

산림 Biomass 자료 현황 및 DB 구축 방향

손 영 모

(국립산림과학원 산림평가과)

1. 산림 biomass

기본적으로 산림관련 기관에는 재적단위로 표현되는 임목측정 자료가 아주 많이 축적되어 있으며, 이를 건중량으로 전환하여 여러 방면에 이용하는 것은 어느 정도 부정확하다 하더라도 매우 흥미로운 일이 아닐 수 없다. 그러나 여기서 신뢰할 수 있는 전환인자를 이용해야한다는 것은 필수적인 일이다.

19세기초 독일의 유명한 학자인 Hartig는 그의 연구저서인 “Dox Holz der Rotbuche”에서 여러 가지 도해를 이용하면서 바이오매스, 즉 건중량에 대한 중요성을 역설한 바 있었으나, 학계에서는 무관심으로 일관되다가, 이 분야연구에 관한 실질적인 개척자로 알려진 Jensen(1932)과 Bürger(1929-1953)에 의해 활성화 되었다고 볼 수 있다.

그후 20세기 중반에 들어 바이오매스에 관한 연구는 Senda et al.(1952)과 Ovington(1957) 등에 의해 활기를 띠게 되었으며, 국가차원으로는 미국, 일본, 벨기에, 캐나다 등을 중심으로 급속히 진행되었다. 학술단체 활동에 있어서는 IUFRO가 산림 바이오매스 연구(1971), IUFRO 바이오매스 연구(1973), Oslo 바이오매스 연구(1976) 등의 심포지엄을 개최한 것이 시발점이 되어 이후 많은 학술활동이 진행되었다. 특히 캐나다 임산에너지 프로젝트(ENFOR)에서는 산림 바이오매스 조사 표준화(1988)를 위하여 일련의 활동과 이에 관련된 많은 문헌을 발표한 바 있으며(Alemdag and Bonner, 1985), 미국 서부 Virginia대학의 Biomass and Bioenergy학회 역시 현재까지 많은 관련 연구를 수행해 오고 있다. 연구의 최고조는 '70년대 석유파동이 일어나면서 재생가능한 에너지인 목질계 바이오매스에 관심이 급증하면서부터이며, 아마 수천의 논문들이 양산되었으리라 생각된다.

기본적인 바이오매스 연구의 지침서가 된 문헌으로서는 미국 Lieth(1978)의 “생태계의 일차생산”에 관한 논문과 일본의 Shidei and Kira(1977), Kira, Ono and Hosokawa(1978)에 의한 “산림생산성에 대한 연구” 등이 있다. 또 프랑스에서는 IBP위원회의 후원 하에 “생태학의 문제 : 육상생태계의 구조와 기능”이라는 텍스트북이 발간되어 여러 분야에 영향을 미쳤다.

20세기 말에 들어 바이오매스 연구는 다소 주춤하였으며, 연구의 입지가 축소된 것은 사실이다. 그러나 기후변화협약이 이루어지고 이에 따라 각국은 온실가스 저감 및 흡수기능을 갖는 산림 바이오매스에 대해 다시 지대한 관심을 갖기 시작하였으며, 새로운 바이오매스 연구 전환점의 계기가 마련되었다고 볼 수 있다. 이러한 시점에서 우리나라도 국토면적 64%이상의 산림을 보유한 나라로서 그동안 국지적/과생적으로 연구되던 바이오매스 연구를 한 단계 upgrade 할 수 있는 국면을 맞이하게 되었으며, 이에 따라 그동안의 바이오매스 자료 수집 및 분석 동향, 추후 연구의 추진 등에 대하여

견해를 밝히고자 한다.

2. 자료 현황

'70년 ~ '00년 초까지의 바이오매스 연구에 의한 자료구축 결과를 문헌정리한 결과, 학계에서는 잣나무 등 23수종 99개소 조사구 자료, 산림청(국립산림과학원)에서는 11개 수종 33개소 조사구 자료를 보유하고 있는 것으로 나타났다. 물론 국내의 모든 자료를 망라하였다고는 볼 수 없지만, 임학/생물학 주요 학술지를 근거로 조사되었으므로 대부분의 자료는 수집되었을 것으로 판단된다. 그리고 특히 과학원에서 보유하고 있는 자료는 기후변화협약 발효에 따른 국내 산림 바이오매스량 파악 및 탄소관련 계수를 도출하기 위하여 연구가 수행된 결과이며, 뿌리부분까지를 포함하는 자료였다. 또한 과학원에서는 잣나무 등 8개 주요 수종에 대하여 생중량 및 건중량 측정 및 중량표를 제작할 시 조사하였던 수간 바이오매스 자료 840개 개체목 자료가 있어, 바이오매스 확장계수 및 탄소전환계수 등이 확정될 시 개체목에 대한 탄소 저장량 등의 계산도 가능할 것으로 판단된다.

다음은 우리나라와 일본과의 바이오매스 자료 구축현황을 비교한 것이다. 표에서 일본과의 바이오매스 자료 구축현황과 비교할 때, 국내 바이오매스 자료의 현실을 충분히 인지할 수 있다.

< 표 1 > 바이오매스 조사 자료 구축 현황 비교

자료 수집처	국 내		일 본	
	수 종	조사 개소수	수종	조사 개소수
계	23	132	9	994
기존 문헌	23	99	9	685
산림청(과학원)	11	33	9	221
기타 (환경성)			8	38

3. 바이오매스 연구 추진 및 DB 구축 방향

3.1. 바이오매스 DB 구축의 필요성

2005년 기후변화협약 당사국 총회(COP 11)에서는 LULUCF 온실가스 통계의 적정성 판정기준을 마련하자는 의견이 개진되어, 각 활동조정치의 9%를 초과할 시 탄소 배출권 발행이 불가함을 결정한 바 있다. 산림 활동별 탄소축적 및 흡수량 계산은 다음과 같이 할 수 있다.

$$\text{탄소축적/흡수량} = \text{임목축적} \times \text{탄소계수}^*$$

(* ; 목재밀도, 바이오매스 확장계수, 탄소 전환계수)

또한 우리나라 전체 온실가스 통계 추정치의 오차는 다음과 같이 계산되어 진다.

$$\text{온실가스통계 추정치 오차} = \sqrt{(\text{임목축적 추정오차})^2 + (\text{탄소계수 추정오차})^2}$$

- 국가산림자원조사
에 근거한
고정된 자료

- 목재밀도, 바이오
매스 확장계수 등
조사/분석할 자료

오차 계산식에서 보듯이 임목축적 추정오차는 국가산림조사에서 수집되는 자료를 그대로 이용하는 것이므로, 현지조사에서의 오차만 최소화시키면 될 것이지만, 탄소계수 추정오차는 앞서 언급한 바 있듯이 목재밀도, 바이오매스 확장계수, 탄소전환계수 등의 자료를 이용하여야 하는 오차 발생 요인이 존재하고 있다. 따라서 여기에서의 오차를 줄이기 위해서는 현지 표준지 조사구수의 확대, 정밀한 조사 및 분석에서의 오차 감소만이 유일한 길이다.

3.2. 바이오매스 연구 방향

3.2.1. 조사 대상

- 대상 수종 : 11수종
- 인공림 : 잣나무, 낙엽송 등 5수종
- 천연림 : 상수리나무, 소나무 등 6수종

3.2.2. 조사 규모

- 규모 : 총 625개소

< 표 2 > 변이계수를 고려한 바이오매스 조사 규모

임상/수종	변이계수	표준지 개소 수*	적정 표준지 개소수
인공림(잣나무 등)	0.4	28	30 ~ 40개소
천연림(참나무 등)	0.6	64	70 ~ 80개소

* ; 허용오차 5% 수준에서의 표준지 개소 수

3.2.3. 조사 항목

- 지황 및 임황조사 : 지형, 방위, 해발고, 임령, 수고, 직경 등
- 바이오매스조사
 - 지상부 및 지하부 바이오매스, 고사목, 부식층, 토양유기물
- 임목 벌채 방출량 및 임내 잔존물

3.2.4. 분석

- 부위별 바이오매스 추정식 개발
 - 영향인자 : 직경 및 수고
 - 종속인자 : 줄기, 가지, 잎, 뿌리, 고사목 바이오매스
 - 추정식 형태 : 회귀식, 단순식 등
 - 통계적 유의성 검정, 불확실성 평가
- 목재기본밀도
 - 각 표본목의 줄기밀도 : 줄기 건중량(g) / 재적(cm³)
- 바이오매스 확장계수
 - 각 표본목의 지상부와 임목전체 바이오매스 / 줄기 바이오매스
- 바이오매스 전환계수
 - 줄기 목질부, 수피, 가지, 잎, 뿌리 바이오매스 / 줄기 바이오매스
- 부식층 바이오매스 추정
- 토양 유기물 바이오매스 추정

4. 미래 바이오매스 연구

산림 바이오매스에 대한 앞으로의 연구는 과연 어떻게 될까?

이것에 대한 기본적 해답은 사실을 알고자 하는 과학적인 동기가 이 연구를 지속시킬 것이라고 생각할 수 있다. 그러나 이것이 꼭 이 분야에 관계되는 연구를 가속화하는데 충분한 요건이라고는 볼 수 없다. 진정한 가속화 요인은 세계의 에너지 위기와 원유 위기에서 오는 경제와 기술 측면의 현실적인 동기일 것이다. 따라서 앞으로 바이오매스 연구에 있어 중시해야 할 점의 하나는 임목의 에너지로의 전환이용 최대화를 들 수 있겠다. 일례로, 캐나다의 '재생에너지 자원국(RERB)'은 이 나라의 잠재적 에너지원으로서 산림 바이오매스에 관하여 연구보고서 'Tree Power'에서 바이오매스에 대한 커다란 가능성과 현실성을 제시한 바 있다.

본 바이오매스연구에 대한 국외동향을 언급하면서 우리 입장에서 되짚어 보아야 할 것은 연구의 유행성을 말할 수 있겠다. 1970년 후반부터 석유과동에 따라 대체에너지 개발의 일환으로 각광을 받던 바이오매스연구는 '80년대에 이르러 소나무류를 중심으로 일부 참나무류에 대한 많은 연구가 수행되었으나, 사회적 관심이 멀어지면서 점차 연구활동이 저조해지게 되었다. 그후 '90년대 들면서 일부 산림생태계의 물질생산에 관련된 기본적인 몇몇 연구 외에는 거의 이루어지지 않고 있다.

그러나 앞으로 주요 에너지를 전량 수입하고 있는 상황에서의 대체 에너지화와 현재 국제적 최대 논쟁(issue)중의 하나인 온실가스 흡수원으로서의 산림자원 이용문제는 필수적이 될 것으로 보인다. 또한 앞으로 펄프나 보드류 수요의 증가와 불량소경목, 수피, 잎, 열매 등의 이용에 있어 계량단위를 확정하여야 한다는 측면에서 국내외 목재시장에서의 중량단위의 거래가 점차 일반화될 것으로 보인다. 또 목재가공기술이 발전되

면서 고사목과 뿌리 등의 이용이 확대되어가고 있는 이 시점에 계량에 있어 중량단위의 도입은 필수적이다.

따라서 이러한 모든 문제의 근간이 될 바이오매스에 대한 연구는 매우 중요한 기초연구 사업이라고 생각되며, 이에 대한 지속적이고 다양한 연구가 기대된다.

5. 연구에 따른 기대효과

- 기후변화협약 및 교토의정서 대응 국가보고서 작성을 위한 기본 자료
- 온실가스통계 국가보고서의 신뢰성 향상 및 국가 고유 자료 확보
- 산림자원의 에너지화 및 기타 공공자원으로서의 가치 재평가
- 국내 산림생태계 물질생산량 DB 구축 및 탄소순환모델 개발 기반 구축
- 수종별, 부위별 바이오매스 생산량 추정식 개발 및 생산량 표 작성