

소면적의 산림축적량 추정을 위한 합성추정법의 적용

임종수¹ · 한원성² · 정일빈² · 김성호² · 신만용^{1*}

¹국민대학교 산림자원학과, ²국립산림과학원 산림자원정보과

Application of Synthetic Estimator for Estimating Forest Growing Stock Volumes at the Small-Area Level

Jong Su Yim¹, Won Sung Han², IL Bin Jung², Sung Ho Kim² and Man Yong Shin^{1*}

¹Department of Forest Resources, College of Forest Science, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

²Division of Forest Resource Information, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

요약: 제5차 국가산림자원조사는 국가단위의 산림자원 통계량을 산출하기 위해 설계되어 2006년부터 야외 표본점 자료를 수집하고 있다. 하지만, 표본의 개수가 적은 소면적 시군구의 산림통계를 산출하기 위해서는 보정자료를 이용하는 소면적 추정기법의 적용이 요구된다. 본 연구에서는 야외 표본점의 위치정보를 활용할 수 있는 공간통계기반 합성추정법을 적용하여 소면적 시군구의 임상별 산림면적 및 ha당 평균축적 등을 추정할 수 있는 방안을 제시하기 위해 수행하였다. 먼저 조사된 표본점은 수종별 흉고단면적의 비율에 의해 임상별로 사후층화되었다. 합성추정법을 적용하기 위하여 목표 시군과 인접하는 시군들을 하나의 가상 시군으로 설정한 후, 이러한 가상 시군에 포함되는 표본점 자료를 산림통계량 산출에 이용하였다. 합성추정법에 의한 임상별 비율은 임상도와 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편, 합성추정법에 의한 임상별 ha당 평균축적은 표준오차가 $\pm 3.5 \text{ m}^3/\text{ha} \sim \pm 7.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ 로 직접추정에 의한 표준오차($\pm 7.8 \text{ m}^3/\text{ha} \sim \pm 24.7 \text{ m}^3/\text{ha}$)보다 낮아 상대적으로 정확한 추정치를 나타내었다.

Abstract: Since 2006, the 5th National Forest Inventory (NFI) has been implemented to provide forest resources statistics at the national level and at the county level as well. However, it needs a small-area estimator for estimating forest statistics at the county-level due to a small number of samples collected within a county. This study was conducted to evaluate the applicability of a geographical-based synthetic estimator for estimating forest growing stock volumes at the county level. The NFI-field plots surveyed were post-stratified into three forest cover types. In the synthetic estimator, field plots within a geographical-based super-county for each county were used to estimate stratum weights and stratum mean volumes. It was resulted that estimated stratum weights using the synthetic estimation were significantly differ from forest cover maps. The standard errors of estimated mean by the synthetic estimation that ranged from $\pm 3.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ to $\pm 7.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ were more smaller than those ($\pm 7.8 \text{ m}^3/\text{ha} \sim \pm 24.7 \text{ m}^3/\text{ha}$) by the direct estimation. This means that the synthetic estimation is possible to provide more precise estimates of mean volumes.

Key words: national forest inventory, forest growing stock, small-area estimation, synthetic estimator, super-county, post-stratification

서론

우리나라의 국가산림자원조사(National Forest Inventory)는 국가단위의 산림자원정보를 수집하기 위해 체계적인 조사시스템을 채택하고 있다. 하지만, 대면적 산림자원조사 자료를 이용하여 산림면적이 작은 시군구의 산림통계를 산출하기 위해서는 적합한 추정법(Estimator)의 적용

이 필요하다. 이와 관련하여 최근 추정치의 정도(Precision)를 향상시키기 위해 다양한 소면적 추정기법(Small-Area Estimation)에 관한 연구가 진행되고 있다(Rao, 2003; Lappi and Kangas, 2006; 신기일 등 2007).

제4차 국가산림자원조사(1996-2005)에서는 기본계획구별 순환조사가 이루어졌기 때문에 기본계획구의 표본층(strata)별 평균축적을 이용하여 소면적 단위의 산림통계량을 산출하는 비례배분 기법을 적용하였다. 이를 위해 임상(침엽수, 활엽수 그리고 혼효림)과 같은 산림구조

*Corresponding author
E-mail: yong@kookmin.ac.kr

의 표본층별 비율은 항공사진 관독에 의해 제작된 임상도를 이용하였으며, 각 소면적의 표본층별 ha당 평균축적과 임상의 구성비를 이용하여 소면적의 산림통계량을 산출하였다(임업연구원, 1996). 즉, 제4차 국가산림자원조사에서는 우리나라 전체 산림을 기본계획구별로 10개의 지역으로 구분한 후, 매년 한 개의 기본계획구를 대상으로 조사를 실시하여 해당 기본계획구 및 이에 포함된 소면적 시군구의 산림통계량을 비례배분 기법에 의해 추정하였다(임업연구원, 1996). 그러나 기본계획구 자료를 이용한 비례배분 기법은 소면적 시군구 산림의 공간적 변이와 특성을 반영하지 못하는 문제점을 가지고 있다(Lappi and Kangas, 2006).

일반적으로 표본이 적은 지역의 통계량을 산출하기 위해 대면적에서 수집되는 자료를 보조자료로 이용하는 다양한 소면적 추정기법이 적용되고 있다(김영원과 성나영, 2000; 남궁평 등, 2002; Rao, 2003; Tomppo, 2006). 특히 합성추정법(Synthetic Estimator)은 부가적인 자료를 사용하지 않고 대면적에서 동일한 방법으로 수집된 자료를 보조자료로 이용하기 때문에 쉽게 적용이 가능한 방법이다. Gonzales(1973)는 합성추정법의 적용에 있어서 보조자료는 목표 소면적의 특성과 유사한 범위에 포함된 자료를 활용되어야 하며, 이러한 가정이 충족되지 않으면 추정치의 편의(Bias)가 큰 것으로 보고하였다. 제4차 국가산림자원조사에서는 기본계획구별 자료에 근거하여 산림통계를 산출하기 때문에 지리적으로 가까운 시군구의 경우 공간적으로 유사한 산림특성을 보임에도 불구하고 서로 다른 기본계획구에 포함되어 있으면 서로 다른

표본 자료를 보조자료로 이용하는 불합리한 문제점을 가지고 있다(임업연구원, 1996). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 시군구의 공간적 특성을 고려한 공간통계 기반 합성추정량(이상은, 2006; Heikkinen, 2006; 신기일 등, 2007; Bechtold and Patterson, 2005)과 위성영상과 같은 부가자료를 이용한 추정기법(Katila, 2006; Tomppo, 2006; 임종수 등, 2007)에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다.

제5차 국가산림자원조사는 일정 시점의 국가단위 산림통계량 산출이 가능한 연년 조사시스템(Annual forest inventory system)을 채택하고 있다. 따라서 매년 전체 표본점의 20%에 해당하는 약 800개의 집락에 대한 자료를 수집하고 있다(국립산림과학원, 2008). 연년 조사시스템은 일정 시점에서의 국가단위 산림통계량 산출은 가능하지만, 표본의 개수가 적은 소면적 시군구의 산림자원 통계량을 산출하기 위해서는 합성추정법과 같은 소면적 산림통계의 추정기법을 적용할 필요가 있다. 최근 국가지리정보시스템의 구축과 함께 제5차 국가산림자원조사에서는 각 표본점의 위치정보를 GPS(Global Positioning System) 수신기에 의해 취득하고 있기 때문에 표본점의 공간적 분포 자료를 이용하는 합성추정법의 적용이 가능한 것으로 평가된다. 따라서 본 연구에서는 국가산림자원조사에서 수집된 자료와 공간통계를 기반으로 하는 합성추정법을 이용하여 소면적 시군구의 임상별 입목 축적량을 추정하고자 하였다. 본 연구로부터 얻어진 결과는 제5차 국가산림자원조사가 완료되는 2010년 이후부터 소면적 시군구의 연년 산림통계 산출에 필요한 기법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

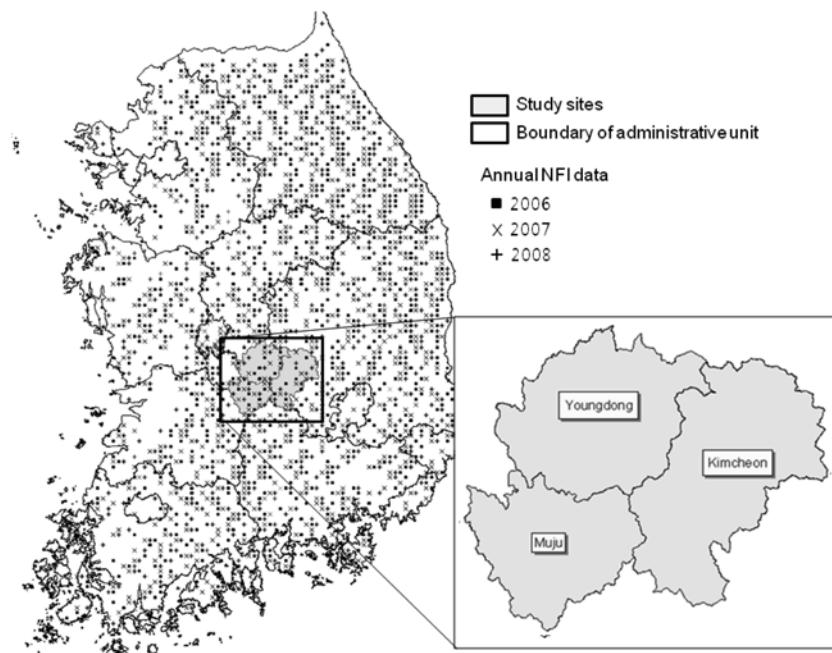


Figure 1. Location of study sites.

재료 및 방법

1. 연구 대상지

본 연구에서는 공간적으로 서로 인접하고 있지만 행정구역상 기본계획구가 다른 경상북도 김천시, 전라북도 무주군 그리고 충청북도 영동군을 대상으로 합성추정법을 적용하여 입목축적을 추정하고자 하였다(Figure 1). 또한, 연구 대상지로 선정된 김천시, 무주군, 그리고 영동군은 산림면적이 적은 소면적으로 제5차 국가산림자원조사에서 할당되는 표본점의 개수가 적은 시군구에 포함된다.

Table 1은 연구 대상지의 산림분포 현황을 요약한 것이다. 각 시군의 산림면적을 보면 김천시가 69,830 ha로 가장 넓고 무주군의 산림은 51,901 ha로 가장 작은 것으로 나타났다. 임상별 면적은 항공사진 판독에 의해 분석된 임상별 비율을 이용하여 산출되는데, 김천시와 영동군은 혼효림의 비율이 각각 48%와 37%로 가장 높은 반면 무주군은 활엽수림이 41%로 가장 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 분석되었다(산림청, 2009).

한편, 본 연구에서는 총 산림면적 중에서 죽림과 무림목지와 같이 입목축적이 없는 산림을 기타 산림(Non-stocked forest)으로 구분하고, 이러한 기타 산림면적을 제외한 입목지의 산림을 전체 산림면적(A_F)으로 하였다.

2. 야외 표본점 자료

제5차 국가산림자원조사는 2006년부터 수행되고 있으며, 본 연구에서는 지난 2008년까지 3년 동안 수집된 자료를 이용하였다. 제5차 국가산림자원조사의 집락표본점은 4 km×4 km 단위의 격자로 배치되고 있으며, 각 집락표본점은 각 격자의 교차점에 중심표본점을 배치한 후 중심표본점에서 0°, 120°, 그리고 240°의 방향으로 50 m 떨어진 지점에 각각 동일한 형태의 표본점을 설치하여, 총 4개의 부표본점(Sub-plot)이 하나의 집락을 구성하도록 설계되어 있다(국립산림과학원, 2008).

Table 2는 제5차 국가산림자원조사에서 지난 3년간(2006년~2008년) 연구 대상지인 3개 시군에 배정되어 조사된 야외 표본점의 개수를 나타낸 것이다. 연구 대상지에서 산림면적이 가장 넓은 김천시가 가장 많은 92개의 표본점을 포함하고 있으며, 무주군과 영동군의 표본

Table 2. Number of samples surveyed for 3 years from 2006 to 2008 in the study sites.

County	2006	2007	2008	Total
Muju	27	31	21	79
Youngdong	32	24	39	81
Kimcheon	21	25	33	92

Table 3. Classification of forest type used in this study.

Forest Type	Classification
Conifer forest (C)	>75% of basal area by coniferous tree species
Deciduous forest (H)	>75% of basal area by deciduous tree species
Mixed forest (M)	24~74% of basal area by deciduous tree species

점 개수는 각각 79개와 81개였다. 한편 각 표본점의 ha당 입목축적은 각 표본점에서 측정된 자료를 국립산림과학원(2004)에서 개발한 임목자원예측·평가 프로그램에 적용하여 산출하였다.

3. 표본층의 구분

우리나라의 임업통계연보는 산림을 다양한 표본층(Strata)으로 구분하여 표본층별 산림면적(ha)과 축적(m^3) 및 평균축적(m^3/ha) 등의 입목축적과 관련된 정보를 제공하고 있으며 산림면적이 작은 소면적 시군구의 경우에도 동일한 방법을 채택하고 있다. Table 3은 본 연구에서 사용한 임상별 정의를 나타낸 것으로, 각 표본점 내에 분포하는 수종별 흉고단면적의 비율에 의해 임상을 구분하였다. 본 연구에서는 Table 3의 임상별 정의에 의해 조사된 야외 표본점을 사후층화(Post-stratification)하여 각 표본점의 임상을 구분하였다.

4. 표본층별 입목축적의 추정

소면적의 총 입목축적(V_T)을 추정하기 위해서는 소면적 시군구의 전체 산림면적(A_F), 표본층별 산림면적(A_h)과 ha당 평균 입목축적(\bar{v}_h)에 관한 정보가 요구된다. 소면적의 전체 산림면적은 매년 제공되고 있는 산림기본통계 자료를 이용하였으며, 표본층별 면적과 ha당 평균 입목축적은 사후층화된 야외 표본점 자료에 근거하여 추정하였다. 전체 산림면적은 식 (1)과 같이 표본층별 산림면적의 합계에 의해 산출되며, 소면적의 총 입목축적량은 식 (2)에 의해 산출된다.

Table 1. Summary of forest area by forest types in the study sites.

County	Coniferous Forest		Deciduous Forest		Mixed Forest		non-stocked forest		Total Forest (ha)
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Muju	13,954	27	21,561	41	15,521	30	865	2	51,901
Youngdong	19,483	30	18,979	30	23,729	37	2,064	3	64,255
Kimcheon	21,771	31	13,613	19	33,251	48	1,195	2	69,830

$$A_F = \sum A_h \tag{1}$$

$$V_T = \sum (A_h \times \bar{v}_h) \tag{2}$$

1) 표본층의 산림면적 추정

소면적 시군의 표본층별 산림면적(A_h)은 산림기본통계에 의해 제공되는 소면적 시군구의 총 산림면적(A_F)을 각 표본층의 비율에 의해 배분함으로써 얻어진다. 본 연구에서는 표본층에 대한 사전정보가 없기 때문에 사후층화된 표본점의 자료를 이용하여 직접추정법(Direct Estimation)의 경우에는 식 (3)의 추정식을 적용하는 반면, 합성추정법은 식 (4)에 의해 표본층별 비율을 추정하였다. 본 연구에서는 합성추정법을 적용하기 위하여 목표 시군의 경계에 위치한 시군들을 하나의 가상 시군(Geographical-based super-county)으로 설정하였다(Bechtold and Patterson, 2005). 여기서 소면적 표본층별 가중치($w'_{h,c}$ 와 $w'_{h,g}$)는 각 시군(c)에 배정된 임상별(h) 표본점 개수($n_{h,c}$)와 목표 시군의 가상 시군(g)에 포함되는 임상별 표본점 개수($n_{h,g}$)를 보조 자료로 이용하는 방법을 각각 적용하였다. 합성추정법의 경우, 무주군은 주변 6개 시군들내에 위치한 표본점 자료를 이용하였으며, 영동군과 김천시는 각각 5개와 7개 시군들내에 포함된 표본점 자료를 각각 이용하였다(Figure 2). 결과적으로 두 추정방법에 따른 각 임상별 산림면적($A_{h,c}$ 와 $A_{h,g}$)은 식 (3)와 식 (4)에 의해 각각 산출된다.

$$w'_{h,c} = \frac{n_{h,c}}{n_c}, A_{h,c} = A_F \times w'_{h,c} \tag{3}$$

$$w'_{h,g} = \frac{n_{h,g}}{n_g}, A_{h,g} = A_F \times w'_{h,g} \tag{4}$$

한편 본 연구에서는 직접 및 합성 추정방법에 의해 추정된 표본층의 비율(Observed value)에 대한 적합도 검정을 위해 항공사진 판독에 의한 임상도의 비율인 Table 1의 비율을 기대값(Expected value)으로 하여 식 (5)에 의한 χ^2 검정을 실시하여 정도를 비교하였다.

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{observed} - \text{expected})^2}{\text{expected}} \tag{5}$$

2) 표본층별 ha당 평균 입목축적의 추정

표본층의 평균 입목축적(\bar{v}_h)의 경우에도 직접추정법은 식 (6)과 같이 시군에 포함된 표본점 자료를 이용하여 추정되는 반면 합성추정법은 이웃 시군에 포함된 표본점 자료를 이용하는 식 (7)에 의해 산출하였다. 여기서 $v_{i,h}$ 는 표본층(h)에 속한 표본점(i)의 ha당 입목축적이며, 연구대상 지별로 가상 시군의 범위는 Figure 2와 같이 연구대상지의 경계에 있는 시군들을 이용하였다.

$$\bar{v}_{h,c} = \frac{\sum_{i \in I_{h,c}} v_{i,h}}{n_{h,c}} \tag{6}$$

$$\bar{v}_{h,g} = \frac{\sum_{i \in I_{h,g}} v_{i,h}}{n_{h,g}} \tag{7}$$

3) 표본층별 평균 입목축적의 추정 오차 비교

각 추정방법에서 이용된 각각의 표본층의 표본크기(n_h)와 표본층의 평균(\bar{v}_h)에 대한 오차를 산출하기 위하여 표본층별 평균 입목축적 추정치의 분산(s_h^2)과 표준오차($s_{\bar{v}_h}$)를 식 (8)과 식 (9)에 의해 각각 산출하였다(Cochran, 1977).

$$s_h^2 = \frac{\sum (v_{i,h} - \bar{v}_h)^2}{n_h - 1} \tag{8}$$

$$s_{\bar{v}_h} = \sqrt{\frac{s_h^2}{n_h}} \tag{9}$$

결과 및 고찰

1. 야외 표본점 자료의 총화

연구대상지의 임상별 입목축적량을 산출하기 위해 각 야외 표본점의 임상은 Table 3의 정의에 의해 구분하였으며, Table 4는 본 연구에서 입목축적을 산출하기 위해 사용한 추정방법별 · 임상별 표본점의 개수를 요약한 결과이다. 각 연구 대상지인 소면적 시군에 포함되는 표본점의 개수는 8-50개로 각 임상별 평균축적을 직접추정법



Figure 2. Diagram of super-counties used in the study sites for synthetic estimation.

Table 4. Number of sampling plots by forest types and estimation methods.

County	Direct Estimation			Synthetic Estimation		
	C	H	M	C	H	M
Muju	21	30	28	152	213	156
Youngdong	8	50	23	108	209	144
Kimcheon	33	37	22	189	234	204

C : Coniferous forest, H : Deciduous forest, M : Mixed forest

Table 5. Results of Chi-square analysis for two different estimation methods.

Expected	Observed	Direct Estimation	Synthetic Estimation
	Forest Cover Map	84.7** (p<0.0001)	24.2** (p=0.0021)

$\chi^2_{0.05,8}$, **: significant at 1% level

에 의해 산출하기에는 표본점의 개수가 상당히 적음을 알 수 있다. 한편, Figure 2와 같이 주변 시군 자료를 이용하는 합성추정법을 사용할 경우 임상별 표본점의 개수는 108~234개로 직접추정에 비해 많은 표본점 자료를 이용할 수 있는 것으로 분석되었다.

2. 임목축적량의 추정

1) 임상별 산림면적

두 가지 추정방법에 의한 임상별 산림면적의 정확도를 임업통계연보의 임상별 비율과 비교한 결과, 두 추정방법에 따른 임상별 산림면적 비율은 임업통계연보에 의한

임상별 비율과 유의적 차이가 있는 것으로 나타났지만, 직접추정보다는 합성추정에 의한 비율이 차이가 작은 것으로 나타났다(Table 5). 이러한 결과는 위성영상을 이용한 임상구분의 결과와 유사하다(Yim *et al.*, 2007). 즉 임상도는 임상구분의 기준이 최소 1ha인 반면(임업연구원, 1996), 표본점에 의한 구분은 최소면적이 0.08 ha로 우리나라의 복잡한 임분구조를 고려하면 임상도에서 임상구분을 위한 최소면적의 임계값은(Threshold value) 더 작아져야 할 것으로 판단된다. 이러한 이유로 이해 현재 제작 중에 있는 제5차 임상도는 0.5 ha를 임계값으로 하고 있어 더 정확한 검증은 임상도의 제작 이후에 가능할 것으로 보인다(국립산림과학원, 2008). 또한, 본 연구의 대상지인 김천시의 임상구분은 1996~1997년에 촬영된 항공사진에 의해 판독된 임상 비율이며, 무주는 2000년 그리고 영동군은 2002년에 촬영된 항공사진의 판독에 의한 임상 비율로 현재 임상 비율을 정확히 반영하지 못하는 문제점이 있다.

결과적으로 본 연구에서는 합성추정법에 의해 추정된 임상별 비율을 이용하여 각 연구대상지의 임상별 면적을 산출하였다(Table 6). 무주군의 경우에는 임상도의 비율과 유사한 결과를 나타냈지만, 김천시는 활엽수림과 혼효림에서 합성추정법에 의한 비율이 각각 18%와 15%의 과대치를 나타냈다. 한편 영동군의 경우에도 6%~15%의 차이를 나타내고 있다.

2) 임상별 ha당 임목축적의 추정

Table 7은 직접추정법과 합성추정법에 의한 각 연구대

Table 6. Forest area estimates using synthetic estimator by forest types.

County	Forest Types						Total forest* (ha)
	Coniferous forest		Deciduous forest		Mixed forest		
	ha	%	ha	%	ha	%	
Muju	14,539	29	20,556	41	15,041	30	51,036
Youngdong	14,304	23	27,986	45	19,279	31	62,191
Kimcheon	20,591	30	25,395	37	22,650	33	68,635

Total forest* : the total forest area excludes the non-stocked forest

Table 7. Estimates of mean and standard error for growing stock volumes by forest types and estimation methods.

County	Forest strata	Direct Estimation		Synthetic estimation	
		Mean (m ³ /ha)	Standard Error (m ³ /ha)	Mean (m ³ /ha)	Standard Error (m ³ /ha)
Muju	Conifer	198.7	±24.7	162.5	±6.9
	Deciduous	98.3	±14.9	105.6	±4.2
	Mixed	131.3	±12.7	125.8	±5.0
Youngdong	Conifer	142.2	±17.4	150.0	±7.7
	Deciduous	101.0	±8.4	106.4	±3.9
	Mixed	107.6	±10.4	114.7	±4.8
Kimcheon	Conifer	159.0	±10.7	146.2	±5.2
	Deciduous	108.6	±7.8	106.8	±3.5
	Mixed	133.6	±10.6	117.7	±3.7

Table 8. Estimates of total growing stock volumes and mean volume per hectare by synthetic estimation for each study site.

Study Site	Estimates of Growing Stock Volumes	
	Total (m ³)	Mean (m ³ /ha)
Muju	6,651,684	128.2
Youngdong	7,334,620	114.1
Kimcheon	8,388,364	120.1

상지의 임상별 평균 입목축적과 표준오차를 산출한 결과이다. 각 시군내의 표본점 자료만을 이용한 직접추정법은 표본의 크기가 작아 표준오차가 $\pm 7.8 \text{ m}^3/\text{ha} \sim \pm 24.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ 로 합성추정법보다 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 합성추정법에 의한 표준오차는 $\pm 3.7 \text{ m}^3/\text{ha} \sim \pm 7.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ 의 범위로 직접추정법에 의한 오차보다는 작지만 비교적 큰 오차범위를 나타내는 것으로 분석되었다. 하지만, 제5차 국가산림자원조사에서는 5년 동안 자료를 수집하도록 계획되어 있고, 앞으로 조사할 예정인 2년 동안의 자료를 추가하여 분석하면 표본의 개수가 증가하기 때문에 표준오차는 점차 감소할 것으로 판단된다. 결과적으로 합성추정법을 이용할 경우 비교적 정도(精度)가 높은 소면적 시군구의 임상별 평균 입목축적을 추정하는 것이 가능한 것으로 평가되었다.

3) 입목축적량 산출

앞에서 추정된 임상별 산림면적과 ha당 평균 입목축적을 이용하여 각 연구대상지의 총 입목축적을 식 (2)에 의해 산출하였으며, 연구대상지의 ha당 평균 입목축적은 총 입목축적과 총 산림면적에 의해 산출하였다.

무주군의 총 입목축적은 약 6백만m³이며, ha당 평균 입목축적은 128.2 m³인 것으로 분석되었다. 산림면적이 가장 넓은 김천시의 총 입목축적은 8백만m³로 추정되었으며, 영동군은 ha당 평균 입목축적(114.1 m³/ha)이 가장 적은 것으로 추정되었다(Table 8).

결론

국가산림자원조사는 국가단위의 산림통계뿐만 아니라 기본계획구단위 그리고 시군구 단위의 산림통계를 제공하여야 한다. 하지만, 산림면적이 작은 소면적 시군구의 경우 할당되는 표본의 개수가 적기 때문에 해당 표본점 자료만으로는 정확한 산림통계의 산출이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 이러한 소면적 시군구의 산림통계를 산출하기 위하여 소면적 추정에 이용되는 합성추정법(Synthetic estimator)의 적용 가능성을 검토하였다.

본 연구에서는 산림면적이 작아 국가산림자원조사 체계에서 할당되는 표본점의 개수가 적은 3개 시군(무주군,

영동군과 김천시)을 대상으로 임상별 ha당 입목축적량 및 총 입목축적량을 산출하기 위해 부가정보를 이용하지 않고 연구대상지와 공간적으로 인접하는 시군구들을 하나의 가상 시군(Geographical-based super-county)으로 설정하여 가상 시군내에 포함되는 표본점 자료들을 통계량 산출에 이용하는 합성추정법을 적용하였다. 합성추정법에 의한 임상별 비율은 임상도에 근거한 임상별 비율과 유의적 차이가 있는 것으로 나타났지만, 이는 임상도의 시의성 및 최소 산림면적의 임계값에 의한 차이로 판단된다. 한편 합성추정법의 임상별 ha당 평균입목축적의 추정치는 직접추정법에 의한 추정치보다 정확한 통계를 제공하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 합성추정법의 적용을 위해 목표 시군구의 경계에 있는 시군구내의 표본점을 보정자료로 이용하였다. 하지만 이웃 시군구의 범위가 커질수록 야외 표본점의 개수가 증가하면서 오차는 감소하므로 적절한 이웃 시군구의 범위를 어떻게 선정할 것인가에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한 최근 소면적 시군구의 정확한 통계 산출을 위하여 다양한 추정법들이 개발되고 있으며, 특히 위성영상과 같은 부가자료의 이용하는 방법 등이 개발되고 있으므로 다양한 방법들의 적용 가능성에 대한 검토가 요구된다.

감사의 글

이 논문은 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호 : S120709L110110)’의 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부입니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

인용문헌

1. 국립산림과학원. 2004. 입목자원예측평가 프로그램(ver2.0).
2. 국립산림과학원. 2008. 제5차 국가산림자원조사-현지조사 매뉴얼. pp. 54.
3. 김영원, 성나영. 2000. 소지역 통계 생산을 위한 추정기법. 한국데이터정보과학회지 11(1): 111-126.
4. 남궁평, 변종석, 홍태경. 2002. 소지역 추정을 위한 표본 설계. 통계연구 10: 73-91.
5. 산림청. 2009. 임업통계연보. pp. 496.
6. 신기일, 최봉호, 이상은. 2007. 공간 통계 활용에 따른 소지역 추정법의 평가. 응용통계연구 20(2): 229-244.
7. 이상은. 2006. 공간 통계량을 활용한 베이지안 자기 포아송 모형을 이용한 소지역 통계. 응용통계연구 19: 421-430.
8. 임종수, 공지수, 김성호, 신만용. 2007. k-NN 기법을 이용한 강원도 평창군의 산림 주제도 작성과 산림통계량 추정. 한국임학회지 96(3): 259-268.
9. 임업연구원. 1996. 제4차 전국산림자원조사 요령. pp. 49.

10. Bechtold, W.A., Patterson, P.L., Editors. 2005. The enhanced forest inventory and analysis program-National sampling design and estimation procedures. Gen. Tech. Rep. SRS-80. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pp. 85.
 11. Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques. 3rd ed. John Wiley & Sons. pp. 428.
 12. Gonzales, M.E. 1973. Use and evaluation of synthetic estimates. Proceeding of social statistics section, American Statistical Association 73: 7-15.
 13. Heikkinen, J. 2006. Assessment of uncertainty in spatially systematic sampling. pp. 155-176. In : A. Kangas and M. Maltamo, ed. Forest Inventory-Methodology & Applications. Springer.
 14. Katila, M. 2006. Empirical errors of small area estimates from the multi-source National Forest Inventory in Eastern Finland. *Silva Fennica* 40(4): 729-742.
 15. Lappi, J. and Kangas, A. 2006. Use of additional information. pp. 107-117. In: A. Kangas and M. Maltamo, ed. Forest Inventory-Methodology & Applications. Springer.
 16. Rao, J.N.K. 2003. Small area estimation. John Wiley & Sons. pp. 313.
 17. Tomppo, E. 2006. The Finnish multi-source national forest inventory-small area estimation and map production. pp. 195-224. In : A. Kangas and M. Maltamo, ed. Forest Inventory -Methodology & Applications. Springer.
 18. Yim, J.S., Kleinn, C., Shin, M.Y. and Gong, G.S. 2007. Mapping of forest cover types with satellite imagery and field plot data. pp. 141-149. In : M. Kappas, C. Kleinn, and B. Sloboda ed. Proceedings of the 2nd Göttingen GIS and Remote Sensing Days, 4-6 October 2006, Göttingen, Germany.
-
- (2010년 2월 8일 접수; 2010년 4월 21일 채택)