을 살펴보고, 이에 따른 국내 탄소 배출량에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 목제품 탄소계정 방법의 가장 큰 특징은 현행 IPCC 기본 접근법을 제외하고 목재 무역 규모에 따라 탄소 배출량에 큰 차이가 발생한다는 것이다. 축적변화 접근법은 국내에 존재하는 모든 목제품이 탄소축적 변화량으로 계정되기 때문에 순 목재수입국에 유리한 방법이다. 생산 접근법은 국내에서 생산된 목제품만을 대상으로 탄소축적 변화량을 평가하고 수입 목제품은 계정되지 않는다. 대기유출입 접근법은 목제품의 사용으로 인해 최종적으로 분해·연소가 발생하는 장소가 탄소 배출지로 평가되기 때문에 순 목재 수출국에 유리한 방법이다. 한편, 우리나라의 목제품 탄소축적 변화량을 추정한 결과, 2004년 현재 축적변화 접근법이 1.567 Tg C, 생산 접근법이 0.581 Tg C, 대기유출입 접근법이 -1.425 Tg C로, 순 목재수입국인 우리나라는 축적변화 접근법이 국내 탄소배출량 감소에 가장 유리한 방법인 반면, 대기유출입 접근법이 가장 불리한 방법이었다.

Abstract: Korea is expected to be included in the countries of compulsory reduction of greenhouse gas emissions from the 2nd commitment period (2013~2017). For the negotiations in the future, this study was designed to review the tendency of discussions about carbon account in harvested wood products (HWP), which is currently underway around the globe and approach-specific characteristics, and analyze effects on carbon emissions in our country. As a result, most importantly, except the current IPCC default approach there is no big difference among the 3 approaches of carbon account in HWP, which were newly suggested on the basis of whether the country involved is wood importer or exporter. Stock-change approach is favorable to net wood importers because all the HWP circulated at home are accounted for by carbon-stock changes. Under production approach, those HWP produced at home only are evaluated according to carbon-stock changes with the exception of imported HWP. Atmospheric-flow approach is favorable to net wood exporters, because the spot where ultimate decomposition and combustion arising out of the use of HWP occur is regarded as the place of carbon emission. Meanwhile, the estimation of korean carbon-stock change in HWP showed that as of 2004, stock-change approach was 1.567 Tg C, with production approach being 0.581 Tg C and atmospheric-flow approach being -1.425 Tg C, which means stock-change approach is most favorable to Korea as a net wood importer, while atmospheric-flow approach is the least favorable one, in terms of carbon emissions reduction in Korea.

Key words : Carbon account, Harvested wood products(HWP), Stock-change approach, Production approach, Atmospheric-flow approach

서론

*Corresponding author
E-mail: choisooim@hanmail.net

1997년 12월 기후변화협약(UNFCCC) 제3차 당사국총회(COP3)에서는 교토의정서가 채택되었고, 지구온난화

원인의 하나인 이산화탄소의 장기 흡수·저장원으로서 산림과 목재의 기능이 재평가되었다. 그러나 교토의정서 제 3조 3항, 4항에 의하면, 제1차 온실가스 의무감축 공약기간(2008~2012년) 동안 산림 내의 탄소흡수원 기능은 산림에 저장된 탄소만을 산정하도록 하고 벌채된 목재 안에 저장된 탄소는 인정하지 않는다. 즉, 국가별 탄소배출량·흡수량을 산정할 때 현재 산림의 벌채 시점을 탄소 배출 시점(산림벌채=탄소배출)으로 정의하고 있다(IPCC, 1997).

그러나 산림의 가장 중요한 산물인 목재는 가공한 이후 주택·가구 등의 목제품으로서 이용하면 목제품이 분해·연소될 때까지 임목상태에서 흡수한 탄소를 목질섬유 형태로서 지속적으로 저장하고 있기 때문에 산림과 함께 대기 중의 이산화탄소 농도를 안정화시키는 효과를 발휘한다(日本林業調査會, 1998). 이러한 목제품에 저장된 탄소축적 효과에 대해서 Winjum 등(1998)은 지구상에 존재하는 목제품에 저장된 탄소축적량은 화석연료와 시멘트 생산량으로부터 배출되는 탄소량의 약 2%에 해당한다고 추정하였다. UNFCCC(2003)는 기술보고서에도 지구상에 존재하는 목제품에 저장된 탄소축적량은 4,200 Tg¹⁾ C(Watson 등, 1996)~20,000 Tg C(Sampson 등, 1993), 연간 증가량은 26 Tg C(Watson 등, 1996)~139 Tg C(Winjum 등, 1998) 정도로 추정된다는 선행 연구결과를 소개하였다. 또한, Pingoud(2003)는 지구상에 존재하는 목제품에 포함된 총 탄소축적량은 1960년 1,500 Tg C에서 지속적으로 증가하여 2000년에는 1960년 대비 약 2배 증가한 3,000 Tg C로 추정하였고, 이에 대한 탄소축적 효과는 기타 온실가스 수지와 비교해서 무시할 수 없다고 평가하였다. 이러한 측면에서 목제품의 탄소축적 효과를 적정하게 평가해야 한다는 제안, 즉 목제품에 저장되어 있는 탄소를 국가별 배출·흡수 인벤토리에 포함시켜야 한다는 주장이 기후변화협약 관련 국제회의에서 지속적으로 논의되고 있다(UNFCCC, 2003). 이와 더불어 교토의정서 제2차 공약기간(2013~2017년) 이후의 협상에서 목제품에 의한 탄소축적도 부속서 I 국가(Annex I)의 공약을 달성하는 대책의 후보수단으로서 검토되고 있다(橋本 征二, 2003).

현재, 목제품(Harvested wood products)에 포함되어 있는 탄소축적량에 대한 계정방법은 “산림벌채=탄소배출”로 정의하고 있는 IPCC 기본 접근법 이외에 축적변화 접근법, 생산 접근법, 대기유출입 접근법이 제안되었다(Brown 등, 1999). 그러나 목재 무역 규모에 따라 목제품에 대한 탄소축적 변화량은 계정방법별로 큰 차이가 발생한다고 지적하고 있다(Lim 등, 1999; Flugsrud 등, 2001; Nabuurs and Sikkema, 2002; Hashimoto 등, 2002; UNFCCC,

2004; UNFCCC, 2005; Green 등, 2006). Hashimoto 등(2002)은 순 목재수입국인 네덜란드, 한국, 일본, 중국 등을 대상으로 1990년 목제품의 탄소배출량을 평가하였다. 그 결과, 우리나라의 목제품 탄소배출량은 국내에 존재하는 모든 목제품이 탄소축적 변화량으로 평가되는 축적변화 접근법은 -0.65 Tg C(는 흡수를 의미함), 목제품의 사용 이후 최종적으로 분해·연소가 발생하는 장소가 탄소배출지점으로 평가 되는 대기유출입 접근법은 2.52 Tg C 등으로 어떠한 목제품 탄소계정 방법을 선택하느냐에 따라 우리나라의 탄소배출량에 미치는 영향이 매우 큼을 알 수 있다.

이러한 상황에서 현재 우리나라는 제1차 공약기간(2008~2012년) 동안 온실가스 의무감축국은 아니지만 세계에서 9번째로 이산화탄소를 많이 배출하는 OECD 회원국으로서 제2차 공약기간(2013~2017년)부터 온실가스 의무감축 부담이 거세질 것으로 전망된다.

따라서 2012년 이후 온실가스 의무감축부담 협상 의제 중 하나인 목제품 탄소계정 논의 동향 및 방법별 특징을 살펴보고, 이에 따른 국내 영향분석 및 향후 연구 과제를 도출하는 것을 목적으로 한다.

연구방법

기후변화협약(UNFCCC)에서 제공하고 있는 목제품 탄소계정 관련 국제회의·보고서 자료 및 선행 연구결과를 바탕으로 목제품 탄소계정 논의 동향 및 방법별 특징을 살펴보았다. 다음으로 목제품 탄소계정을 국가별 온실가스 인벤토리에 포함시킬 경우 국내 탄소배출량에 어느 정도 영향을 미치는지 살펴보기 위해 2001년 COP7의 마라케시 합의문에 의해 2003년 IPCC에서 발간한 토지이용, 토지이용변화 및 임업에 관한 우수실행지침(Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry: GPG-LULUCF) 제3장 부록(Appendix) 3a.1(Harvested wood products: Basis for future methodological development)에서 제안한 목제품 탄소계정 방법을 이용하여 우리나라의 목제품 탄소축적 변화량을 추정하였다(IPCC, 2004).

결과 및 고찰

1. 목제품 탄소계정 논의 배경과 과정

기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)는 각국으로부터의 의견, 조사결과를 바탕으로 경제협력개발기구(OECD) 및 국제에너지기구(IEA)와 협력하여 1995년에 온실효과가스 배출 목록에 대한 가이드라인을 작성하였다. 그리고 각국으로부터 의견수렴 등을 기초로 하여 1996년에 개정판

¹⁾ 1 Tg(tera grams) = 10¹² g = 100만톤

IPCC 가이드라인을 발간하였다. UNFCCC 비준국은 이 개정판 IPCC 가이드라인에 기초하여 온실가스 배출량·흡수량 등을 보고하는 것이 의무화되었다. 또한 교토의정서 감축 목표도 1996년 개정판 IPCC 가이드라인에 기초하여 검증하도록 UNFCCC 제3차 당사국총회(COP3)에서 결의되었다.

그러나 1996년 개정판 IPCC 가이드라인에는 산림과 기타 토지이용변화에 관한 탄소저장량의 증감만이 계정대상으로 되어 있고, 목재에 저장되어 있는 탄소량은 제외되었다. 이 때문에 COP3에서도 목제품의 탄소계정에 관한 논의는 전혀 이루어지지 않았다. IPCC가 목재에 저장되어 있는 탄소축적량에 대한 평가를 제외한 이유는 목제품은 장기적으로 증감하지 않는다고 하는 전제, 즉 목제품이 새롭게 인간생활에 투입되어도 이와 동일한 양의 오래된 목제품이 폐기·연소되므로 목제품에 저장되어 있는 탄소량의 변화는 매우 적은 것으로 판단했기 때문이었다(日本林業調査會, 1998).

따라서 국가별 탄소배출량·흡수량은 1996년 개정판 IPCC 가이드라인에 따라 산림의 벌채시점을 탄소배출 시점으로 정의하는 IPCC 기본 접근법으로 산정하게 되었다. 그러나 노르웨이, 뉴질랜드 등 목재산업이 발전한 선진국에서 탄소저장고의 확대 대책으로서 목제품의 이용은 매우 중요하고, 장기적인 관점에서 목재에 저장된 탄소량의 변화는 무시할 수 없다는 이유로 새로운 목제품 탄소계정 방법의 도입을 강하게 요구하게 되었다. IPCC는 이러한 문제 제기를 받아 들여 1998년 5월 세네갈에서 IPCC 관련 전문가회의를 개최하게 되었다. 이 회의에서는 현행 IPCC 기본 접근법 이외에 축적변화 접근법, 생산 접근법, 대기유출입 접근법 등 3가지 목제품 계정방법이 제안되었다(Brown 등, 1999). 이렇게 제안된 목제품 탄소계정 방법은 향후 UNFCCC 당사국총회의 부속기구인 과학기술자문부속기구(SBSTA)에서 논의가 진행될 수 있는 계기를 마련하게 되었다. 이후 1999년 10월 독일 본에서 개최된 제11차 SBSTA에서 처음으로 목제품 탄소계정에 대한 논의가 이루어졌다. 이 회의에서는 뉴질랜드의 제안으로 2001년 3월까지 목제품의 취급에 관한 의견서를 UNFCCC 사무국에 제출하도록 요청하였다. 그 이후 2001년 10~11월 모로코 마라케시에서 개최된 COP7에서는 교토의정서의 세부이행규칙인 마라케시합의문이 채택되었고, 목제품 취급의 변경에 대해서는 COP의 향후결정에 따라야 한다는 내용이 결의되었다(福田淳, 2004).

2003년 12월 제19차 SBSTA부터는 목제품 탄소계정 방법에 대해서 국제적인 논의가 본격적으로 시작되었다. 이 회의에서는 사무국에서 준비한 기술보고서에 기초하여 목제품에 관한 논의가 실시되었고 당사국에 대해서는 2004년 4월까지 목제품 탄소계정 방법에 대한 의견서 제출이

요청되었다. 이와 별도로 UNFCCC에서는 목제품에 대한 전문가 검토그룹이 설치되어 2003년 9월에 제1회 검토회의가 개최되었다. 한편, 2003년에는 COP7의 마라케시 합의문에 의해 IPCC는 GPG-LULUCF를 발간하였지만, 기존과 동일하게 산림의 벌채시점을 탄소배출 시점으로 정의하였고 목제품은 평가대상에 포함하지 않았다. 다만, 제3장 토지이용변화 및 임업분야 우수실행지침의 부록 3a.1에 목제품 탄소계정 방법만이 기술되었다(IPCC, 2004).

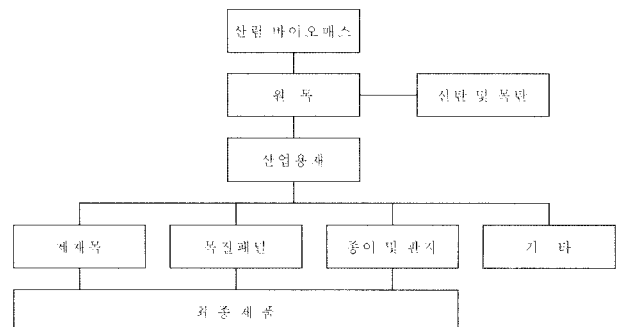
이후 2006년 제20차 및 제21차 SBSTA를 거쳐 2005년 캐나다에서 개최된 제23차 SBSTA에서는 온실가스 의무당사국들이 제출한 각각의 제안서를 바탕으로 목제품 탄소계정 방법론에 대한 논의가 있었다. 그러나 목제품 탄소계정 방법론에 대하여 각국에서 제안한 의견들이 목재 생산국과 소비국입장으로 양분되어 합의에 이르기에는 기술적으로 많은 어려움이 있다고 판단되어 제24차(2006년 5월) 및 제25차(2006년 11월) SBSTA에서 다시 논의하기로 결정하고 폐화하였다(산림청, 2005).

2006년 4월 27일 2006년 IPCC 가이드라인이 확정되고 제4권 AFOLU(Agriculture, Forest and Other Land Use) 12장에 새롭게 목제품 탄소계정 방법이 제시되었다. 하지만 GPG-LULUCF와 마찬가지로 여전히 통일된 방법이 아닌 탄소축적 변화법, 생산 접근법, 대기유출입 접근법이 그대로 제시되었다. 따라서 목재 수출국과 수입국 간 목제품 탄소계정 방법에 따라 탄소배출량에 큰 영향을 주는 문제점을 그대로 안고 있다. 또한 2006 IPCC 가이드라인의 확정이 최근 4월에야 이루어져, 이를 바로 국가 온실가스 인벤토리 작성 시 적용하는 데는 한계가 있으므로, 제24차 SBSTA에서는 제26차 SBSTA(2007년) 회기까지 목제품 탄소계정 논의를 잠시 보류하는 것으로 결정되었다(UNFCCC, 2006).

2. 목제품 탄소계정 방법

1) 목제품의 분류 및 정의

UNFCCC(2003)는 FAO의 자료를 인용하여 목제품



자료 : UNFCCC. 2003. Estimation, reporting and accounting of harvested wood products.

그림 1. 목제품(harvested wood products)의 분류.

(Harvested wood products)을 “산림으로부터 수확된 목질 재료로서 가구, 합판, 종이, 판지 등과 같은 제품을 생산하기 위해 사용되거나 또는 에너지를 위해 사용되고 있는 것”으로 정의하고 있다(그림 1). 이 가운데 원목은 산림으로부터 수확된 자연상태의 모든 목재를 의미하고 있으며, 목제품을 생산하기 위해 사용된 원목을 산업용재라고 정의하고 있다. 산업용재에는 제재목, 목질패널(단판, 합판, PB, MDF), 지류 및 판지, 기타(등나무, 대나무) 등으로 분류하고 있고, 이를 일반적으로 목제품이라 지칭한다.

2) 목제품 탄소계정 방법

(1) 목제품 탄소계정 방법별 정의

① IPCC 기본 접근법(IPCC default approach)

1996년 개정판 IPCC 가이드라인에서는 목재에 저장된 탄소는 벌채된 당해년도에 배출되는 것으로 정의하고 있고, 이 방식을 IPCC 기본 접근법(IPCC default approach)이라 지칭한다. 이렇게 산림벌채 시점을 탄소배출 시점으로 평가하는 배경에는 신규 목재의 형태로서 이용·저장되는 탄소량과 분해·배출되는 탄소량은 동일하다는 가정 때문이다.

IPCC 기본 접근법은 목재 벌채는 곧 탄소배출로서 평가되기 때문에 탄소저장의 연간변화량은 산림성장량에서 목재벌채량과 임지잔재량(林地殘材量, 나무를 벌채한 이후에 나무 위의 가늘 부분, 가지, 잎 등으로 이용가치가 전혀 없어 벌채 현장에 방치된 것을 의미함)을 제외한 것이다(그림 2). 즉, 목제품에 저장된 탄소 증가량을 전혀 고려하지 않는 방법으로서 목재이용을 활성화시킬 수 있는 방법은 되지 않는다. 이 방법은 제1차 온실가스 의무감축 공약기간(2008~2012년)에 적용된다. 단, 이 방법은 모든 산림에 대해서 평가되는 것은 아니고 또한 감축목표량에 포함할 수 있는 적용 상한치도 국가별로 정해져 있다. 한편, IPCC 기본 접근법을 간략한 정의식(定義式)으로 표현하면 (1)식과 같다.

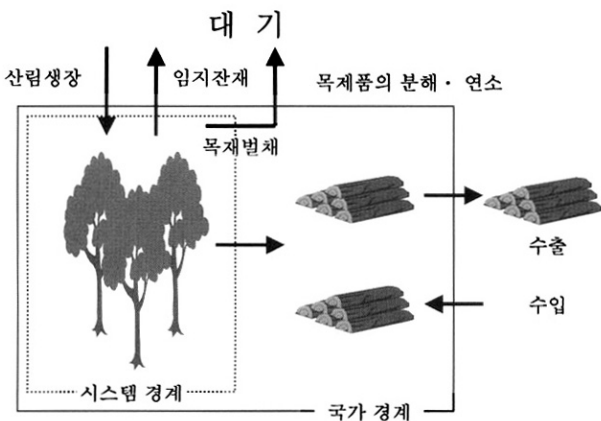


그림 2. IPCC 기본 접근법(IPCC default approach).

$$IPCC \text{ 기본 접근법}(D) = \Delta C_F = G - SL - H \quad (1)$$

ΔC_F : 산림축적 변화량

G : 산림성장량

SL : 임지잔재량

H : 목재벌채량

② 축적변화 접근법(Stock-change approach)

축적변화 접근법의 시스템 경계는 국경과 일치한다. 본 방식은 산림과 목제품 모두에 저장된 탄소축적량의 변화에 착안한 방법이다. 산림의 탄소축적량은 산림이 생육한 생산국에 계상되는 반면, 목재에 포함된 탄소축적량은 목제품을 사용하는 소비국에 계상된다(그림 3). 목재를 수출한 국가는 자국 내의 탄소축적량이 감소되지만 목재를 수입한 국가는 자국 내의 탄소축적량이 증가하게 된다. 즉, 목재에 저장된 탄소량도 함께 수출입 되는 것으로 평가되는 방법이다.

따라서 본 방법에 의한 탄소축적 변화량은 국내 산림축적 변화량과 국내에 존재한 모든 목제품의 탄소축적 변화량의 합계이다. 이를 간략한 정의식으로 표현하면 (2)식과 같다.

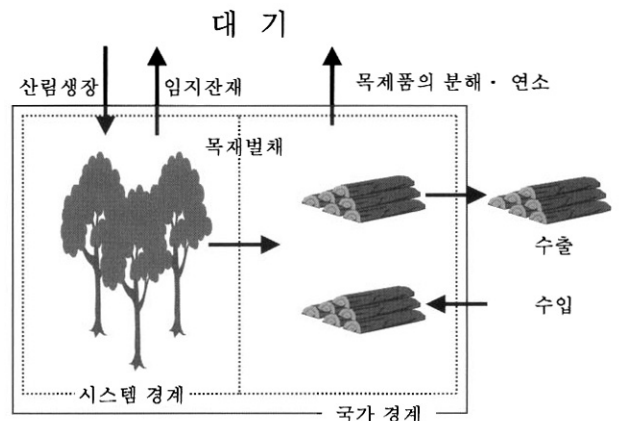


그림 3. 축적변화 접근법(Stock-change approach).

$$\text{축적변화 접근법}(SC) = \Delta C_F + \Delta C_D + \Delta C_{IM} \quad (2)$$

위 (2)식을 다시 표현하면 (3)식과 같다.

여기서, “ $\Delta C_D = H - EX - E_D$, $\Delta C_{IM} = IM - E_{IM}$ ”으로 표현할 수 있다.

$$\text{축적변화 접근법}(SC) = (G - SL) + IM - EX - E_D - E_{IM} \quad (3)$$

ΔC_D : 국내에 존재한 국산 목제품의 탄소축적 변화량

ΔC_{IM} : 국내에 존재한 수입 목제품의 탄소축적 변화량

EX : 목재수출량

IM : 목재수입량

E_D : 국내에서 생산한 목제품의 분해·연소량(탄소배출)

E_{IM} : 국내에 수입된 목제품의 분해·연소량(탄소배출)

본 방법의 경우 IPCC 기본 접근법과 비교하면, 목재수출국은 EX와 E_D 가 배출로 평가된다. 한편, 목재수입국은 ΔC_D 와 ΔC_{IM} 이 탄소흡수량으로 평가되어 수입목재에 의해서 탄소축적량을 증가 시키는 결과를 가져오기 때문에 목재수입국에게 유리한 방식이다.

③ 생산 접근법(Production approach)

생산 접근법의 시스템 경계는 국내의 산림과 국내로부터 생산된 목제품이 된다. 본 방법은 국내에서 생산된 목제품만을 탄소 배출량·흡수량의 대상으로 평가하는 방법이다. 본 방법은 축적변화 접근법과 마찬가지로 산림 및 목제품에 저장된 탄소축적 변화량을 평가하지만, 수출된 목재는 수입국에서 분해·연소된 시점에서 수출국의 탄소 배출로 계상된다(그림 4). 즉, 각 국가의 국내에 존재하는 모든 목제품에 포함된 탄소축적 변화량이 계상되는 것이 아니고, 자국에서 생산한 목제품에 포함된 탄소축적 변화량만이 계상되게 된다.

따라서, 본 방법에 의한 탄소축적 변화량은 국내 산림 축적 변화량과 국내에서 생산된 목제품의 탄소축적 변화량의 합계로서, 이를 간략한 정의식으로 표현하면 (4)식과 같다.

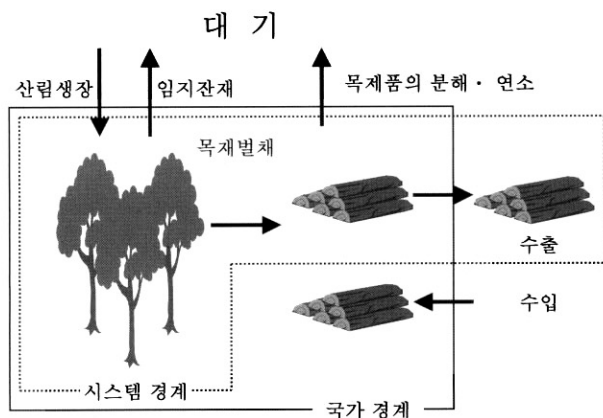


그림 4. 생산 접근법(Production approach).

$$\text{생산 접근법}(P) = \Delta C_F + \Delta C_D + \Delta C_{EX} \quad (4)$$

위 (4)식을 다시 표현하면 (5)식과 같다. 여기서, $\Delta C_{EX} = EX - E_{EX}$ 으로 표현할 수 있다.

$$\text{생산 접근법}(P) = (G - SL) - E_D - E_{EX} \quad (5)$$

P : 생산 접근법

ΔC_{EX} : 국내에서 수출한 목제품의 탄소축적 변화량

E_{EX} : 국내에서 수출한 목제품의 분해·연소량(탄소배출)

본 방법은 수입목제품의 탄소축적량 변화와 수입으로 인한 탄소배출량은 계상되지 않는다. 목재수출국에 있어서는 $\Delta C_D + \Delta C_{EX}$ 만이 IPCC 기본 접근법보다 유리하게 된다. 목재수입국에 있어서는 ΔC_D 만큼은 평가되지만, E_D 가 배출로 평가된다. 본 방법에 의해 탄소배출량·흡수량을 산정하여 보고해야 하는 국가에서는 국내에서 수출한 목제품에 대해서 목재를 수입한 수입국까지 추적하여 자국 목제품의 탄소축적 변화량과 목제품의 분해·연소 즉, 탄소배출 시점을 파악할 필요가 있으므로 실제 실행하는데 있어 많은 어려움이 있다(安井靜, 2005).

④ 대기유출입 접근법(Atmospheric-flow approach)

대기유출입 접근법의 시스템 경계는 국내 상공의 대기를 기준으로 한다. 국가 경계에서 대기와의 탄소배출량·흡수량의 차감을 계상하는 방법이다. 즉, 산림생장에 의한 대기로부터의 탄소흡수량은 생산국에 계상되는 반면, 목제품의 분해·연소에 의한 대기로의 탄소배출량은 소비국에 계상되는 방식이다(그림 5).

따라서 연간 대기유출입량은 산림성장량에서 임지잔재량 및 국내에 존재하는 국산 목제품의 분해·연소량(E_D)과 수입 목제품의 분해·연소량(E_{IM})을 제외한 것이 된다. 이를 간략한 정의식으로 표현하면 (6)식과 같다.

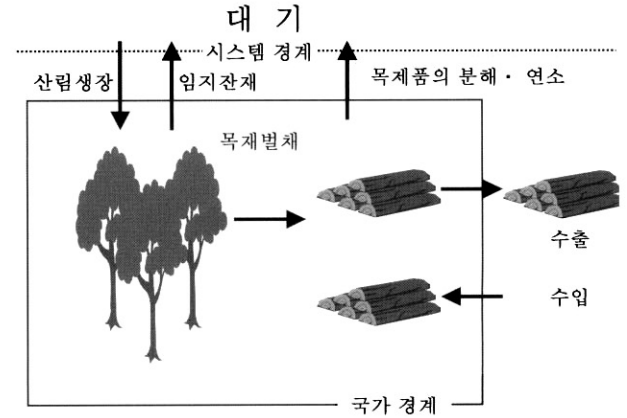


그림 5. 대기유출입 접근법(Atmospheric-flow approach).

$$\text{대기유출입 접근법}(AF) = (G - SL) - E_D - E_{IM} \quad (6)$$

본 방식의 경우 수입된 목재는 분해·연소시점에서 탄소배출량만이 계상되고, 이와 반대로 수출한 목재는 임목시점의 탄소흡수량만이 계상된다. 따라서 목재를 수입하면 결과적으로 탄소배출원이 증가하는 것을 의미하기 때문에 목재수출국에게 유리한 방식이다.

표 1. 목제품 탄소계정 방법별 차이.

구분	IPCC 기본 접근법	축적변화 접근법	생산 접근법	대기유출입 접근법
정의식	$\Delta C_F = G - SL - H$	$\Delta C_F + \Delta C_D + \Delta C_{IM}$	$\Delta C_F + \Delta C_D + \Delta C_{EX}$	$(G - SL) - E_D - E_{IM}$
IPCC 기본 접근 법과의 차이		국내에 존재하는 모든 목제 품에 저장된 탄소축적 변화량	국내에서 생산한 목제품에 포함된 탄소축적 변화량	국산재 공급량과 수입재도 포 함한 목제품의 분해 · 연소량 의 차감

주 : ΔC_F (산림축적 변화량), G (산림생장량), SL (임지잔재량), H (목제벌채량), ΔC_D (국내에 존재한 국산 목제품의 탄소축적 변화량), ΔC_{IM} (국내에 존재한 수입 목제품의 탄소축적 변화량), E_D (국내에서 생산한 목제품의 분해 · 연소량), E_{IM} (국내에 수입된 목제품의 분해 · 연소량)

(2) 목제품 탄소계정 방법별 특징

1998년 세네갈에서 개최된 IPCC 전문가회의에서는 현행 IPCC 기본 접근법 이외에 지금까지 살펴본 3가지 목제품 탄소계정 방법이 제안되었다. 그러나 국가별 특히 목재수출국 · 수입국의 입장 차이에 따라 목제품 탄소축적 변화량에 차이가 발생한다.

앞서 살펴본 바와 같이 목제품 탄소계정 방법에서 IPCC 기본 접근법을 제외하고 정의식 (2)~(6)식에서 EX , IM , ΔC_{EX} , ΔC_{IM} , E_{EX} , E_{IM} 등을 삭제해 보면 알 수 있듯이 목재 수출입 관계, 즉 국가간 목재무역이 없다고 가정할 경우 새롭게 제안된 3가지 목제품 탄소계정 방법(축적변화 접근법, 생산 접근법, 대기유출입 접근법)의 결과는 “ $\Delta C_F + \Delta C_D$ ” 또는 “ $(G - SL) - E_D$ ”와 일치하게 된다는 사실을 알 수 있다(표 1).

이러한 결과는 해당 국가가 순 목재수출국 · 수입국이나의 여부에 따라 3가지 목제품 탄소계정 결과에 차이가 발생한다는 것을 의미하므로 목제품 탄소계정에 있어서 목재무역을 어떻게 판단하느냐가 가장 중요한 핵심이라 할 수 있다. 이러한 경향은 다음과 같은 선행 연구결과를 보면 쉽게 이해할 수 있다.

UNFCCC(2005)는 EU 25개국을 대상으로 2003년 현재 각국의 목제품 탄소축적 변화 및 목제품으로부터의 CO₂ 배출량 · 흡수량 추정결과를 제시하였다. 목제품 탄소축적

변화의 경우 대표적인 순 목재수입국(덴마크, 아일랜드, 이탈리아, 네덜란드, 영국)은 축적변화 접근법이 가장 유리하였다. 대기유출입 접근법의 경우 순 목재수입국의 대부분이 탄소축적 변화가 마이너스(-)로 전환하였다. 이와 대조적으로 대표적인 목재수출국(핀란드, 스웨덴)의 경우 탄소축적 변화에서 대기유출입 접근법이 가장 유리한 반면, 축적변화 접근법이 가장 불리한 방법이었다(표 2). 또한, UNFCCC(2005)에서는 주요국의 목제품 탄소계정 결과를 제시하였는데, 캐나다의 경우 2000년 목제품의 탄소 배출량(IPCC 기본 접근법 183.9 Mt CO₂, 축적변화 접근법 167.4 Mt CO₂, 생산 접근법 137.0 Mt CO₂, 대기유출입 접근법 94.5 Mt CO₂)의 평가 시, 대기유출입 접근법이 탄소배출 감축에 가장 유리한 방법이었다. 핀란드의 경우도 2003년 목제품 탄소축적 변화량(대기유출입 접근법 6,026 Tg C, 생산 접근법 0.790 Tg C, 축적변화 접근법 0.573 Tg C)평가에서 대기유출입 접근법이 가장 유리한 방법이었다. 반면, 순 목재수입국인 일본의 경우 2002년 목제품 탄소축적 변화량(축적변화 접근법 2.11 Tg C, 생산 접근법 0.59 Tg C, 대기유출입 접근법 -11.497 Tg C) 평가에서 축적변화 접근법이 가장 유리한 방법으로 평가되었다. 이렇듯 순 목재수출국 · 수입국이나의 여부에 따라 목제품 탄소배출량 · 흡수량의 평가결과는 큰 차이를 보였다.

따라서 순 목재수입국은 축적변화 접근법을 지지하는

표 2. 목제품의 탄소축적 변화량 및 탄소배출량 평가(2003년 현재).

국명	목제품의 탄소축적 변화량(Tg C/yr)			목제품으로부터 CO ₂ 배출량 · 흡수량(Gg CO ₂ /yr)		
	축적변화	대기유출입	생산	축적변화	대기유출입	생산
덴마크	0.698	-0.714	-0.060	-2,558	2,620	220
핀란드	0.748	6.202	1.130	-2,744	-22,741	-4,144
아일랜드	0.337	0.174	0.325	-1,235	-639	-1,191
이탈리아	1.997	-3.340	0.752	-7,322	12,246	-2,759
네덜란드	0.185	-1.165	0.289	-679	4,272	-1,060
스웨덴	0.703	5.929	1.394	-2,577	-21,740	-5,110
영국	1.720	-3.485	0.973	-6,306	12,777	-3,598

주 : 목제품으로부터 CO₂ 배출량 · 흡수량의 마이너스(-)는 흡수량을 의미함.

자료 : UNFCCC. 2005. Data and information on changes in carbon stocks and emissions of greenhouse gases from harvested wood products and experiences with the use of relevant guidelines and guidance of the Intergovernmental Panel on Climate Changes. FCCC/SBSTA/2004/MISC.9. 37pp.

반면, 순 목재수출국은 대기유출입 접근법을 지지하는 경향을 나타내고 있다(福田淳, 2004). 단, 순 목재수출국인 뉴질랜드의 경우 현재 미국이 지지하고 있는 생산 접근법과 유사한 간략분해 접근법(Simple decay approach)을 지지하고 있다. 한편, 세계 모든 국가가 목제품 탄소계정 평가를 실시할 경우 이론상 목제품 탄소계정 결과는 IPCC 기본 접근법을 제외하면 3가지 방법 모두 비슷한 평가 결과를 보이게 될 것이다(Lim 등, 1999).

그러나 현재 교토의정서를 비준하고 온실가스 감축의 무와 보고의무를 이행해야 하는 국가는 부속서I에 포함된 선진국뿐이고, 그 가운데에서도 미국, 호주 등 교토의정서를 비준하지 않는 국가도 있다. 따라서 제2차 공약기간(2013~2017년)에는 부속서 I 국가와 감축공약 의무가 없는 비부속서 I 국가(Non-Annex I Party)의 향방이 어떻게 진행될지는 불투명한 상태이고, 교토의정서를 비준하지 않는 국가와의 목재무역이 있을 경우 목제품 탄소계정 평가가 불완전할 가능성도 있다(外崎眞理雄, 2004).

3. 우리나라의 목제품 탄소축적 변화량 추정

1) 추정방법 및 이용자료

IPCC GPG-LULUCF 제3장 토지이용변화 및 임업분야 우수실행지침의 부록 3a.1에서는 3가지 수준의 목제품 탄소계정 방법이 제안되었다(IPCC, 2004). 수준 1 방법은 IPCC 가이드라인의 기본 추정방법(산림별채=탄소배출 시점)으로 목제품의 탄소축적 변화량을 전혀 고려하지 않는 방법이다. 수준 2 방법은 목제품의 탄소 유출입량 등에 대한 기본인자(목제품 수명부후, 탄소전환계수 등) 등을 이용하여 각 국가별 목제품 탄소축적 변화량을 일차적으로 추정할 수 있다. 수준 3 방법은 과거부터 현재까지 조사된 목제품의 탄소축적량을 이용하여 실제 목록 간의 변화로 추정할 수 있다.

소재(제재목, 목질패널)와 종이제품의 2가지 변수를 이용하여 UNFCCC(2005)와 Green(2006) 등이 실시한 수준 2 방법으로 현재 우리나라가 사용 중인 목제품의 연간 탄소축적 변화량과 CO₂ 배출량·흡수량을 추정하였다.

목제품 탄소축적 변화량을 추정하는데 있어 가장 기본이 되는 목제품의 생산, 수입, 수출량 자료(1961~2004년)

는 FAO(FAOSTAT)의 산림 데이터베이스 자료를 이용하였다. FAO 산림 데이터베이스의 목제품 생산, 수입, 수출 자료는 1961년 이후부터 구축되어 있기 때문에 1961년 이전의 자료들은 IPCC GPG-LULUCF 제3장의 부록 3a.1에서 제시된 추정 방식을 이용하였다(IPCC, 2004). 그리고 목제품 탄소축적 변화량 투입요소로서 매년 일정한 비율로 폐기되는 목제품의 연간 부후율은 소재 3.3%(평균수명 30년), 종이제품 100%(평균수명 1년) 등으로 가정하였다. 목제품의 건중량(Mg/m³)은 소재 0.45, 종이제품 0.90으로 가정하였고, 건중체의 탄소 함유량은 소재 50%(0.5), 종이제품 50%(0.5) 등으로 하였다(IPCC, 2004; UNFCCC, 2005; Green 등, 2006).

2) 목제품 탄소축적 변화량 추정 결과

앞서 살펴본 목제품의 생산·수입·수출자료 및 탄소 유출입량 추정 요소를 이용하여 목제품 탄소계정 방법별로 우리나라의 목제품 탄소축적 변화량 추정을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 우리나라의 2004년 현재 목제품 탄소축적 변화량은 축적변화 접근법이 1.567 Tg C, 대기유출입 접근법이 -1.425 Tg C, 생산 접근법이 0.581 Tg C 등으로 추정되었다(표 3). 또한, 목제품으로부터의 CO₂ 배출량·흡수량은 축적변화 접근법이 -5,746 Gg CO₂ 감소(흡수), 대기유출입 접근법이 5,225 Gg CO₂ 증가(배출), 생산 접근법이 -2,130 Gg CO₂ 감소(흡수) 등으로 추정되었다. 즉, 우리나라는 목제품 탄소계정 방법 가운데 축적변화 접근법이 가장 유리한 반면, 대기유출입 접근법

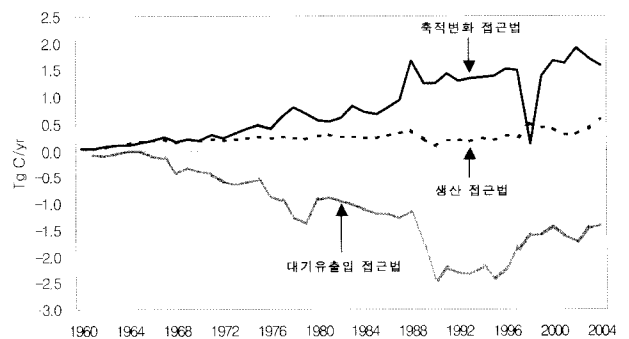


그림 6. 목제품 탄소계정 방법별 탄소축적 변화량 추이.

표 3. 우리나라의 목제품 탄소축적 변화량 및 탄소배출량 평가.

연도	목제품의 탄소축적 변화량 (Tg C/yr)			목제품으로부터 CO ₂ 배출량·흡수량 (Gg CO ₂ /yr)		
	축적변화	대기유출입	생산	축적변화	대기유출입	생산
1990	1.246	-2.451	0.083	-4,569	8,987	-0,304
1995	1.383	-2.428	0.186	-5,071	8,903	-0,682
2000	1.671	-1.418	0.411	-6,127	5,199	-1,507
2004	1.567	-1.425	0.581	-5,746	5,225	-2,130

주 : 목제품으로부터 CO₂ 배출량·흡수량의 마이너스(-)는 흡수량을 의미함.

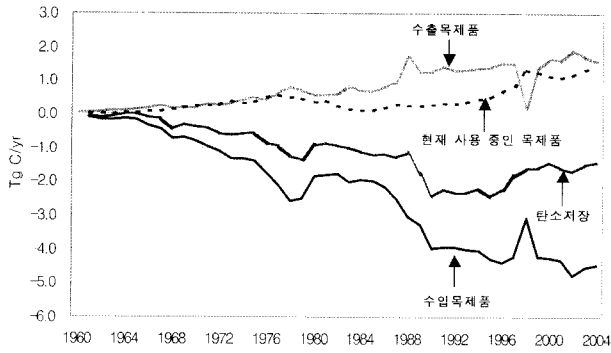


그림 7. 대기유출입 접근법의 탄소축적 변화량 추이.

이 가장 불리한 방법으로 평가되었다.

한편, 그림 6은 목제품 탄소계정 방법별 탄소축적 변화량을 나타내고 있다. 총 목재수급량의 90% 이상을 수입 목재에 의존하고 있는 우리나라의 경우 1980년대 이후 목재수요의 증가와 함께 수입목재가 탄소축적으로 계정되는 축적변화 접근법의 탄소축적 변화량은 지속적으로 증가한 반면, 대기유출입 접근법의 탄소축적 변화량은 감소하고 있는 것으로 추정되었다(그림 6). 축적변화 접근법의 경우 1998년에 탄소축적 변화량이 타 시기에 비해 크게 감소한 것으로 나타났는데, 이는 1997년 후반에 발생한 IMF 경제위기 상황에서 환율의 급등으로 목재수입이 급격하게 감소하여 전년도 대비 탄소축적 변화폭이 매우 작았기 때문이다. 한편, 대기유출입 접근법의 경우 목제품 탄소계정 방법 가운데 가장 낮은 탄소축적량을 나타내었는데, 이는 그림 7에서 보는 바와 같이 수입목재가 탄소축적 변화량으로 계정되지 않고 분해·연소시점에서 탄소배출량으로 계정되었기 때문이다.

4. 목제품 탄소계정 방법별 영향

목제품 탄소계정 방법의 적용에 따라 각 국가의 목재무역, 사회경제학적, 목질 바이오에너지, 리사이클링 등 다양한 분야에 미치는 영향은 서로 다른 차이가 발생한다(UNFCCC, 2003). 본 절에서는 이 가운데 목제품과 가장 밀접한 관계를 가지고 있는 목재무역과 함께 목질 바이오에너지, 리사이클링에 대해서 각각의 목제품 탄소계정 방법이 어떠한 영향을 미치는가에 대해서 간략하게 살펴보았다.

1) 목재무역

목제품 탄소계정 방법은 최종적으로 어디에서(Where) 이용되고, 언제(When) 분해·연소되는지의 여부와 밀접하게 관계하고 있기 때문에 각각의 평가결과는 목재무역에 영향을 미치게 된다(藤原敬, 2004).

IPCC 기본 접근법은 목재의 벌채시점이 탄소배출 시점으로 평가되기 때문에 각국의 목재벌채는 억제될 수 있다.

그러나 목재벌채량의 감소로 인한 수급불균형으로 국제 목재가격, 특히 산업용재의 가격이 상승하게 될 가능성이 있다.

축적변화 접근법은 국내에 존재하는 모든 목제품이 탄소축적 변화량의 증가로 평가되기 때문에 순 목재수입국인 우리나라에서는 수입목재에 의한 탄소축적량을 증가시킬 목적으로 목재수입, 특히 장기간 수명주기를 가진 목제품의 수입을 확대할 가능성이 있다. 그러나 이와 반대로 목재수출국에서는 목재수출은 곧 탄소배출로 평가되기 때문에 목재수출을 억제할 것이다. 한편, 수입된 목제품이 분해·연소될 경우 국내에서 탄소배출로 계정되기 때문에 본 방식에 의해 급격하게 목재수입이 증가하는 어렵다고 판단된다.

생산 접근법은 국내에서 생산된 목제품만을 탄소축적 변화량의 대상으로 평가하고 수입목재에 의한 탄소축적 변화량은 인정되지 않는다. 따라서 목재수입국의 경우 목재수입은 크게 증가하지 않는 반면, 국내 목재생산을 확대할 가능성이 있다. 목재수출국의 경우 수출목재가 수입국에서 분해·연소된 시점에서 수출국의 탄소배출로서 계상되기 때문에 장기적인 수명주기를 가진 목제품을 더 많이 수출하게 될 것이다. 반면, 수입목재를 국내에서 분해·연소하여도 국내에서 배출로서 계정되지 않기 때문에 비내구성 이용을 목적으로 한 목재수입이 증가할 가능성이 있다.

대기유출입 접근법은 목제품의 사용 이후 최종적인 분해·연소가 발생하는 장소가 탄소배출지점으로 평가되기 때문에 목재수입국에서는 목재수입을 억제하려는 움직임이 작용할 것이다. 이와 반대로 목재수출국에서는 목재를 수출함으로써 향후 탄소배출원을 수출하는 것과 동일한 효과를 나타내기 때문에 더 많은 목재수출을 촉진하게 될 것이다.

2) 목질 바이오에너지

IPCC 기본 접근법은 탄소배출만 평가되는 화석연료와 마찬가지로 목재의 벌채시점이 탄소배출로 평가되기 때문에 화석연료의 사용보다 탄소배출이 적은 목질 바이오에너지 이용은 촉진될 것이다.

축적변화 접근법은 탄소배출만이 계상되는 화석연료의 사용보다 목질 바이오에너지 이용이 유리하다. 그러나 목재의 연소가 탄소배출로 평가되기 때문에 목재를 이용한 목질 바이오에너지 이용은 약간 억제될 가능성이 있다.

생산 접근법은 목재수입국의 경우 수입목재의 목질 바이오에너지 이용으로 인한 탄소배출이 계상되지 않기 때문에 목질 바이오에너지 이용은 촉진될 것이다. 반면, 목재수출국은 수출목재가 수입국에서 목질 바이오에너지로

연소된 시점에서 수출국의 탄소배출로서 계상되는 점과 국내에서 연소로 인한 탄소배출을 줄여야 하기 때문에 목질 바이오에너지 이용은 약간 억제될 것이다.

대기유출입 접근법은 축적변화 접근법과 마찬가지로 목제품의 사용 이후 최종적인 분해·연소가 발생하는 장소가 탄소배출지점으로 평가되기 때문에 목질 바이오에너지 이용은 약간 억제될 것이다. 특히 수입목재의 경우 탄소축적 변화량으로 계상되지 않고 목재의 연소시점이 탄소배출로만 인정되기 때문에 수입목재를 이용한 목질 바이오에너지 이용은 억제될 것이다(UNFCCC, 2003).

3) 목제품 리사이클링

목제품 리사이클링은 모든 목제품 탄소계정 방법에서 촉진될 것이다. 먼저, IPCC 기본 접근법의 경우 목제품을 위한 탄소배출을 감소시키기 위해 목제품 리사이클링이 촉진될 것이다.

축적변화 접근법은 국내에 존재하는 모든 목제품(국산 목제품+수입목제품)이 탄소축적 변화량으로 계상되기 때문에 목제품을 장기간 이용하기 위해 리사이클링이 촉진될 것이다.

생산 접근법은 국산 목제품에 대한 탄소축적 변화량만이 계상되기 때문에 국산 목제품의 리사이클링은 촉진될 것이다. 반면, 수입목제품은 탄소축적 변화에 계상되지 않기 때문에 단기간에 폐기될 가능성도 있어, 목제품 탄소계정 방법 가운데 가장 낮은 리사이클링을 나타낼 것이다.

대기유출입 접근법은 목제품의 폐기가 탄소배출로서 계상되기 때문에 탄소배출을 연장시키기 위해 목제품의 리사이클링이 촉진될 것이다. 한편, 목제품의 리사이클링이 증가하면 목재수입은 약간 감소하게 될 가능성도 있다.

결 론

지금까지 현재 국제적으로 논의가 진행되고 있는 목제품 탄소계정 방법 및 이의 적용에 따른 국내 탄소배출량에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 목제품 탄소계정의 가장 큰 특징은 현행 IPCC 기본 접근법을 제외하고 순 목재수출국·수입국이나의 여부에 따라 각국이 지향하는 목제품 탄소계정 방법은 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 우리나라는 총 목재에 소비량의 90% 이상을 수입 목재에 의존하고 있는 순 목재수입국으로서, 수입목재에 대한 탄소계정이 적용되느냐의 여부에 따라 우리나라 전체 탄소흡수량·배출량에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

축적변화 접근법은 국내에 존재하는 모든 목제품(국산 목제품+수입목제품)이 탄소축적 변화량의 증가로 평가되기 때문에 순 목재수입국인 우리나라의 경우 수입 목재에 의한 탄소축적량을 증가시킬 수 있는 가장 유리한 방법으

로 목재수입이 확대될 가능성이 있다. 생산 접근법은 국내에서 생산된 목제품만을 탄소축적 변화량의 대상으로 평가하고 수입목제품에 의한 탄소축적 변화량은 계정되지 않기 때문에 축적변화 접근법보다 목제품에 의한 탄소축적량 증가의 인센티브가 적은 방법이다. 대기유출입 접근법은 목제품의 사용 이후 최종적으로 분해·연소가 발생하는 장소가 탄소배출지점으로 평가되기 때문에 순 목재수입국인 우리나라의 경우 수입목재의 분해·연소로부터 대량의 탄소배출량이 증가하는 방법으로 목재수입을 억제할 가능성이 있다. 이는 우리나라의 목제품 탄소축적 변화량을 추정할 결과에서 쉽게 알 수 있듯이 2004년 현재 축적변화 접근법이 1.567 Tg C, 대기유출입 접근법이 -1.425 Tg C, 생산 접근법이 0.581 Tg C 등으로 우리나라는 축적변화 접근법이 국내 탄소배출량 감소에 가장 유리한 반면, 대기유출입 접근법이 가장 불리한 방법이었다.

이상에서 목재수입에 인센티브가 있는 목제품 탄소계정 방법은 축적변화 접근법으로, 순 목재수입국에 가장 유리한 방법이었다. 그러나 순 목재수출국에 유리한 방법(대기유출입 접근법)은 순 목재수입국에는 불리한 방법(축적변화 접근법)이다. 또한 세계의 산림보전을 고려할 경우(대기유출입 접근법), 중국과 인도와 같은 개발도상국을 의무감축대상국에 포함시킬 경우(축적변화 접근법) 등 여러 가지 상황에 따라 각국이 지향하는 목제품 탄소계정 방법이 다르기 때문에 목제품 탄소계정 협상은 난항이 예상된다. 향후 어떠한 목제품 탄소계정 방법의 채택 및 감축공약이 어떻게 결정될 것인가에 대해서는 아직 불투명한 상태에 있지만, 정치·전략적으로 목제품 탄소계정 방법이 결정될 가능성도 있고, 새로운 계정방법이 제안될 수 있다. 따라서 우리나라에서는 우선 국제적인 목제품 탄소계정 논의 동향을 지속적으로 모니터링 하면서 각국이 지향하는 방법론과 논리 등을 분석할 필요가 있다. 또한, 국가 고유자료 없이 기본 자료만을 가지고 목제품 탄소계정을 실시할 경우 불확실성을 추정할 수 없으므로 국가 고유의 생산·수입·수출자료의 이용 및 목제품의 수명, 탄소전환인자 등에 대한 자료구축이 필요하다.

인용문헌

1. 산림청. 2005. 제11차 기후변화협약 및 제1차 교토의정서 당사국총회 참가보고서(산림분야).
2. 橋本征二, 森口祐一, 外崎眞理雄, 恒次祐子. 2003. 室果ガスインベントリにおける異なる木製品の炭素勘定方法の政策インプリケーション. 環境經濟・政策學會2003年大會報告要旨集: 22-23.
3. 藤原敬. 2004. 氣候變動組條約における伐採木材製品の取扱. 會員制寄稿誌「日本の森林を考える」No. 22: 38-43.
4. 福田淳. 2004. 氣候變動組條約における伐採木材製品の取

- 抜に関する考察. 林業經濟, 財團法人日本林業經濟研究所 57(5): 1-16.
5. 安井靜. 2005. 氣候變動組條約における伐採木材製品の炭素ストック問題. 林業經濟, 財團法人日本林業經濟研究所 58(9): 3-5.
 6. 日本林業調査會. 1998. 地球温暖化と森林・木材. 264pp.
 7. 外崎眞理雄. 2004. 「伐採木材」に関する専門家會合. 木材工業, 社團法人日本木材加工技術協會 59(1): 31-35.
 8. Brown, S., Lim, B. and Schlamadinger, B. 1999. Evaluating approaches for estimating net emissions of carbon dioxide from forest harvesting and wood products. Intergovernmental Panel on Climate Change, Meeting Report, Dakar, 5-7 May 1998. 20pp.
 9. Flugsrud, H., Kvingedal, E. and Rypdal, K. 2001. Estimating the net emissions of CO₂ from harvested wood products. A comparison between different approaches. Norwegian Pollution Control Authority (STP). 46pp.
 10. Green, C., Avitabile, V., Farrell, E. and Byrne, K. 2006. Reporting harvested wood products in national greenhouse gas inventories: Implications for Ireland. *Biomass and Bioenergy* 30: 105-114.
 11. Hashimoto, S., Nose, M., Obara, T. and Moriguchi, Y. 2002. Wood products: potential carbon sequestration and impact on net carbon emissions of industrialized countries. *Environmental Science and Policy* 5(2): 183-193.
 12. IPCC. 1997. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim, K. Treanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs and B.A. Callander (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change, Meteorological Office, Bracknell, United Kingdom.
 13. IPCC. 2004. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. 3.257-3.272, IGES.
 14. Lim, B., Brown, S. and Schlamadinger, B. 1999. Carbon accounting for forest harvesting and wood products: review and evaluation of different approaches. *Environmental Science and Policy* 2(2): 207-216.
 15. Nabuurs, G. and Sikkema, R. 2001. International trade in wood products: its role in the land use change and forestry cycle. *Climatic Change* 49: 377-395.
 16. Pingoud, K. 2003. Harvested wood products: considerations on issues related to estimation, reporting and accounting of greenhouse gases. Final report delivered to the UNFCCC secretariat.
 17. Sampson, F., Apps, M., Brown, S., Cole, C., Downing, J., Heath, L., Ojima, D., Smith, T., Solomon, A. and Wisniewski, J. 1993. Workshop summary statement - Terrestrial biospheric carbon fluxes - Quantification of sinks and sources of CO₂. *Water, Air and Soil Pollution* 70(1-4): 3-15.
 18. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2003. Estimation, reporting accounting of harvested wood products. FCCC/TP/2003/7. 44pp.
 19. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2004. Issues relating to harvested wood products. FCCC/SBSTA/2004/MISC.9. 43pp.
 20. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2005. Data and information on changes in carbon stocks and emissions of greenhouse gases from harvested wood products and experiences with the use of relevant guidelines and guidance of the Intergovernmental Panel on Climate Changes. FCCC/SBSTA/2004/MISC.9. 37pp.
 21. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change guidelines for national greenhouse gas inventories, and issues relating to harvested wood products, FCCC/SBSTA/2006/L.10. 2pp.
 22. Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R. and Dokken, D. 1996. Climate change 1995. Impacts adaptations and mitigation of climate change: scientific and technical analysis. contribution of working group II to second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
 23. Winjum, J.K., Brown, S. and Schlamadinger, B. 1998. Forest harvests and wood products: source and sinks of atmospheric carbon dioxide. *Forest Science* 44(2): 272-284.

(2006년 4월 21일 접수; 2006년 5월 16일 채택)