

## 진해지역 30년생 편백 인공림의 지상부 현존량<sup>1</sup>

이광수<sup>2</sup> · 정영교<sup>2</sup>

### Aboveground Biomass of 30 Years Old *Chamaecyparis obtusa* Plantation in Jinhae<sup>1</sup>

Kwang-Soo Lee<sup>2</sup> and Young-Gyo Chung<sup>2</sup>

#### 요 약

경상남도 진해지역 30년생 편백 조림지를 대상으로 현존량을 추정하기 위하여 UrichⅡ법에 의하여 수관급에 따른 부위별 현존량을 측정하여 생산구조를 해석하고 시료채취의 효율성을 높이기 위한 방법을 탐색하였다. 지상부 총 물질생산량은 137.3 ton/ha을 보유하고 있었으며, 이들 임목의 부위별 구성비는 줄기 71.8%, 가지 15.4%, 잎 12.8%로 나타났다. 임분에서 엽생산량은 수고 9.2~11.2m에서 최대치를 보였으며, 현존량의 구성비는 우세목과 준우세목에서는 줄기>가지>잎, 열세목에서는 줄기>잎>가지 순으로 나타났다. 부위별 건조비는 줄기 47.3~49.2%, 가지 48.8~52.9%, 잎 39.2~40.8%, 고사지 0.78%~0.89%의 범위를 보였다. 표준목 전건비중(basic wood density)은 0.49~0.53으로 나타났으나 수관급에 따른 표준목간 유의차는 나타나지 않았다.

#### ABSTRACT

This study was carried out with Urich Ⅱmethod for estimating the aboveground biomass of 30 years old *Chamaecyparis obtusa* plantation in Jinhae, Gyeongnam province, in order to solve problems of exhaustion of many time and manpower in field survey for estimating biomass of stands.

The results were summarize as follows; Total aboveground biomass production of stands was 137.3ton/ha, which was 71.8% of stem, 15.4% of branch and 12.8% of leaf. Foliage biomass of stands was maximized on the 9.2~11.2m of total height. The ratio of biomass for each part of tree in *Chamaecyparis obtusa* plantation was in order of, stem, branch and leaf in dominant and co-dominant tree, and was stem, leaf and branch in recessive tree. drying ratio by components were ranged 47.3~49.2% of stem, 48.8~52.9% of branch, 39.2~40.8 of leaf and 0.78%~0.89% of died branch. Specific gravity by sample tree was 0.49~0.53 range and there was not significantly different among sample tree.

**Keywords** : *Chamaecyparis obtusa*, biomass, specific gravity.

1. 접수 2002년 12월 20일 Received on December 20, 2002.
2. 산림청 임업연구원 Forestry Research Institute, Korea.

## 서론

임목의 생장은 일반적으로 초기생장에서부터 안정된 성숙기에 도달할 때 까지 일어나는 식물체의 내, 외적인 변화를 의미한다. 20세기 초까지는 조림수종의 경영평가와 진단을 위하여 주로 지위지수와 성장패턴 등의 인자들이 적용되어 왔으나 임목의 용도가 펄프, 칩재, 코르크, 탄닌 등의 이용에 관심이 증대되면서 물질생산량에 대한 많은 연구가 수행되고 있다(Anthonie & Alparslan 1997).

이와 함께 최근 임업경영의 목표는 종합적인 생산성을 향상시키는 것이 중요한 과제로 대두되고 있으며, 산림의 생산성은 환경과 식생 유전성의 상호작용에 의하여 성립된 산림내 구성종들의 성장현상의 종합적인 결과이므로 임분내의 현존량 특성의 파악은 산림생산성의 이해나 효과적인 산림관리의 관점에서 중요한 의미를 가지고 있다.

Biomass의 실제적인 연구는 Boysen-Jensen(1932년)에 의해 시작되었으며, 20세기 중반 이후부터 미국, 일본, 벨기에, 캐나다를 중심으로 많은 학자들에 의해 산림 biomass의 생산구조 및 측정방법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는데(Kozak, 1970; Lavigne et al., 1981; Ouellet, 1985; Marshall, 1995), 대표적인 나라로 캐나다는 임산에너지 프로젝트의 추진을 통해 국가적인 차원에서 산림 biomass의 이용을 위한 체계적인 연구를 수행해 오고 있다(김갑덕과 김철민, 1998; 이경학, 1990). 또한 물질생산량에 대한 최대의 관심사인 샘플링방법과 측정방법, 추정방법의 간소화라는 문제에 접근하기 위하여 지금까지의 추정 방법과는 다른 표준목선정에 있어서 Ulrich II법(김갑덕과 현신규, 1982)을 적용시켜, 표준목을 우세목, 준우세목, 열세목의 3계급으로 나누어 표준목별 생산량의 비교가 가능하도록한 연구가 일부 수

종에 대하여 국내에서 수행되었다. (이경학 등, 1998; 손영모 등, 2001; 이광수 와 정영관, 2000; 정영교 등, 2001).

본 연구의 대상 수종인 편백은 남부지방의 주요 경제수종으로서 꾸준히 식재·무육 관리되어 왔으며 최근 편백에 대한 물질생산과 해석에 관한 연구는 지역, 수령별로 진행되어 왔다(김춘식 등, 1987; 박인협 등, 2000; 정영교 등, 2001). 그러나 편백에 대한 종합적인 생산 및 성장학적 정보의 부족으로 효율적인 육림 및 관리체계가 이루어지지 않고 있는 실정이며, 수령림(10~20년)에 대한 정보는 다소 수행되어져 왔으나, 중·장령림에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 비교적 다른 지역보다 편백 임분의 식재면적이 넓은 진해지역의 인공림에 대하여 지상부 현존량의 기초적 정보를 제공하기 위하여 수관급을 3계급으로 분류하여 각 수관급별 현존량을 파악하여 임분전체의 현존량을 추정하려고 하였으며, 줄기중량에 대한 재적의 비 측, 임목 전건비중(specific gravity)을 계산하여 재적에 의한 biomass 전환인자의 도출을 시도하였고(Aldred & Alemdag, 1988), 또한 현존량 추정에 있어서 문제가 되는 시간과 노력을 줄이기 위하여 줄기, 가지, 잎 등의 일정기준 부위만을 채취하여 대표성 있는 부위를 도출하기 위하여 각 기관별 부위별 건조율을 계산하여 작업에 있어서 생력화를 도모하는데 기초적 자료를 제시할 목적으로 시도되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

조사지는 경상남도 진해시 장복산 일대에 조림되어있는 30년생 편백 인공림이며, 1999년까지 임업연구원에서 시험림으로 관리하던

Table 1. Site characteristics of *Chamaecyparis obtusa* plantation

Geography			Soil				
Aspect	Altitude (m)	Slope (°)	Texture	O.M. (%)	Total N (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	pH(H <sub>2</sub> O)
SE	80	10	Sandy Loam	1.6	0.07	5	4.9

Table 2. Stand characteristics of study site

Age (year)	Mean height (m)			Mean DBH (cm)			Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	Density (tree/ha)
	mean	max.	min.	mean	max.	min.		
30	11.8	16.0	6.6	15.8	26.0	6.0	30.3	1,546

Table 3. Diameter, height and volume of sample trees

Sample tree	Height (m)	DBH (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )
Dominant	13.3	20	0.1837
Co-dominant	12.3	16	0.0940
Recessive	10.5	12	0.0487

중 직제개편 이후 2000년부터 국방부로 이관되었다. 임분은 당초 ha당 2,500본(2.0x2.0m)을 식재하였으며, 식재된 후 시비, 풀베기, 제벌 등 비교적 양호하게 육림작업이 시행되었던 임분이며, 1996년에 간벌이 시행되었던 임분이다. 편백임분의 입지적 특성은 해발 80m, 남동사면 경사 10° 완경사지로 토성은 사질양토, 토양중 유기물 1.6%, 토양 pH는 4.9로 나타났으며(Table 1), 조사지의 년평균기온 15℃, 년강수량 1,479.4mm, 연평균습도는 65%로 나타났다(진해함대 기상대). 조사는 2001년 8월에 실시하였으며, 하층식생은 편백 치수 이외에 출현 종은 거의 나타나지 않았다.

임분의 평균수고는 11.8m, 평균흉고직경 15.8cm, ha당 흉고단면적은 30.3m<sup>2</sup>, 임목밀도는 1,546본이었다(Table 2). 이는 임분수확표상 동일지위지수(지위12)와 비교하여 볼 때 본수와 임분단면적 있어서 약간 높은 수치를 보여주고 있었다. 조사지 편백임분의 경급은 6~26cm 범위에 분포하였고 경급 14~18cm에서 전체 59.1%가 분포하고 있었다(Figure 1.).

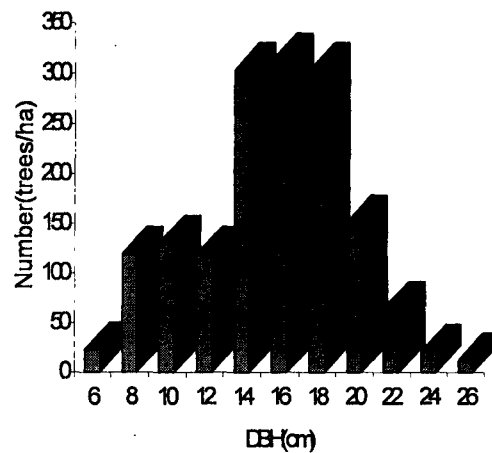


Fig. 1. Tree diameter distribution of *Chamaecyparis obtusa* plantation.

## 2. 조사방법

표준지는 임분밀도가 비교적 양호하고 정상적인 생육을 하고있는 지역을 대상으로하여 30 × 30m(0.09ha)로 설정하여 매목조사를 실시하였으며, 표준목 선발은 Urich II법(김갑덕과 현신규, 1882)에 의하여 수관급을 우세목, 준우세목, 열세목, 3계급으로 나누어 선발하였다. 수관급별로 선정된 각 표준목을 0.2m 높이에서 별도의 다음, 그 이하 부분을 임목중량과 수간석해를 위하여 지상부까지 절단한 후 벌채목에 대하여 흉고부위(1.2m)를 절단하고, 그 이후 부터는 2m 간격으로 절단하여 각 기관별 전체중량과 단면고별 시료중량과 생중량을 측정하였다. 절단된 줄기부위에 따라 가지(생지, 고사지), 잎으로 구분하여, 각각의 시료를 채취하여 생중량과 시료중량을 채취하였고, 시료는 실험실로 운반하여 105℃에서 항량이 될 때까지 건조시켜 건중량을 측정하였으며, 수피를 분리하여 수피 건중량을 측정하였다. 측정치에 의하여 줄기, 가지, 잎에 대한 건중량대 생중량비를 측정하였으며, 또한 성장패턴과 재적에 의한 현존량 전환 인자를 도출하기 위하여 수간석해를 Windendro와 나무재기 프로그램을 이용하여 실시하였다. 표준목 줄기의 재적에 대한 줄기건중량의 비 즉, 목재 전건비중(basic wood density, specific gravity)을 수관급별로 측정하였다. Biomass 현존량 추정은 단순림에서 회귀식을 유도할 수 있을 만큼의 표준목을

선발하지 않았을 때 쉽게 이용되고 있는 흉고 단면적법을 적용하여 수관급별 표준목의 부분중량의 합과 흉고단면적을 산출하고, 표준지내 수관급별 임목의 흉고단면적비에 의하여 조사구내의 현존량을 구하고 이 결과를 임분에 적용시켜 ha당 현존량을 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 지상부 현존량

각 표준목의 기관별 현존량을 분석한 결과, 우세목의 생산량은 153.7kg, 준우세목 66.9kg, 열세목 35.7kg으로 나타나 수관급에 따른 현존량의 차이는 뚜렷하였다. 각 기관별 구성비를 살펴보면 줄기 64.5~73.2, 생지 7.3~14.2, 잎 12.1~13.1, 수피 5.0~5.5%의 비율로 나타났으며, 또한 고사지가 수관급에 따라 1.4~3.2%로 나타나(Table 4), 편백유령림(6~20년)에서 고사지가 0.5~2.1%(박인협 등, 2000), 40년생 편백림 1.7~6.8%(정영교 등, 2001)의 범위를 보인다는 결과와 비슷한 수준의 비율을 보여주었다. 따라서 편백은 유령림 일때 자연낙지가 용이하지 않은 수종이라 여겨지며 이러한 고사지는 목재의 형질을 저하시켜 저등급의 목재를 생산할 수 밖에 없는 원인으로 앞으로의 무육관리에 있어서 이러한 점을 충분히 고려하여 임분의 유령기부터 가지치기 등 적극적

Table 4. Biomass of dominant, co-dominant and recessive trees by tree components(kg/tree)

Sample tree	Components					Total
	Stem	Leaf	Branch	Bark	Dead branch	
Dominant	99.1 (64.5)*	20.2 (13.1)	21.8 (14.2)	7.7 (5.0)	4.9 (3.2)	153.7
Co-dominant	45.8 (68.4)	8.2 (12.1)	7.5 (11.2)	3.4 (5.1)	2.0 (3.2)	66.9
Recessive	25.8 (73.2)	4.4 (12.6)	2.6 (7.3)	1.9 (5.5)	0.5 (1.4)	35.7

\* Values in parenthesis represent the percentage to the total.

**Table 5. Aboveground biomass(kg/ha) of the 30 years old *Chamaecypris obtusa* plantation**

Crown class	Stem	Branch	Leaf	Total
Dominant	56,903	14,225	10,859	81,987
Co-dominant	26,933	5,276	4,433	36,642
Recessive	14,758	1,651	2,344	18,753
Aboveground biomass(kg)	98,594 (71.8)*	21,152 (15.4)	17,636 (12.8)	137,382 (100)

\* Values in parenthesis represent the percentage to the total.

인 무육관리 시업이 있어야 할 것으로 사료된다. 총 지상부 현존량은 137.3ton/ha 이며, 줄기, 가지 및 잎이 차지하는 비율은 각각 71.8%, 15.4%, 12.8%로 나타났으며, 우세목은 82ton/ha 으로 전체의 약 60%정도를 차지하였다(Table 5). 우세목과 준우세목에서는 줄기, 가지, 잎 순으로 높은 비율을 보였으나, 열세목에서는 가지 보다 잎의 비율이 높았다. 현존량은 수령, 임목밀도, 입지적인조건에 따라 차이가 생기는데, 이와 같은 결과는 일본에서 편백 40년생이 125 ton/ha~198.8 ton/ha(Satto, 1979), 편백 30년생 현존량이 139ton/ha(四手井 등, 1974)), 국내에서 편백 25년생에서 112ton/ha에서 줄기 77.9%, 가지 13.5%, 잎 8.6%(김춘식 등, 1987), 20년생 편백 지상부현존량 114.1ton/ha에서 줄기 69.8%, 가지 16.6%, 잎 13.6%(박인협 등, 2000), 40년생 편백 178.7ton/ha에서 줄기 78.9%, 가지 13.3%, 잎 7.8%(정영교 등, 2001)를 보여 본 조사지 편백림의 지상부 현존량과 각 기관별 점유 비율에 있어서 약간의 차이는 나타났으나 수령이 다른 점을 감안하면 거의 비슷한 양상을 보여주고 있는 것이라 여겨진다. 편백은 수령이 증가함에 따라 줄기의 비율이 점차 높아짐을 알 수 있었고, 특히 25년에서 줄기의 비율이 높은 것은 임분밀도(1,850/ha)가 상대적으로 높았기 때문이라고 사료된다. 우리나라에서 보고된 다른 침엽수와 비교하면, 35년생 잣나무 109.4ton/ha(이경학 등, 1997) 보다는 높았고, 점유비는 수간 64.9,

가지 23.2, 잎 12.0%로 나타나 기관별 구성비는 약간의 차이를 보였다. Tadaki(1976)는 편백의 잎 현존량은 녹색소지가 포함되어 있기 때문에 다른 침엽수 보다 비교적 높은 값을 보이며, 간벌이 요구되는 잎의 량은 15ton/ha 내외라고 하였다. 본조사에서 잎의 현존량은 17.6ton/ha으로서 또 한번의 간벌이 필요한 시점이라고 사료된다. 그러나, 이와 같은 결과는 수령, 지역, 국소기후, 시비 등의 요인이 복합적으로 결합하여 현존량에 많은 영향을 미치리라 예상되므로 금후의 연구에서는 이들 인자와 물질 생산량과의 관계를 면밀히 해석하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

**2. 물질생산구조**

수관급별 바이오메스 생산구조를 알아보기 위하여 선정되어진 표준목의 수고에 따른 기관별 현존량 분포도를 작성하였다(Fig. 2). 산림의 물질생산구조를 분석하는데 있어서 임분과 단목의 엽량을 알아내는 것은 중요한 일이라 사료된다. 잎을 지지하는 가지의 비율은 모든 수관급에서 수고 7.2~9.2m에서 최대치(75~90%)를 보였으며, 수관급별 엽생산량은 우세목과 열세목에서 수고 7.2m, 준우세목에서는 5.2m 부위에서 시작되었다(Fig.2). 임분전체의 물질생산량구조에서도 엽생산량은 수고 9.2~11.2m에서 전체의 80% 정도를 보유하고 있었다. 이러한 결과는 상층 임관을 형성하고 있는

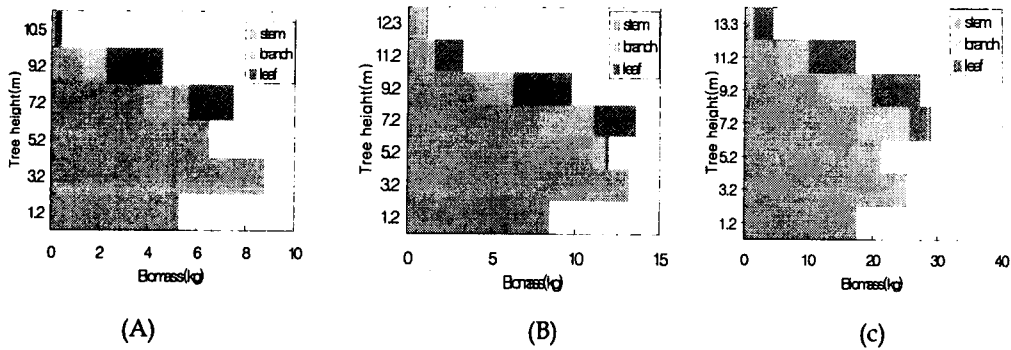


Fig. 2 Vertical biomass distribution of each component of dominant(A), co-dominant(B), recessive tree(C) in 30 years old *Chamaecyparis obtusa* plantation.

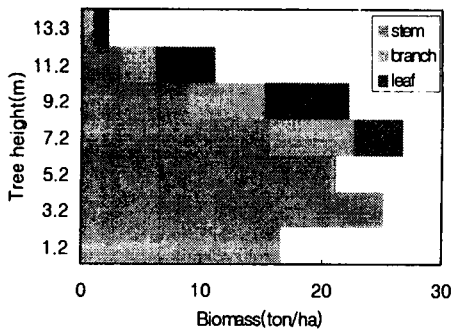


Fig. 3. Vertical biomass distribution of the 30 years *Chamaecyparis obtusa* plantation.

우세목의 점유량이 상대적으로 준우세목이나, 열세목에 비하여 많기 때문이라고 사료되며, 이와 같은 결과는 40년생 편백림에서 잎의 시작부위가 9.5m(정영교 등, 2001)와는 차이를 보였으며, 35년생 잣나무림에서 수관급에 따라 5.2~7.2m(이경학 등, 1997)에서 시작된다는 결과와 유사한 경향을 보였다.

3. 건조비 및 전건비증

수관급별로 수고에 따른 각 기관별 건조비

는 우세목은 줄기 48.0%, 가지 52.7%, 잎 39.2%, 준우세목은 줄기 47.3%, 가지 48.8%, 잎 40.1%, 열세목은 줄기 49.2%, 가지 52.9%, 잎 40.8%, 고사지는 0.78%~0.89%의 범위로 나타나 수관급에 따른 기관의 건조비는 비슷하게 나타났다(Table 6). 우세목의 수간, 가지, 잎의 평균 건조비에 해당하는 범위는 수고 7.2~9.2m, 준우세목에서는 부위별 변이가 심하게 나타났으며, 열세목에서는 5.2~7.2m에서 도출되어 대략적으로 전체수고의 59~62% 부위가 평균건조비에 해당되었으나, 표준목의 기관에 따른 부위별 건조비는 다양하게 나타나 어떠한 대표성 있는 부위를 단정하기는 어려웠다. 이와 같은 결과는 수고에 따른 심재와 변재의 비율, 생장을 등의 인자가 복합적으로 작용하는 것으로 사료되며, 또한 본 조사에서의 결과는 지역적이며 표준목의 본수가 한정되어 있어서 절대적인 신뢰성을 부여하기는 어려우나 바이오매스 연구에 있어서 현장조사에서의 막대한 시간과 노력이 큰 제약조건임을 감안 할 때 이를 극복 하고자 수행한 것이다. 앞으로 공시목의 시료 채취시 대표적인 부위를 도출하여 작업의 생력화를 도모하려면 보다 많은 본수와 경급, 지역, 및 수령에 대한 충분한 정보를 축적하여 이에 대한 검토과정

Table 6. Ratio of dry weight to green weight of each component in dominant, co-dominant and recessive tree by tree height

Height interval	Dominant tree			Co-dominant tree			Recessive tree		
	DW/GW(%)								
	Stem	Branch	Leaf	Stem	Branch	Leaf	Stem	Branch	Leaf
0.2	48.5			49.0			51.0		
0-1.2	48.3			49.7			52.8		
1.2-3.2	47.5			46.9			52.9		
3.2-5.2	46.7			46.4	40.1	38.8	50.4		
5.2-7.2	46.7	54.6	38.1	45.4	54.0	41.9	48.9	55.5	41.1
7.2-9.2	48.5	52.0	38.0	46.3	53.0	41.8	48.3	49.3	41.1
9.2-11.2	49.0	51.9	42.2	49.6	39.5	39.8	40.0	53.9	40.2
11.2-13.2	48.5	53.1	42.3	44.8	57.8	38.3			
Mean	48.0	52.7	39.2	47.3	48.8	40.1	49.2	52.9	40.8

※ Dead branch : 0.75~0.89%

Note) S : stem, B : branch, L : leaf

Table 7. Specific gravity of stem of the sample trees

Classification	Dominant	Co-dominant	Recessive
	(g/cm <sup>3</sup> )		
Specific gravity	0.53	0.49	0.52

이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Table 7은 줄기의 건중량에 대하여 재적의 비, 즉 줄기의 전건비중을 나타낸 것으로서 우세목 0.53, 준우세목 0.49, 열세목 0.52로 우세목이 약간 높게 나타났으나 수관급에 따라 일정한 경향은 나타나지 않았으며, 제한된 표준목의 본수로 인하여 표준목간의 통계적 유의성 검정은 이루어지지 않았다. 이와 같은 결과는 40년생 편백림(정영교와 이광수, 2001)에서의 0.41(우세목) ~ 0.42(열세목) 및 35년생 잣나무 인공림(이경학 등 1998)의 0.37(준우세목) ~ 0.41(우세목)에 비하여 다소 높다고 생각된다.

수종별 건밀도 및 생밀도의 평균치와 한계치는 같은 수종이라도 그 범위가 매우 크며, 같은 임분내의 동일 수종이라도 개체목에 따라 다르게 나타난다(Knigge & Schulz, 1966). 따라서 이들 인자를 biomass 전환인자로 대체

할 경우 보다 많은 표준목과 수령 및 지역에 따른 전건비중을 산정하고 이들 인자를 이용하여 회귀식을 도출하면 임분의 현존량 추정에 있어서 보다 정확한 정보를 제공할 수 있을 것이라 사료된다.

### 결 론

진해지역 30년생 편백임분 조림지의 지상부 현존량을 Ulrich II법에 의하여 표준목을 3계급으로 나누어 수관급별 생산구조와 현존량을 조사한 결과 총 지상부 현존량은 137.3ton/ha 이었고, 그 중 줄기 98.954ton/ha, 가지21.152 ton/ha, 잎 17.636 ton/ha으로 나타났으며, 현존량의 구성비는 우세목과 준우세목에서는 줄기>가지>잎, 열세목에서는 줄기>잎>가지 순으로 나타났다. 일본에서의 편백림과 유사한 경

향을 보였으며, 부위별 건조비는 줄기 47.3~49.2% 가지 48.8~52.9% 잎 39.2~40.8% 고사지 0.78%~0.89%의 범위를 보였다. 표준목 전건비중(basic wood density)은 0.49~0.53으로 나타났다. 본 조사는 임분의 현존량 추정에 있어서 현장조사에서 많은 시간과 노력이 큰 제약 요건임을 감안할 때 이를 극복하기 위한 일련의 과정으로 수행된 것인데, 앞으로 계속 되는 연구에서는 이와같은 자료의 체계적인 구축이 선행되어야 하겠으며, 또한 현재 까지 현존량 추정에 널리 사용해오던 상대성장식별 중 그 설명력과 적합성이 우수한 식들을 이용하여 biomass를 추정할 현존량과 직접적인 비교검정이 선행되어 본 연구에서 미진했던 부분을 보완하여야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. 김갑덕, 현신규. 1982. 측수학. 242pp.
2. 김갑덕, 김철민. 1998. 국내산림 Biomass의 생산에 관한 연구와 동향. 임산에너지. 8(2):94-107.
3. 김춘식, 이정석, 조정진. 1987. 전남 장성지방 삼나무 편백 및 인공림의 물질생산에 관한연구. 한국임산에너지학회. 7(1) : 1-10.
4. 박인협, 임도형, 유석봉. 2000. 편백 유령 인공림의 임령에 따른 물질생산 및 무기양료 분배. 한국임학회지. 89(1) : 85-92.
5. 손영모, 이경학, 정영교. 2001. 인제지역 73년생 강원지방 소나무의 Biomass 추정. 한국산림측정학회지. 4(1):8-14.
6. 이경학. 1990. 캐나다의 산림바이오매스 조사 가이드(1) - 단목 바이오매스 추정식 개발을 위한 자료수집. 임산에너지 10(2):119-128.
7. 이경학, 정영교, 손영모. 1998. 경기도 포천 지방 35년생 잣나무 인공림의 바이오매스에 관한 연구. 한국산림측정학회지 1(1) : 61-68.
8. 이광수, 정영관. 2000. 화백임분의 물질생산에 관한연구. 한국산림측정학회지 3(2) : 45-54.
9. 정영교, 이광수. 2001. 40년생 편백임분의 물질생산량. 한국산림측정학회지. 4(2) : 11-17.
10. 진해합대기상대. 1971-2000년. 진해기상.
11. Aldred, A. H. and I. S. Alemdag. 1988. Guidelines for forest biomass inventory. Canadian Forest Service, Information Report PI-X-77. 134p.
12. Anthonie, V. L. and Alparslan. A. 1997. Forest Mensuration. Cuvillier Verlag Göttingen. 418pp.
13. Boysen-Jensen, P. 1932. Die Stoffproduktion der pflanzen. Jena, G. Fischer. 108pp.
14. Knigge, W. and Schulz, H.. 1966. Grundriß der Forstbenutzung. Hamburg
15. Kozak, A. 1970. Methods for ensuring addivity of biomass components by regression. the Forest Chronicle. 46: 402-404.
16. Lavigne, M. B. and R. S. von Nostrand. 1981. Biomass equations for tree species in central Newfoundland. Environment Canada, Forestry Service, Information Report N-X-199. 43pp.
17. Marshall, P. L. and Y. Wang. 1995. Above ground tree biomass of interior uneven-aged Douglas-fir stands. FRDA II. Canada. 23pp.
18. Ouellet. D. 1985. Biomass Equations for Six Commercial Tree Species in Quebec. Forestry Chronical. 61(3) : 218-222.



19. Satto. 1979. Standing crop and increment of bole in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase. MI E. Jap. J. Ecol. 29:103-109.
20. Tadaki, Y. 1976. Biomass of forest, with special reference to the leaf biomass of forests in Japan. J. Jap. For. Soc. 58(11) : 416-423.
21. 四手井綱英, 志井龍男, 劑藤秀樹, 河原輝彦. 1974. ヒノキ林-その生態と天然更新-. 地球社. 371pp.