

목재산업진흥 종합계획에 따른 목재공급 전망

이상민^{1*}, 김경덕²

¹한국농촌경제연구원 산림정책연구부, ²한국농촌경제연구원 농업발전연구부

Outlook of the timber supply to the wood industry buildup master plan

Sang-Min Lee^{1*}, Kyeong-Duk Kim²

¹Department of Forest Policy Research, Korea Rural Economic Institute

²Department of Agricultural Development Research, Korea Rural Economic Institute

요약 이 연구는 정부의 목재산업진흥 종합계획에 기초하여 장기적인 산림의 영급구조 변화와 국내재 공급 가능성에 대해 살펴보았다. 목재는 주벌과 수종갱신, 피해지 벌채, 숲아베기 등을 통하여서만 공급된다고 가정하였다. 영급별 면적의 동태적인 변화를 추정하기 위하여 코호트 관계식을 이용하였다. 2010년 전체 시업지의 7.7%에 불과하던 6영급 면적이 크게 증가하여 2100년에는 약 73% 정도를 차지할 것으로 분석되었다. 반면 다른 영급의 면적은 5.3~5.6%의 분포를 나타낼 것으로 전망된다. 목재공급에 있어서는 주벌에 의한 생산이 93~95%를 차지할 것으로 예상된다. 2영급과 3영급의 면적에 좌우되는 숲아베기 생산량은 면적의 감소와 함께 점진적으로 줄어들 것으로 예상된다. 국내재 예상 공급을 선행연구 결과로 제시된 국내재 예상 수요와 비교하여 자급률을 계산한 결과 2050년에 83% 정도 될 것으로 예상된다.

Abstract This study assessed the long term structure of forest age groups and the possibility of a domestic wood supply based on the wood industry buildup master plan. Wood is assumed to be supplied by main cutting, renewal, cutting damaged trees and thinning. The cohort equation was applied to identify the dynamic changes in forest area according to the age groups. The sixth age group, which composed of only 7.7% in 2010, is expected to comprise 73% of the total production land. The area distributions of the other age groups are expected to be between 5.3 - 5.6%. Consequently, the production volume from main cutting accounts for approximately 93 - 95% of the total production. The production volume from thinning, which depends on the area of the second and third age groups, will be decreased gradually. When the volume of domestic timber supply was compared with the timber demand from a previous study, the self-sufficiency of timber demand will be approximately 83% in 2050.

Key Words : Cohort correlation, cutting, equation of motion, thinning

1. 서론

산림은 목재 제공의 고유한 역할뿐만 아니라 공공재로 여겨지는 다양한 비목재(non-timber) 서비스 공급에 이르기까지 여러 가지 용도로 이용되는 자연자원이다. 벌채된 목재는 합판, 제재목, 파티클보드 등 제품을 만들기 위한 원료로 투입된다. 반면 벌채되지 않고 자연 상태

에 남아있는 나무는 수자원 함양, 휴양 및 보건 제공, 생물다양성 보전 등의 서비스를 제공 하는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 산림은 우리 생활과 밀접한 관계가 있으며, 그 중요성이 점차 증대되고 있는 실정이다.

전쟁 이후 황폐했던 우리나라의 산림은 지속적인 식목과 육림사업을 실시하여 산림 내의 축적이 크게 늘어났으며, 법적으로 벌채시기에 다른 5영급 이상 산림의

이 연구는 한국농촌경제연구원의 과제인 [1]의 일부를 논문으로 재작성한 것임.

*Corresponding Author : Sang-Min Lee(Korea Rural Economic Institute)

Tel: +82-2-3299-4193 email: smlee@krei.re.kr

Received September 2, 2014

Revised October 20, 2014

Accepted March 12, 2015

Published March 31, 2015

비중이 임목생산을 주목적으로 하는 임지(시업지(始業地)) 면적의 30.5%로 늘어났다. 그 결과 원료로 공급되는 목재 가운데 국내재가 차지하는 비율이 점차 증가하였는데, 2001년 전체 목재공급량 883만 6천 m³의 17%에 불과하던 국내재 공급비율은 2011년 들어 51%로 증가하였다. 그러나 국내재의 대부분은 제재목, 합판 등과 같은 원목을 이용하는 목제품의 원료로 투입되는 것이 아니라, 펄프, 칩, 톱밥 등과 같이 파쇄하거나 섬유질을 이용하는 제품을 만드는 데 투입되고 있는 실정이다. 따라서 우리나라는 제재목, 합판 등의 가공을 위하여 원목수입에 크게 의존할 수밖에 없는 형편이다.

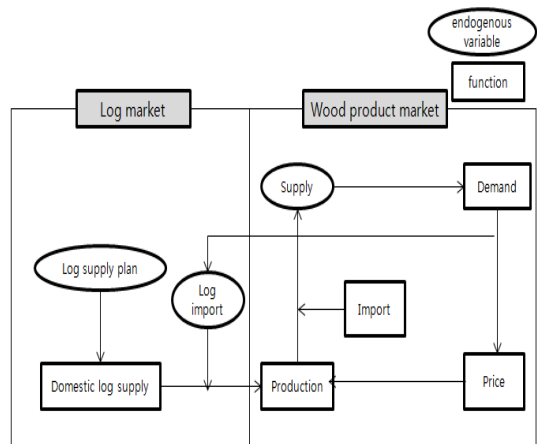
전 세계적으로 기후변화에 대응한 산림의 역할이 강조되고 있고, 산림자원 부족들의 자연자원 무기화로 인해 원목 수입은 시간이 흐름에 따라 더욱 어려워질 전망이다. 또한 무역자유화로 인해 개방된 국내시장으로 목제품 수입은 더욱 늘어날 것으로 보인다. 이와 같이 목재의 공급과 수요에서 대내외적인 많은 변화가 예상된다. 산림은 단기간에 파괴할 수는 있지만 조성할 수는 없다. 장기적인 안목에서 우리나라 산림자원의 변화를 예측하고, 목재수급의 균형이 어떻게 변화할지 알아보는 것은 산림정책 수립에 매우 필요한 연구이다.

우리나라의 경우 목재에 관한 연구는 수요에 초점이 맞추어져 있는 경우가 많은데, 산업연관분석을 이용하여 수요를 예측하거나[2,3], 단일방정식을 추정하는 방법[4,5,6] 등이 주로 시도되었다. 1990년대 말부터 수요와 공급 방정식, 가격관계식, 항등식 등을 통합하여 만든 수급모델이 개발되었는데[7,8], 이들 역시 목제품시장의 수급을 고려한 목재의 수요에 초점이 맞추어진 연구이다. 목재공급에 관한 연구로는 이경학 등[9]의 연구가 대표적인데, 수확표에 근거한 산림자원 예측모델을 개발하고, 이를 토대로 정책시나리오에 따라 우리나라 산림자원상태(임목축적량, 연간생장량, 연간벌채량, 영급분포 등)를 장기 예측하였다.

산림분야의 모형을 다룬 국외연구의 경우 목재와 목제품 시장을 동시에 고려한 경우가 많은데, 산림이 국가 경제에 미치는 효과가 큰 경우 일반균형모형을 이용하였으며[10,11], 그렇지 않은 경우에는 부분균형 모형을 이용하여 분석하였다[12,13,14,15]. 한편 Sedio와 Lyon[16]은 제어이론(Control theory)을 적용하여 Timber Supply Model(TSM)이라는 목재자원을 중심으로 한 목재 공급 모델을 만들었다.

이 연구는 동태적 연령별 산림성장방정식을 이용하여 목재 공급부문 모형을 만들고, 이 모형을 이용하여 중장기적인 목재 공급을 전망하는 데 목적이 있다. 모두 5개 절로 이루어져 있는데, 제 2절에서는 목재 및 목제품의 수급모형을 개관하였다. 제 3절에서는 국내재 공급 모형이 제시된다. 기본모형으로 동태적 영급면적 코호트 모형을 제시하였다. 이와 함께 주벌과 갱신, 숲가꾸기 등에 따른 국내재(국내에서 생산되는 목재) 공급을 분석하였다. 제 4절에서는 국내재 공급 계획에 대해 전망하였다. 또한 선행연구에서 제시된 목재수요를 고려하여 국내재 자급률을 전망하였다. 마지막 절에서는 본고의 요약과 결론이 제시하였다.

2. 목재부문 수급모형 개요



[Fig. 1] Supply-demand structure of log and wood products

목재의 흐름을 나타내는 Figure 1은 목재의 공급부분을 나타내는 목재시장과 목재의 수요부분을 나타내는 목제품시장으로 구분할 수 있다. 목재의 공급부분 즉, 목재 시장에서는 우리나라의 산림현황을 바탕으로 한 동태 관계식을 이용하여 산림자원을 예측하고, 지속가능한 산림자원 관리를 위한 국가의 계획에 따라 결정되는 국내재의 공급가능한 양을 전망하게 된다. 동태 관계식은 입목(立木)의 성장에 따라 변화하는 산림현황을 나타내는 것으로 동태분석에서 이용되는 운동방정식(Equation of motion: EQM)을 말한다. 자원의 동태적 수급은 수익 극대화 또는 비용 최소화 문제로 인식하여 동태계획법

(Dynamic programming)이나 최적 제어(Optimal control) 이론 등을 적용하는 것이 마땅하나, 우리나라의 경우 목재 공급이 계획에 따르므로 외부적으로 결정되는 것으로 가정하였다. 목제품시장은 원목을 이용하여 생산한 제품(제재목, 합판, 파티클보드, 섬유판, 펄프 등)의 수급관계를 나타내는 것이다. 국내에서 생산된 제품과 수입제품을 합하여 목제품시장의 공급을 나타내며, 목제품별 원목 환산계수를 적용하면 목재수요를 추정할 수 있다. 이 연구에서는 목재의 공급부분을 나타내는 목재시장에 대한 분석만 실시하며, 분석결과를 선행연구 결과와 비교하여 우리나라 목재자급률을 예측하게 된다.

3. 국내목재공급

3.1 기본모형

우선 산림의 종류를 4가지로 구분하였다. 그 이유는 침엽수와 활엽수의 기준 벌기령(rotation period)이 다르고 국유림과 공 사유림의 벌기령이 다르기 때문이다. 혼효림에 대해서는 따로 구분하지 않고, 침엽수와 활엽수가 반반씩 섞여 있다는 가정 아래 50%를 침엽수림에 편입하고 나머지 50%를 활엽수림에 편입하였다. 모든 산림이 영급별로 구분되므로 같은 영급의 산림에 대해서는 동일한 연령의 산림(even aged forest)으로 간주하여 모형을 단순하게 만들었다. 측정 및 변환의 기본 단위는 면적이며, 측정 또는 벌채량(부피) 등을 구하기 위해서 해당 임분(林分)의 헥타르당 평균 측적을 적용하였다.

운동방정식(EQM)을 통하여 현재의 산림면적(stock)이 변화될 미래의 모습을 예측할 수 있다. 즉 모형수립을 위해 가정한 시간대별로(불연속모형의 경우) 자원이 변화하는 모습을 구할 수 있다. 이 연구에서는 2008년에 개발된 영급별 면적의 코호트식을 일부 변경하여 운동방정식으로 이용하였다[8]. 관리대상 산림의 운동방정식을 구성하는 요소는 현재의 산림면적, 연간 고사(枯死)면적, 벌채면적, 수종갱신 면적 등을 포함한다. 간벌(숙아베기)의 경우 면적의 변화가 없기 때문에 운동방정식에 포함되지 않으나, 간벌 대상면적의 변화에 따라 간벌량이 달라질 수 있다.

산림면적(stock)의 변화에 따라 벌채면적을 예상할 수 있으며, 목재는 주벌, 수종갱신, 숙아베기 등을 통해 공급하는 것으로 가정하였다. 숙아베기의 경우 2004년~2009년까지 실적자료의 평균을 이용하였다. 수종갱신은 총면

적 38만 7천 ha[17]의 리기다소나무림을 교체하는 사업으로 2012년부터 시작하는 것으로 가정하였다. 주벌의 경우 산림의 수종별, 소유별로 구분되는 기준 벌기령을 이용하여 벌채대상 양이 정해지는 것으로 가정하였다(산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙 제7조 제2항 및 제48조의 5 관련 별표3).

[Table 1] Thinning age by tree species

Tree species	age
Korean pine, Red pine, Japan cedar	15~25
Pitch pine, Oak	15~20
Japanese larch	10~20
Fir	20~30

Source: [17]

영급은 10년을 단위로 구분되므로 수령별 재적에 대한 정보를 구할 수 없다는 단점이 있다. 그러나 영급별 면적의 코호트 관계를 이용하여 매년 변화하는 영급의 면적을 구할 수 있다. 현재의 면적(stock)에서 시작하여 동태환경을 거쳐 벌채되고 조림되는 순환과정이 모형의 기준 시간대별로 반복해서 일어난다. 따라서 원하는 기간에 대한 문제를 해결하기 위해서는 기준 시간대(연간)별로 발생하는 벌채량을 이용하여 만든 값을 합하여 목적합수를 만들 수 있을 것이다. 벌채한 면적에 대해서는 즉각적인 조림을 원칙으로 한다. 따라서 조림면적 또한 계획에 따라 정해진다.

국내에서 생산하여 공급되는 목재의 양을 예측하기 위해서는 전체적인 산림면적의 변화를 예측하는 것이 우선이다. 산림면적함수는 농작물의 경지이용 구조분석 방법인 다중로짓모형(Multinomial Logit Model)을 이용하여 추정할 수 있다. 이 방법은 산림면적, 농경지면적, 기타면적과 농산식품 물가지수, 원목 물가지수, 농산물 및 석유류제의 소비자물가지수 등을 변수로 사용하는 SUR (Seemingly Unrelated Regression)방식을 적용하여 추정한다. 그러나 산림면적 감소가 현실적이지 않다는 판단 아래 이용하지 않았다[8]. 따라서 여기서는 로그-로그 방정식을 적용한 단순한 시계열 분석 방법을 이용하여 전체 산림면적을 추정하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 연도변수 계수의 경우 연도의 퍼센트 변화에 대한 산림면적의 변화를 나타내는 값이다. 연도가 높아질수록, 즉 미래로 갈수록 연간 퍼센트 변화는 줄어들므로 일정한 계수값(-0.3942)을 유지하기 위해서는 산림면적의 변화

도 줄어들게 되는 것이다. 즉 단기에 비해 장기로 갈수록 면적의 변화율이 감소하는 형태를 띠게 된다. 추정된 방정식을 이용하여 산림면적의 변화를 예측한 결과 2010년 637만 ha에서 2050년에는 약 2.9% 줄어든 619만 ha 정도 될 것으로 추정된다.

[Table 2] Estimates for equation of forest area

Variable	Coef.	t-value	P-value	R2=0.995 Pr(F>F*)=0.0000 D-h=0.35
Constant	5.159	2.186	0.0388	
Year	-0.394	-2.024	0.0543	
Previous year forest area	0.753	7.469	0.0000	

산림 영급 면적의 변화는 시간에 따라 변화하는 동태적 성격을 가진다. 즉 t기의 산림면적은 과거 t-k기의 산림면적에 종속될 수밖에 없고, t기의 (i)영급 산림면적은 t-1기 ~ t-10기의 (i-1)영급 면적에 의하여 영향을 받기 때문이다. 따라서 별체가 없다는 가정 하에서 t년도의 (i)영급면적은 t-1년 ~ t-10년의 (i-1)영급의 면적에서 t-1년 ~ t-10년 동안의 산불, 병충해, 수해, 풍해, 설해(雪害) 등의 재해로 인한 고사(枯死)면적을 제외한 부분이며, 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_t^i = \sum_{k=1}^{10} ((P_{t-k}^{i-1} - D_k^{i-1}) \times \frac{1}{10}) \quad (1)$$

여기서 P_t^i 는 t기의 (i)영급 산림면적, P_{t-k}^{i-1} 는 (t-k)기의 (i-1)영급 산림면적, D_k^{i-1} 은 k년 동안 (i-1)영급의 고사 면적으로서 매년 고사되는 (i-1)영급의 면적을 나타낸다. 각 영급의 면적은 10개 수령의 임목이 동일하게 분포되어 있다고 가정하였다.

매년 (i-1)영급의 생잔(生殘)면적이 전년도 (i-1)영급의 일정비율(δ)만큼 고사된다는 가정을 도입하면, 고사 면적은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_k^{i-1} = \delta(1-\delta)^{k-1}P_{t-k}^{i-1} \quad (2)$$

즉, t-k년에 (i-1)영급의 고사면적은 원래의 산림면적에서 t-k-1년 동안 병충해, 산불, 수해 등의 자연재해의 피해를 입지 않은 면적에 고사율을 적용한 면적을 나타낸다. 여기서 고사율은 일정하다고 가정하였다. 따라서 t

년도 (i)영급의 면적을 나타내는 식(1)은 다음과 같이 간편하게 나타낼 수 있다.

$$P_t^i = \sum_{k=1}^{10} ((1-\delta)^k P_{t-k}^{i-1} \times \frac{1}{10}) \quad (3)$$

한편 t년도 1영급의 산림면적 P_t^1 은 t-9년에서 t년도 까지 조립면적의 합과 같다. 따라서 t년도 (i) 영급의 산림면적은 다음과 같은 코호트 관계식을 만족한다.

$$P_t^i = \begin{cases} \sum_{k=1}^{10} (1-\delta)^{k-1} I_{t-(k-1)}, & i = 1 \\ \sum_{k=1}^{10} ((1-\delta)^k P_{t-k}^{i-1} \times \frac{1}{10}), & i = 2, 3, 4, 5 \\ \sum_{i=6}^{\infty} \sum_{k=1}^{10} ((1-\delta)^k P_{t-k}^{i-1} \times \frac{1}{10}), & i = 6 \end{cases} \quad (4)$$

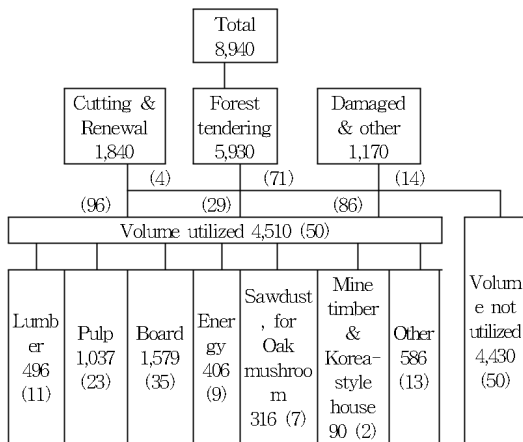
여기서 $I_{t-(k-1)}$ 는 t-(k-1)기의 조립면적을 나타낸다. 계산의 편리를 위하여 6영급은 6영급, 7영급, 8영급 등으로 나뉘어 별체되지 않고 남은 면적을 모두 포함하도록 하였다.

식 (4)에서 각 연도의 영급별 면적은 코호트 전망이 가능하다. 즉, t+10년도의 (i)영급면적은 t년도부터 t+9년도까지의 생잔면적으로 전망가능하다. 그러나 1영급의 면적전망은 0영급이 없기 때문에 향후 10년 동안의 조립면적을 이용하여 전망한다. t-1년도 별체면적은 t년도 조립면적과 동일한 것으로 가정하였다.

2011년 말에 마련된 『목재산업진흥 종합계획』[19] 가운데 기존의 산림을 이용한 목재공급 계획을 살펴보면 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 산림의 영급구조를 지속가능하게 개선하기 위해 벌기령에 달한 임목을 적기에 벌채하여 연간 약 15만 m³의 원목을 추가로 공급한다. 그 결과 2010년 연간 105만 7천 m³인 원목 공급량을 2016년에는 연간 2백만 m³까지 늘린다. 둘째, 2016년까지 불량림 14만 ha, 2020년까지 28만 ha에 대한 수종갱신으로 연간 약 60만 m³의 목재를 공급한다. 셋째, 벌채 및 숲가꾸기 산물에 대한 수집 및 활용도를 49%에서 60%수준으로 올려 현행 372만 m³에서 450만 m³로 확대한다. 이들 3가지 가운데 세 번째 목표는 어느 정도 달성되었기 때문에 첫 번째와 두 번째 목표를 달성하기 위한 목재공급 계획을 제시하기로 한다.

3.2 주벌 및 갱신

이 계획에서 제시하는 목재의 부피는 벌채량이 아니라 공급량을 나타내는 것이므로 벌채된 양에서 실제로 수집하여 공급하는 양의 관계를 이용하여 벌채량을 공급량으로 환산하여야 한다. 2012년 용도별로 국내재 이용현황을 분석한 산림청 내부 자료를 보면 주벌, 수종갱신, 숲가꾸기, 피해목·기타 등을 통하여 벌채한 양은 약 764만 m³에 이르지만, 실제로 수집하여 이용한 양은 전체 벌채량의 50%에 해당하는 451만 m³에 불과하다.



Unit: thousand m³, %.

Source: Korea Forest Service (unreleased data).

[Fig. 2] Domestic log volume utilized by applications in 2012

연간 15만 m³의 원목을 추가로 공급하기 위해서는 주벌 대상 임목 약 15만 6천 m³을 벌채해야 한다. Figure 2에 나타난 바와 같이 공급량은 생산량(벌채량)의 96%를 적용하였다. 분석에 이용하는 시업지 통계에 따르면 침엽수 국유림 면적은 전체 시업지의 9.7%, 침엽수 공사유림 48.4%, 활엽수 국유림 12.6%, 활엽수 공사유림 29.3% 등으로 분포되어 있다. 수종별·소유별 벌채량(부피)이 면적비율과 같다는 가정 하에 연간 추가 벌채량(15만 6천 m³)을 수종별·소유별로 배분하고, 배분된 벌채량을 해당 수종별·소유별 시업지 벌기령급의 헥타르당 부피로 나누어주면 추가적인 공급을 위한 벌채면적을 계산할 수 있다. 즉 평균벌기령이 63년인 침엽수 국유림의 경우 연간 벌채량 15만 6천 m³의 9.7%인 15.1천 m³가 배분되며, 6영급의 헥타르당 부피가 275m³이므로 벌채면적은 55ha가 된다. 마찬가지로 방법을 적용하면 침엽수 공사유림의 경우 평균벌기령 45년의 헥타르당 부피가 175m³이므로 75.6

천 m³을 벌채하기 위한 면적은 432ha가 된다. 활엽수의 경우에도 마찬가지로 평균벌기령 70년인 국유림의 경우 배분된 19.7천 m³을 195m³/ha로 나누면 101ha가 되며, 공사유림의 경우 45.7천 m³을 평균벌기령 50년의 헥타르당 부피인 128m³로 나누면 357ha를 매년 벌채하게 된다. 따라서 총 추가벌채면적은 945ha가 된다.

2010년 연간 원목벌채량(1,101천 m³, 원목공급량 1,057천 m³은 벌채량의 96%)이 각 수종별·소유별 면적의 비율과 동일하게 배분된다고 가정하면 추가벌채면적을 더한 계획 첫 해(2012년)의 벌채면적은 다음과 같다. 침엽수 국유림의 경우 연간 원목벌채면적 390ha와 추가벌채면적 55ha를 더한 445ha, 침엽수 공사유림의 경우 연간벌채면적 3,045ha와 추가벌채면적 432ha를 더한 3,477ha, 활엽수 국유림의 경우 연간벌채면적 711ha와 추가벌채면적 101ha를 합한 812ha, 활엽수 공사유림의 경우 연간벌채면적 2,518ha와 추가벌채면적 357ha를 합한 2,875ha 등이다.

[Table 3] Annual timber cutting plan Unit: ha

	2012	2013	2014	2015	2016
Con. in NF*	445	500	555	610	665
Con. in non-NF	3,477	3,909	4,341	4,773	5,205
Non-con in NF	812	913	1,014	1,115	1,216
Non-con in non-NF	2,875	3,232	3,589	3,946	4,303

Note: Con. stands for Conifer, NF for National Forest

불량림 수종갱신의 대상은 리기다소나무이다. 국유림의 경우 벌기령이 35년, 공사유림의 경우 25년으로 정해져 있다. 그러나 2004년에 조사한 북부지방산림관리청 [19] 내의 리기다소나무 면적을 살펴보면 4영급의 면적 비중이 가장 많은 80%를 차지하며, 5영급 이상의 수령에 해당하는 면적도 8%정도 되는 것으로 나타났다. 리기다소나무 전체 면적에 대하여 조사된 영급분포는 없는 실정이다. 따라서 리기다소나무 총면적 38만 7천 ha[16]를 북부지방산림관리청의 영급 분포와 같다고 가정하면, 5영급 이상에 해당하는 리기다소나무의 비중이 전체의 88% 정도를 차지한다. 10년의 기간을 고려하면 4영급 리기다소나무의 대부분은 5영급으로 성장했을 것으로 가정한 수치이다. 침엽수국유림에서 수종갱신을 위한 벌채는 리기다소나무의 5영급을 대상으로 하고, 연간 벌채면적

은 5.27천 ha이며, 헥타르당 부피는 20m³이다. 전체 시업지를 대상으로 2020년까지 28만 ha에 해당하는 수종갱신을 실시하기 위해서는 연간 약 3만 1,100 ha를 벌채하여야 하며, 여기서 공급되는 목재가 연간 60만 m³임을 고려할 때(이용비율 96%를 적용하면 생산은 62.5만 m³) 헥타르당 부피는 약 20m³가 된다. 따라서 연간 목재 벌채량은 10만 5,400m³가 된다. 불량림 수종갱신 면적 또한 각 소유별 시업지 면적에 비례한다고 가정하면, 2012년부터 2023년까지 침엽수 소유별 벌채면적은 아래와 같이 나타낼 수 있다. 최종 연도인 2024년의 경우 국유림은 2,550ha, 공사유림의 경우 12,450ha를 벌채하여 갱신함으로써 총 38만 7천 ha에 대한 갱신을 마무리하게 된다.

[Table 4] Species renewal plan Unit: ha

	Total	2012~2023	2024
Con in NF	65,790	5,270	2,550
Con. in non-NF	321,210	25,730	12,450

3.3 숲가꾸기

숲가꾸기 가운데 목재를 얻을 수 있는 작업은 간벌(숙아베기)에 한하는 것으로 가정하였다. 숙아베기 실적과 산물수집실적을 이용하여 헥타르당 생산실적을 계산하였는데, 산물수집실적은 산물생산실적에 비율 29%를 적용하여 계산하였다(Figure 2).

전체 숙아베기 실적을 수종별·소유별 산림으로 배분하기 위하여 시업지 전체 면적에서 해당 산림의 비중을 적용하여 계산하였다. 침엽수의 경우 수종별로 상이한 숙아베기 수령을 면적으로 가중하여 평균값을 계산하였는데, 그 결과 전체 숙아베기 면적 가운데 2영급에서 64%, 3영급에서 36%를 실시하는 것으로 가정하였다. 활엽수의 경우 2영급에서만 숙아베기를 실시하는 것으로 가정하였다(Table 1).

2004년부터 2009년까지 숲가꾸기를 통하여 생산된 평균 목재량[21]을 수종별·소유별로 구분하면 침엽수국유림의 경우 13만 6,700m³, 침엽수공사유림 74만 3,500m³, 활엽수국유림 18만 3,900m³, 활엽수공사유림 39만 8,600m³ 등이 된다. 전체 면적에 대한 사업면적을 보면 침엽수의 경우 국유림 7.1%, 공사유림 4.1%로 낮게 나타난다. 반면 활엽수는 국유림 14.2% 공사유림 9.9% 등 침엽수보다 높은 것으로 나타났다.

[Table 5] Thinning area and output from thinning by species and by ownership

Unit: thousand ha(%), thousand m³

Year	Con. N.F.		Con. non-N.F.		Non-con N.F.		Non-Con non-N.F.		Total	
	area	output	area	output	area	output	area	output	area	output
2004	6.3 (8.4)	56.6	34.9 (4.8)	314.9	8.4 (17)	76.1	18.8 (11)	169.9	68.4	617
2005	5.7 (7.6)	75.7	32.0 (4.5)	422.8	7.7 (15)	102.3	17.1 (11)	226.7	62.5	827
2006	5.2 (6.9)	87.4	28.7 (4.0)	481.3	7.0 (14)	118.0	15.4 (10)	257.9	56.3	945
2007	4.4 (5.8)	122.2	24.0 (3.4)	666.5	5.9 (11)	163.6	12.9 (8)	358.0	47.2	1,310
2008	4.7 (6.1)	211.4	25.2 (3.6)	1142.7	6.3 (12)	285.0	13.5 (9)	612.7	49.6	2,252
2009	6.0 (7.8)	266.8	32.3 (4.6)	1432.7	8.1 (15)	358.5	17.3 (11)	766.2	63.7	2,824
Avg	5.4 (7.1)	136.7	29.5 (4.1)	743.5	7.2 (14.2)	183.9	15.8 (9.9)	398.6	57.9	1,463

Note: Con. stands for conifer, and N.F. for national forest.

헥타르당 생산실적을 헥타르당 부피로 나누면 숙아베기의 강도를 구할 수 있다. 침엽수의 경우 2영급 64%와 3영급 36%의 가중평균으로 헥타르당 부피를 계산하며, 활엽수의 경우 2영급의 헥타르당 부피로 계산하였다. 각 소유별·수종별 숙아베기 강도(2004년~2009년 평균)는 침엽수국유림24.3%, 침엽수공사유림 32.3%, 활엽수국유림 48.8%, 활엽수공사유림 56.1% 등인 것으로 나타났다.

3.4 피해지 및 기타

피해지와 기타에 대한 벌채량은 임업통계연보에 기록된 임목벌채허가실적을 이용하였다. 2004년부터 2009년까지의 평균 벌채 재적을 각 수종별·소유별 시업지 면적 비중으로 구분하여 계산하였다.

[Table 6] Volume from damaged and other forest by species and by ownership

Unit: thousand m³

	Total	Con. N.F.	Con. non-N.F.	Non-con N.F.	Non-Con non-N.F.
Volume	311.6	30.2	150.8	39.3	91.3

Note: Con. stands for conifer, and N.F. for national forest.

4. 전 망

코호트 관계식에 필요한 고사율(δ)은 전체 산림면적에 대한 피해지 및 기타 면적(임업통계연보, 벌채허가실

적)의 비율로 정하였는데, 2000년부터 2010년까지의 평균 면적이 11.9천 ha이며, 전체 산림면적에 대한 평균 비율이 0.0017이다[17,21]. 2011년과 2012년 시업지 및 제한지 면적은 2010년과 동일하다고 가정하였다.

연도별 벌채 계획에 따라 2016년까지 주벌을 통하여 목재를 공급하고, 그 이후에도 지속적으로 연간 945ha에 대한 추가적인 벌채를 실시하는 것으로 가정하였다. 갱신의 경우 2020년까지 계획되어 있으나, 리기다소나무림 전체를 갱신하기 위하여 2024년까지 지속적으로 벌채하는 것으로 가정하였다. 헥타르당 부피는 20m³를 적용하고 갱신대상은 침엽수 5영급에 한하여 실시하는 것으로 가정하였다. 따라서 산림면적의 변화를 나타내기 위하여 2025년까지 5영급 코호트 관계식에서 전년도 갱신면적을 빼주게 된다. 리기다소나무의 갱신이 완료되는 2024년부터는 연간 갱신면적 만큼 주벌면적을 늘려 벌채를 시행하는 것으로 가정하였다. 그러나 연간 벌채작업을 실시하는 전체 면적이 지속가능한 목재생산을 위한 면적, 즉 전체면적을 벌기령으로 나눈 면적을 넘을 수 없도록 제한하였다. 수종별·소유별 산림의 연간 최대 벌채면적은 침엽수국유림의 경우 2010년 시업지 면적을 평균벌기령이 63년으로 나누면 7.5천 ha가 되며, 침엽수공사유림의 경우 52.3천ha(2,352천ha/45년), 활엽수국유림 8.7천ha(611천ha/70년), 활엽수공사유림 28.5천ha(1,425천ha/50년) 등이 된다.

이상의 계획에 따른 경우 영급별 면적의 변화는 Table 7과 같이 나타난다. 2010년 전체 시업지의 7.7%에 불과하던 6영급의 면적이 시간이 지남에 따라 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 6영급의 면적은 증가와 감소를 반복하는데, 전체 시업지에 대한 비율이 2030년에 72.8%로 늘어났다가 2060년에 67.6%로 감소한 후 다시 증가하여 2100년에는 72.6%를 차지할 것으로 분석된다. 반면 다른 영급의 면적은 2090년에 각각 5.5~6.1%의 면적분포를 보였으나 6영급 면적 비율의 증가와 함께 점진적으로 감소하여 2100년에는 5.3~5.6%로 하락할 것으로 보인다.

목재산업진흥 종합계획의 공급계획에 따라 산림을 관리할 경우, 2025년부터 주벌채 면적이 크게 증가하여 벌채량은 11,274천m³에 이를 것으로 전망된다. 주벌채 면적이 증가하는 이유는 수종갱신이 끝난 2025년부터 갱신면적 만큼 주벌채 면적을 증가시켰기 때문이다. 따라서 주벌에 의한 목재생산이 전체의 93~95%에 이를 것으로 보인다. 2영급과 3영급의 면적에 좌우되는 숲아베기 생

산량은 2020년까지 감소할 것으로 예상되며, 그 이후 2058년까지 증가한 후 다시 감소하는 것으로 나타났다.

[Table 7] Estimation of forest area by age classes and by year Unit: thousand ha, %

Year	Total	Production forest					Non-production forest
		Sub-total	1	3	5	6	
2000	6,263	4,845	435	1,947	287	73	1,418
		(100)	(9.0)	(40.2)	(5.9)	(1.5)	
2010	6,166	4,861	133	1,096	1,099	374	1,305
		(100)	(2.7)	(22.5)	(22.6)	(7.7)	
2020	6,331	4,977	288	209	968	2,869	1,355
		(100)	(5.8)	(4.2)	(19.4)	(57.6)	
2030	6,283	4,939	359	232	255	3,596	1,344
		(100)	(7.3)	(4.7)	(5.2)	(72.8)	
2040	6,234	4,900	367	303	194	3,448	1,334
		(100)	(7.5)	(6.2)	(4.0)	(70.4)	
2050	6,185	4,862	367	312	252	3,307	1,323
		(100)	(7.6)	(6.4)	(5.2)	(68.0)	
2060	6,137	4,824	359	313	265	3,260	1,313
		(100)	(7.4)	(6.5)	(5.5)	(67.6)	
2070	6,090	4,787	340	308	269	3,257	1,303
		(100)	(7.1)	(6.4)	(5.6)	(68.0)	
2080	6,043	4,750	319	295	266	3,282	1,293
		(100)	(6.7)	(6.2)	(5.6)	(69.1)	
2090	5,997	4,714	289	279	258	3,333	1,283
		(100)	(6.1)	(5.9)	(5.5)	(70.7)	
2100	5,952	4,678	262	257	247	3,398	1,273
		(100)	(5.6)	(5.5)	(5.3)	(72.6)	

[Table 8] Volume of annual cut Unit: thousand m³

Year	Total	Conifer					Non-conifer			
		Sub-total	Cutting	Renewal	Damaged and other	Thinning	Sub-total	Cutting	Damaged and other	Thinning
2015	3,689	2,438	1,246	620	181	391	1,252	870	131	251
2020	4,444	2,850	1,811	620	181	238	1,594	1,263	131	201
2025	12,137	10,112	9,616	0	181	315	2,024	1,668	131	236
2030	13,149	10,697	10,104	0	181	412	2,452	2,052	131	270
2035	14,115	11,231	10,593	0	181	457	2,884	2,447	131	307
2040	15,029	11,722	11,081	0	181	460	3,306	2,841	131	335
2045	15,923	12,200	11,569	0	181	450	3,723	3,236	131	357
2050	16,811	12,677	12,057	0	181	439	4,134	3,630	131	374

목재 생산 추이(Table 8)에 2012년 국산목재 이용률(Figure 2)을 적용했을 경우 2050년까지 Table 9에 나타난 부피의 국내재를 이용할 수 있을 것으로 전망된다.

[Table 9] Available domestic log volume by cutting methods Unit: thousand m³

Year	Total	Conifer					Non-conifer			
		Sub-total	Cutting	Renewal	Damaged and other	Thinning	Sub-total	Cutting	Damaged and other	Thinning
2015	3,081	2,000	1,196	595	156	113	1,020	835	112	73
2020	3,942	2,559	1,739	595	156	69	1,383	1,212	112	58
2025	11,251	9,479	9,232	0	156	91	1,772	1,591	112	68
2030	12,136	9,975	9,700	0	156	119	2,160	1,970	112	78
2035	13,007	10,457	10,169	0	156	133	2,550	2,349	112	89
2040	13,863	10,927	10,637	0	156	134	2,937	2,727	112	97
2045	14,714	11,392	11,106	0	156	130	3,322	3,106	112	104
2050	15,563	11,858	11,575	0	156	127	3,706	3,485	112	108

이용 가능한 국내재를 2012년 국내재 이용률(Figure 2)을 적용하여 구분하여 보면 Table 10과 같이 나타난다. 제재용과 펄프용 그리고 보드용만 계산할 경우 2015년에 공급 가능한 국내재는 2,126천 m³가 된다.

[Table 10] Available domestic log volume by applications Unit: thousand m³

Year	Total	Lumber		Pulp		Board		Sawdust	Other
		Con.	Non-con.	Con.	Non-con.	Con.	Non-con.		
2015	3,081	227	112	474	235	721	357	216	739
2020	3,942	281	152	589	318	896	484	276	946
2025	11,251	1,043	195	2,180	408	3,318	620	788	2,701
2030	12,136	1,097	238	2,294	497	3,491	756	849	2,913
2035	13,007	1,150	280	2,405	586	3,660	892	910	3,122
2040	13,863	1,202	323	2,513	675	3,824	1,028	970	3,327
2045	14,714	1,253	365	2,620	764	3,987	1,163	1,030	3,531
2050	15,563	1,304	408	2,727	852	4,150	1,297	1,089	3,735

목재품에 관한 연구결과[22]를 보면 2015년 제재목, 보드류(합판, 보드), 펄프 등의 목재품을 국내에서 생산하거나 수입한 목재품을 위해 필요한 원목은 총 13,861천 m³(Table 11)인 것으로 나타났다. 제재용 침엽수의 수요량이 가장 많은 것으로 나타나지만 연간 1.2% 수준으로 줄어들고, 보드용 침엽수와 펄프용 활엽수의 경우 공급의 증가와 함께 원목 수요량이 증가하여 2050년에는 4,241천 m³와 2,434천 m³ 정도가 필요할 것으로 전망하였다.

[Table 11] Outlook of log volume demand by wood products Unit: thousand m³, %

Year	Total	Lumber		Plywood	Pulp		Board	
		Con.	Non-con.		Con.	Non-con.	Con.	Non-con.
2010	15,202	6,847	550	1,066	492	1,809	3,995	444
2015	13,861	5,970	408	1,279	477	1,988	3,366	374
2020	13,642	5,667	408	1,172	477	2,044	3,487	387
2025	13,457	5,393	408	1,067	477	2,105	3,606	401
2030	13,299	5,136	408	972	477	2,167	3,726	414
2035	13,166	4,891	408	884	477	2,231	3,848	428
2040	13,061	4,659	408	805	477	2,297	3,974	442
2045	12,981	4,439	408	733	477	2,364	4,105	456
2050	12,927	4,229	408	667	477	2,434	4,241	471
Annual variation rate	-0.4	-1.2	-0.7	-1.2	-0.1	0.7	0.1	0.1

Source: Table 18 in [22] at page 471.

Table 10에 나타난 목제품 생산을 위해 이용 가능한 국내재의 부피와 Table 11에 나타난 예상되는 수요량만큼의 목제품을 생산하기 위해 필요한 목재의 부피를 비교해보면 목제품에 대한 국내재 자급률을 계산할 수 있다. 2015년 제재용, 펄프용, 보드용 국내재의 자급률은 약 15%에 불과한 것으로 나타났다. 그러나 2050년에 이르면 자급률이 83% 정도 될 것으로 전망되었다. 품목별로 보면, 제재용 침엽수의 경우 2050년 공급 가능량이 1,304천 m³로 수요량 4,229천 m³의 약 31%에 불과할 것으로 전망된다. 침엽수 보드용의 경우 2050년 공급이 가능한 물량이 4,150천 m³이며, 필요한 수요량은 4,241천 m³로 자급률이 약 98%에 달하는 것으로 나타났다.

목제품 원목 환산량과 국내재 이용 가능량의 차이는 원목의 형태로나 제품의 형태로 외국으로부터 수입하여야 하는 부피를 나타낸다. 전체적인 원목 수요 감소와 국내재 공급의 증가, 즉 자급률 증가로 인해 수입량은 감소하는 것을 알 수 있다.

5. 요약 및 결론

정부의 목재산업진흥 종합계획에 기초하여 장기적인 산림의 영급구조와 국내재 공급 가능성에 대해 살펴보았다. 목재는 주벌과 수종갱신, 피해지 벌채, 숲야베기 등을 통하여서만 공급된다고 가정하였다. 따라서 모형구축을 위하여 고려한 요소로는 영급별 산림면적, 벌채면적, 벌

기령, 간벌시기, 산림면적에 대한 피해지 비율, 수종갱신 대상 면적 등이다. 영급별 면적의 동태적인 변화를 추정하기 위하여 코호트 관계식을 이용하였다. 공급부문 모형분석 결과 2010년 전체 시업지의 7.7%에 불과하던 6영급 면적이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 그 결과 2100년에는 전체 시업지의 약 73% 정도를 차지할 것으로 분석되었다. 목재공급에 있어서는 주벌에 의한 생산이 93~95%를 차지할 것으로 예상된다. 그 이유는 수종갱신이 끝난 2025년부터 갱신면적 만큼 주벌채 면적을 증가시켰기 때문이다. 선행연구에서 나타난 주요 목제품의 2050년까지 수요와 목재공급 모형을 이용하여 전망한 국내 목재 공급을 비교한 결과, 2015년 목제품 생산을 위해 필요한 원목 1,386만 m³ 가운데 공급 가능한 국내재가 213만 m³로 자급률이 약 15%에 불과할 것으로 전망된다. 그러나 2050년에 이르면 자급률이 83% 정도로 높아질 것으로 예상된다.

모형구축 과정에서 자료의 부족과 자료에 대한 신뢰성은 미래에 대한 불확실성을 더욱 증가시키는 요인으로 작용하였다. 예를 들면 2010년의 영급별 면적이 2009년과 상당한 차이를 보이는데, 조사방법의 변화로 인해 발생한 것인지 알 수 없지만 현실적이지 못하다고 생각된다. 또한 모형의 구조적인 측면에서 보면 경제적 최적화 문제를 해결하기 위한 것이 아니라 주어진 계획, 즉 법적 벌기령과 정부의 예산에 따라 해가 결정되기 때문에 산림의 경제적 가치와는 무관하게 비효율적인 해를 도출하게 되는 경향이 있다. 이러한 단점에도 불구하고 목재시장에 관한 모형을 구축함으로써 미래의 목재공급에 대한 예측이 가능하게 되었으며, 목제품 시장분석 결과와 조합하여 목재의 수요와 공급에 대한 중장기적인 전망이 가능하게 되었다는 데서 이 연구의 의의를 찾을 수 있다.

References

[1] Lee, Sang-Min, Kim, Kyeong-Duk and Song, Seong-Hwan. 2013. 『The Supply and Demand Model and Outlook of Korean Forest Products』. R706. Korea Rural Economic Institute.

[2] Lee, Gwang-Won. 1980. Expectation of wood demand by input output analysis. *Journal of Rural Development* 3(4): 75-83.

[3] Kim, Jang Soo and Ho Tak Park. 1980. "Study on the Long-Term Demand Projections for Timber in Korea".

Journal of Korean Forestry Society 50: 29-35.

[4] Yum, Sang Cheol. 1992. An analysis of timber demand and supply in the republic of Korea. Seoul National University.

[5] Youn, Yeo-Chang and Kim, Eui-Gyeong. 1992. "A study on the Demand for Timber in South Korea - with an Emphasis on the Long-term Forests". *Journal of Korean Forestry Society* 81(2): 124-138.

[6] Jang, Woo-Whan and Seok, Hyun-Deok. 1993. "A study on the Demand Outlook for Timber by Application". *Journal of Rural Economics* 16(3): 69-85.

[7] Joo, Rin Won and Lee, Seong Youn. 1998. "Development of an Econometric Model to Project Trends in Forest Products Markets in the Republic of Korea". *Journal of Forest Science* 58:72-92.

[8] Lee, Sang-Min, Chang, Cheol-Su and Kim, Kyeong-Duk. 2008. 『Modelling Supply-demand Structure and Outlook of Korean Timber』. R573. Korea Rural Economic Institute.

[9] Lee, Kyeong Hak, Son, Yeong Mo and Chung Young Gyo. 1997. Long-term Projection of Forest Resources in Korea. *Journal of Forest Science* 56: 152-162.

[10] Binkley, C.S., M. Percy, W. A. Thomson and Ilan B. Vertinsky. 1994. A general equilibrium analysis of a reduction in harvest levels in British Columbia. *The Forestry Chronicle* 70(4): 449-454. DOI: <http://dx.doi.org/10.5558/tfc70449-4>

[11] Lin, C.I. 1996. Processing and exporting raw materials: A computable general equilibrium analysis of the Indonesian log and plywood industries. *Canadian Journal of Development Studies* 17(1):7-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02255189.1996.9669637>

[12] Vincent, J.R. 1992. A simple nonspatial modeling approach for analyzing a country's forest-products trade policies. pp43-54 in R. Haynes, P. Harou and J. Mikowski (Eds.) *Forestry Sector Analysis for Developing Countries*, University of Washington, Seattle.

[13] Manurung, E.G.T and J. Buongiorno. 1997. Effect of the Log Export Ban Policy on the Forestry Sector of Indonesia. *Journal of World Forest Resource Management* 8: 21-49.

[14] Adams, D.M., and R.W. Haynes. 1980. The 1980 softwood timber assessment market model: Structure, projections, and policy simulations. *Forest Science Monograph* 22.

[15] Adams, D.M., and R.W. Haynes. 1989. A model of national forest timber supply and stumpage markets in the Western United States. *Forest Science* 35(2):401-424.

[16] Sedjo, R.A., and K.S. Lyon. 1990. *The Long-Term Adequacy of World Timber Supply*. Resource for the future, Washington D.C.

- [17] Korea Forest Service. 2010. 『Statistical Yearbook of Forestry』.
- [18] Korea Forest Research Institute. 2005. 『Standard manual for sustainable forest resource management』.
- [19] Korea Forest Service. 2011. The wood industry buildup master plan(2012~2016).
- [20] Northern Regional Office of the Korea Forest Service. 2005. Harvest and renewal action plan of Pitch Pin trees related to the supply of domestic industrial wood. <http://www.forest.go.kr>.
- [21] Korea Forest Service. 2004~2009. 『Statistical Yearbook of Forestry』.
- [22] Lee, Sang-Min, Kim, Kyeong-Duk, Song, Seong-Hwan and Pak, Ji-Eun. 2014. Outlook of wood products markets with supply and demand model. Journal of Korean Forestry Society 103(3): 462-472.

이 상 민(Sang-Min Lee)

[정회원]



- 2000년 10월 : 일리노이대학교 농업경제학과 (농업경제학박사)
- 2001년 8월 ~ 2004년 4월 : 한국 해양수산개발원 책임연구원
- 2004년 5월 ~ 현재 : 한국농촌경제연구원 연구위원

<관심분야>

자원경제학, 동태분석

김 경 덕(Kyeong-Duk Kim)

[정회원]



- 1993년 2월 : 서강대학교 경제학과 (경제학박사)
- 1987년 1월 ~ 현재 : 한국농촌경제연구원 연구위원
- 1995년 6월 ~ 1996년 5월 : UNDP 능력개발전략 켈라라 인디아 연구위원

<관심분야>

정보경제학, 경제개발