

## 扁柏 幼齡 人工林의 林齡에 따른 物質生産 및 無機養料 分配<sup>1\*</sup>

朴仁協<sup>2</sup> · 林度亨<sup>2</sup> · 柳哲煥<sup>3</sup>

### Biomass, Net Production and Nutrient Distribution Related to Age of Young *Chamaecyparis obtusa* Plantations<sup>1\*</sup>

In Hyeop Park<sup>2</sup>, Do Hyung Lim<sup>2</sup> and Suk Bong Ryu<sup>3</sup>

#### 요 약

전남 순천시 모후산지역의 순천대학교 연습림에 식재되어 있는 6, 9, 14, 20년생 등 4개 편백 유령 임분을 대상으로 줄기의 목질부, 수피, 가지, 고사지, 잎, 뿌리 등 임목 각 기관의 물질생산과 N, P, K, Ca, Mg 등의 무기양료 분배를 조사분석하였다. 편백림은 경사도, 토양수분, 토양의 화학적 특성 등의 지형 및 토양 조건에 따라 흉고직경과 수고 성장에 큰 차이가 있었다. 경사가 완만하고 토양조건이 양호한 14년생과 20년생 임분의 임목 전체 현존량은 각각 96.2, 145.0t/ha이었으며, 순생산량은 각각 22.4, 23.5t/ha/yr이었다. 경사가 급하고 토양조건이 불량한 6년생과 9년생 임분의 현존량은 각각 0.7, 14.0t/ha이었으며, 순생산량은 각각 0.3, 4.7t/ha/yr이었다. 임령이 많아짐에 따라 축적기관인 줄기의 목질부와 가지의 현존량과 순생산량 구성비는 증가하는 반면, 생산기관인 잎의 현존량과 순생산량 구성비, 뿌리의 현존량 구성비는 감소하는 경향을 보임으로써, 임령에 따라 물질생산 분배에 차이가 있었다. 무기양료의 농도는 N, P, K, Mg는 잎이 가장 높았으며, Ca의 경우 수피가 가장 높았다. 임령이 많아짐에 따라 수피, 가지, 고사지, 뿌리의 N 농도와 가지의 K 농도는 감소하는 반면, 수피의 Ca 농도는 증가하였다. 임목 전체의 무기양료 함량은 N, K, Ca, Mg, P의 순으로 많은 경향이었으며, 온대 침엽수림의 평균치에 비하여 K 함량은 높은 반면, Ca 함량이 낮은 특성을 보였다.

#### ABSTRACT

Four *Chamaecyparis obtusa* plantations of 6, 9, 14, and 20 years were studied to investigate biomass, net production and nutrient distribution. There was wide difference in DBH and height growth of the stands according to site and soil conditions. Total biomasses of the stands of 14 years and 20 years located in gentle slopes and good soil conditions were 96.2t/ha and 145.0t/ha, and total net productions of those were 22.4t/ha/yr and 23.5t/ha/yr, respectively. Total biomasses of the stands of 6 years and 9 years located in steep slopes and poor soil conditions were 0.7t/ha and 14.0t/ha, and total net productions of those were 0.3t/ha/yr and 4.7t/ha/yr, respectively. As stand age increased, the ratios of stem wood and branches to total biomass and total net production increased, while the ratios of leaves to total biomass and total net production and the ratios of roots to total biomass decreased. Concentrations of N, P, K and Mg were greatest in the leaf and concentration of Ca was greatest in the stem bark. As stand age increased, N concentrations of the stem bark, branch, dead branch and root and K concentration of the branch decreased, while Ca concentration of the stem bark increased. Nutrient contents of the whole tree were great in order of N, K, Ca, Mg and P.

*Key words* : growth, biomass regression, nutrient concentration

<sup>1</sup> 接受 1999年 10月 20日 Received on October 20, 1999.

<sup>2</sup> 순천대학교 농과대학 산림자원학과 Department of Forest Resources, College of Agriculture, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea.

<sup>3</sup> 완도수목원 Wando Arboretum, Wando, Chonnam 537-810, Korea.

\* 이 연구는 1997년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과임 (과제번호 971-0607-054-1).

## 서 론

## 재료 및 방법

편백은 원산지인 일본에서는 해발 약 2,200m까지 분포하며, 줄기가 곧고 수고 30-40m, 흉고직경 50-150cm까지 자라는 상록침엽교목으로, 한국에서는 1920년대에 일본으로부터 도입 식재하기 시작하여 남부지방의 경제수종으로 식재되고 있다(임경빈, 1991). 그러나, 도입수종인 편백에 대한 한국에서의 생태학적 정보가 부족하기 때문에 편백림의 효율적인 육림관리 체계가 이루어지지 않고 있어서, 종합적인 생산생태학적 정보의 구명이 요구되고 있다. 임목의 성장은 동화기관인 잎에서 생성된 동화물질과 뿌리로부터 흡수된 무기양료의 이용 및 축적의 결과라는 관점에서 임분 전체의 줄기, 가지, 잎, 뿌리 등 부위별 물질생산과 무기양료의 분배를 파악함으로써 육림관리에 필요한 생산생태학적 정보를 제공하고 있다(Carlyle과 Malcolm, 1986).

본 연구는 전남 순천시 송광면 모후산지역의 순천대학교 연습림에 식재되어 있는 6, 9, 14, 20년생 등 4개 편백 유령 임분을 대상으로 줄기, 가지, 잎, 뿌리 등 임목 각 부위의 물질생산과 무기양료 분배를 조사분석함으로써 종합적인 생태학적 정보를 제공하는데 목적이 있다.

## 1. 조사지 개황

본 연구는 전남 순천시 송광면 모후산지역의 순천대학교 연습림에 식재되어 있는 1997년 현재 6, 9, 14, 20년생 등 4개 편백 유령 임분을 대상으로 실시되었다. 4개 임분은 1-1묘로 각각 1994, 1991, 1986, 1980년에 1.5m×1.5m 간격으로 식재된 후 시비, 풀베기, 제벌 등의 일반적인 육림작업이 시행되었다. 임목밀도는 6, 9, 14, 20년생 임분에서 각각 3,800, 3,600, 2,300, 1,750주/ha이었다(Table 1). 6년생과 9년생 임분은 식재간격과 임목밀도를 고려하면 각각 85, 80% 정도의 잔존율을 보이는 것으로 산정된다. 14년생과 20년생 임분은 조사 2년전인 1995년에 동시에 간벌을 실시한 임분으로서, 간벌율에 대한 기록은 없으나 식재간격과 임목밀도를 고려하면 잔존율은 각각 50, 40% 정도로 산정된다. 6, 9년생 임분은 14, 20년생 임분에 비하여 해발고는 다소 낮은 반면 경사도가 비교적 높은 급경사지이었다. 하층식생은 4개 임분 모두 진달래, 개웃나무 등이 드물게 출현하였으나, 지속적인 제벌작업에 의하여 치수 상태이며 식피율이 낮았기 때문에 조사에서 제외되었다. 매목조사시 설정한 임분별 5개 조사구의 중

Table 1. General description of four *Chamaecyparis obtusa* stands

	Stand age(yr)			
	6	9	14	20
Altitude(m)	140	130	250	240
Aspect	E	E	SE	NE
Slope(°)	35	30	10	5
Density(trees/ha)	3,800	3,600	2,300	1,750
DBH(mean±SD, cm)	1.3*±0.5	3.3±1.3	10.9+2.3	14.2±1.8
Mean height(m)	1.5	3.7	10.2	11.3
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	0.50**	3.25	22.28	28.96

\* Root collar diameter \*\* Root collar area

Table 2. Soil characteristics of four *Chamaecyparis obtusa* stands

Stand age	Soil moisture* (%)	Organic matter (%)	pH (H <sub>2</sub> O, 1:1)	Total N (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	CEC (me/100g)	Exchangeable bases(me/100g)		
							K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>+</sup>
6 yrs	20.3	2.7	4.6	0.16	22.42	13.86	0.17	0.27	0.09
9 yrs	25.7	3.4	4.4	0.24	26.59	17.05	0.17	0.35	0.08
14 yrs	29.0	5.9	4.9	0.27	38.79	19.16	0.30	0.44	0.14
20 yrs	30.8	6.2	4.9	0.32	57.88	18.90	0.29	0.52	0.22

\* (wet weight-ovendry weight)/ovendry weight×100(%)

양부에서 유기물층을 걷어낸 후 0~50cm 깊이의 토양시료를 취하여 분석한 결과 전반적으로 6, 9년생 임분은 14, 20년생 임분에 비하여 토양조건이 불량하였다(Table 2). 이러한 이유는 6, 9년생 임분의 경우 급경사지인 점을 고려할 때 임령과 지형의 차이 때문이라고 할 수 있다.

**2. 조사 방법**

**가. 매목조사 및 표본목 선정**

무작위표본추출법에 의하여 4개 임분별 10m×10m 조사구 5개씩을 설치하여 매목조사를 하였다. 매목조사는 각 조사구내 개체목의 흉고직경, 수고 등을 측정하였다. 흉고 이하 개체목이 다소 출현하는 6년생 임분의 경우 근원경, 수고 등을 측정하였다. 표본목은 6, 9년생 임분에서는 각각 20주씩, 14, 20년생 임분에서는 각각 10주씩 임분별 흉고직경급 또는 근원경급이 고르게 분포하도록 선정하였다.

**나. 표본목 및 시료 측정**

선정된 각 표본목을 벌목하여 줄기, 생지, 고사지, 잎으로 구분한 후 다음의 각 항목을 조사하였다. 줄기는 14년생과 20년생 임분은 지상 0.2m 높이에서 1m 간격으로, 수고가 낮은 6년생 임분과 9년생 임분은 근원부에서 각각 50, 20cm 간격으로 절단하여 생중량을 측정한 후 절단한 각 통나무의 중앙부에서 5-10cm 두께의 원판을 채취하였다. 원판은 생중량을 측정한 후 수피내직경, 수피외직경, 수피재적, 연륜수 등과 수간석해용 자료를 측정하였다. 그리고 85℃에서 향량이 될 때까지 건조시켜 건중량을 측정한 후 수피를 분리하여 수피건중량을 측정하였다. 측정치에 의하여 각 원판의 건중량대 생중량비, 수피건중량대 수피재적비 등을 산정하였다. 생지와 고사지는 각각 생중량을 측정하고 임분별 무작위 3반복으로 시료를 취하여 생중량과 건중량을 측정한 후 건중량대 생중량비를 산정하였다. 잎은 1년생과 2년생 이상으로 구분하여 생중량을 측정한 임분별 무작위 3반복으로 시료를 취하여 건중량 환산용으로 하였다. 뿌리는 9, 14, 20년생 임분은 임분별 표본목 중 5주씩, 6년생 임분은 표본목 전체의 뿌리를 가급적 전량 굴취하여 생중량을 측정하고 시료를 취하여 건중량대 생중량비를 산정하였다.

**다. 표본목의 부위별 건중량**

각 표본목 줄기의 건중량은 임분에 따라 일정한 길이로 절단한 통나무 생중량과 중앙부 원판의 건중량대 생중량비에 의하여 산출된 통나무 건중량의 합으로 하였다. 수피의 건중량은 원판 측정치에 의하여 산출된 통나무의 수피재적과 원판의 수피건중량대 수피재적비에 의하여 산출된 각 통나무의 수피건중량을 합산하였다. 목질부 건중량은 줄기의 건중량에서 수피건중량을 감한 값으로 하였다. 생지, 고사지, 잎, 뿌리의 건중량은 각각의 생중량과 시료의 건중량대 생중량비에 의하여 환산하였다.

**라. 현존량 및 순생산량 추정**

임분의 현존량은 임분별 표본목 측정치에 의하여 일반적으로 적합도 및 실용성이 높은 것으로 인정되고 있는 흉고직경(D)을 독립변수, 부위별 건중량(Wt)을 종속변수로 하는 대수회귀식( $\log Wt = A + B \log D$ )을 임분별, 부위별로 유도한 후 매목조사시 측정된 임분별 조사구내 개체목의 흉고직경 측정치에 의하여 추정하였다(Whittaker와 Marks, 1975). 흉고 이하의 개체목이 다소 출현하는 6년생 임분의 경우 표본목 20주의 부위별 건중량 합을 표본목 근원단면적대 조사구 근원단면적비에 곱하는 단면적법(Whittaker and Marks, 1975)을 적용하였다.

임분의 순생산량 추정은 Grier와 Logan(1977)의 방법을 적용하였다. 줄기의 목질부, 수피, 가지의 연간 순생산량을 추정하기 위하여 임분별로 흉고직경급이 고르게 선정된 표본목들의 흉고부 원판의 수피두께(B), 수피내직경(Di), 최근 3년간 연평균수피내직경성장량( $\Delta Di$ )을 측정하였다. 각 조사구내 개체목별 전년도 흉고직경(d)은 매목조사시 측정된 현년도 흉고직경(D)과 흉고직경급별 표본목 원판 측정치에 의하여  $d = D - (\Delta Di + \Delta B) = D - \Delta Di \times D / Di$ 식에 의하여 산정하였다. 줄기의 목질부, 수피, 가지의 순생산량은 개체목별 d를 현존량의 대수회귀식에 대입하여 전년도의 현존량을 구한 후, 현년도의 현존량에서 전년도의 현존량을 감한 값으로 하였다. 흉고 이하의 개체목이 다소 출현하는 6년생 임분의 경우 표본목 20주의 근원부 원판 측정치에 의하여 산정한 최근 2년간 연평균 근원단면적 증가비에 의하여 부위별 순생산량을 구하였다(Whittaker and Marks, 1975). 잎은 1년생 잎의 현존량을 순생산량으로 하였다.

마. 임목내 무기양료 조사분석

별채된 표본목 중 임분별 무작위로 선정한 3개 표본목의 줄기의 목질부, 수피, 생지, 고사지, 잎, 뿌리 등의 각 부위에서 총 72점(4임분×3표본목×6부위)의 시료를 취하여 N, P, K, Ca, Mg 등의 주요 무기양료 농도를 분석한 후 현존량 추정치에 의하여 임분별, 부위별 무기양료 함량을 산정하였다. 분석시료의 채취시기는 1997년 8월이었으며, N은 Kjeldal법, P는 molybdenum blue법, K는 염광분석법, Ca와 Mg는 원자흡광분석법에 의하여 분석하였다(Allen 등, 1986).

결과 및 고찰

1. 흉고직경과 수고 성장

임분별 표본목들의 수간석해에 의한 흉고직경과 수고의 평균 성장은 Fig. 1과 같다. 6년생과 9년생 임분은 14년생과 20년생 임분에 비하여 동일 수령일 때의 흉고직경과 수고가 상당히 작았다. 그 이유는 6, 9년생 임분의 경우 급경사지에 위치하고 있어서 토양수분, 토양의 화학적 특성 등이 불량하기 때문이라고 판단된다(Table 1, 2). 이것은 편백이 지형 및 토양조건에 따라 성장에 큰 차이가 있음을 시사하고 있다. 14년생 임분은 20년생 임분에 비하여 동일 수령일 때의 흉고직경은 유사하였으나 수고는 다소 높았다. 임령이 가장 많은 20년생 임분의 경우 수령 18년 이후 수고성장이 다소 정체되는 경향이였다.

2. 물질생산

Table 3에서는 흉고 이하의 개체가 다소 출현하는 6년생 임분을 제외한 9, 14, 20년생 임분의 표

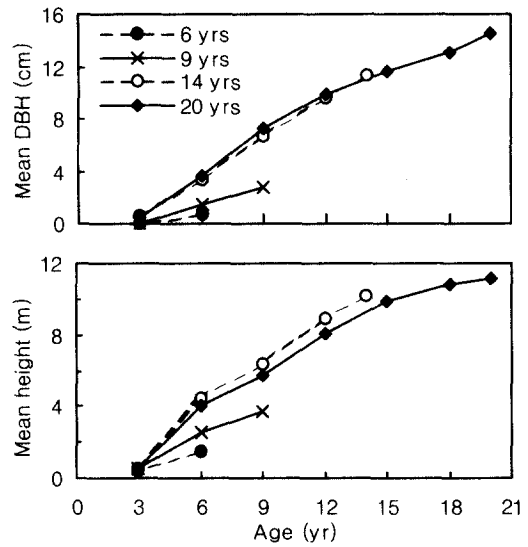


Fig. 1. Mean DBH and height growth of the sample trees at every 5-year periods for four *Chamaecyparis obtusa* stands

본목 측정치에 의하여 유도된 일괄 현존량 대수회귀식과 상대오차추정치(E) (Whittaker와 Marks, 1975)에 의한 적합도 검정 결과를 제시하였다. 대수회귀식의 기울기는 줄기의 목질부가 2.793으로 가장 높았으며, 잎은 1.886으로 가장 낮았다. 이것은 Whittaker와 Marks(1975)와 동일한 결과로서, 지속적인 축적기관과 일정한 기간 후 갱신되는 생산기관의 차이라고 할 수 있다.

임분별, 부위별 현존량과 순생산량은 각각 Table 4, 5와 같다. 부위별 현존량 구성비는 임령이 가장 적은 6년생 임분은 잎, 줄기의 목질부, 뿌리, 수피, 가지, 고사지의 순으로 높았으며, 20년생

Table 3. Generalized allometric biomass regressions for all sample trees in three *Chamaecyparis obtusa* stands of 9, 14 and 20 years (Regression model ;  $\log Wt = A + B \log D$ , Wt is dry weight in g, D is DBH in cm and E is the estimate of relative error)

Tree component	A	B	R <sup>2</sup>	E
Stem wood	1.403	2.793	0.963	1.379
Stem bark	1.123	2.303	0.958	1.358
Stem	1.460	2.822	0.960	1.447
Branches	0.972	2.598	0.952	1.451
Dead branches	-0.010	2.578	0.942	1.475
Leaves	1.808	1.886	0.929	1.391
Aboveground total	1.982	2.477	0.961	1.371
Root	1.380	2.526	0.972	1.302
Tree total	2.087	2.481	0.966	1.341

**Table 4.** Biomass(kg/ha) of four *Chamaecyparis obtusa* stands

Tree component	Stand age(yr)			
	6	9	14	20
Stem wood	134 (19.1)	4070 (29.0)	46819 (48.7)	69915 (48.2)
Stem bark	66 ( 9.4)	1351 ( 9.6)	6747 ( 7.0)	9755 ( 6.7)
Stem	200 (28.5)	5421 (38.6)	53566 (55.7)	79670 (54.9)
Branches	40 ( 5.7)	1222 ( 8.7)	10497 (10.9)	15846 (10.9)
Dead branches	11 ( 1.6)	72 ( 0.5)	986 ( 1.0)	3047 ( 2.1)
Leaves	282 (40.2)	4046 (28.8)	11046 (11.5)	15577 (10.7)
Aboveground total	533 (76.0)	10762 (76.6)	76095 (79.1)	114140 (78.7)
Root	169 (24.0)	3281 (23.4)	20089 (20.9)	30818 (21.3)
Tree total	650 (100%)	14042 (100%)	96184 (100%)	144958 (100%)

**Table 5.** Net production(kg/ha/yr) of four *Chamaecyparis obtusa* stands

Tree component	Stand age(yr)			
	6	9	14	20
Stem wood	71 (23.3)	1323 (27.9)	9643 (43.1)	8913 (37.9)
Stem bark	35 (11.4)	439 ( 9.3)	1390 ( 6.2)	1244 ( 5.3)
Stem	106 (34.7)	1762 (37.2)	11033 (49.3)	10157 (43.2)
Branches	22 ( 7.1)	489 (10.3)	3149 (14.1)	3961 (16.9)
Leaves	116 (37.8)	1578 (33.3)	3755 (16.7)	4829 (20.5)
Aboveground total	244 (79.6)	3829 (80.8)	17937 (80.1)	18947 (80.6)
Root	63 (20.4)	913 (19.2)	4447 (19.9)	4555 (19.4)
Tree total	307 (100%)	4742 (100%)	22384 (100%)	23502 (100%)
Net assimilation ratio*	1.09	1.17	2.03	1.51

\* total net production / leaf biomass

임분은 줄기의 목질부, 뿌리, 가지, 잎, 수피, 고사지의 순으로 높았다. 임령이 많아짐에 따라 줄기의 목질부, 가지의 현존량 구성비는 증가하는 반면, 수피, 잎, 뿌리의 현존량 구성비는 감소하는 경향이였다. 부위별 순생산량 구성비는 14, 20년생 임분이 6, 9년생 임분에 비하여 줄기의 목질부와 가지는 높은 반면 수피와 잎은 낮음으로써 물질생산 분배에 차이가 있었다.

14년생과 20년생 임분의 뿌리를 포함한 임목 전체의 현존량은 각각 96.2, 145.0t/ha이었으며, 지상부 현존량은 각각 76.1, 114.1t/ha이었다. 원산지인 일본에서 조사된 유사한 임령의 편백 인공림 현존량과 비교하면 12년생 인공림 지상부 현존량 62t/ha(Kawahara, 1988), 69.2t/ha(Kawahara와 Yamamoto, 1982), 16년생 인공림 지상부 현존량 61.4t/ha(Saito와 Furuno, 1982), 17년생 인공림 임목 전체 현존량 125.9t/ha(Kawahara 등, 1979), 18년생 인공림 임목 전체 현존량 72.9t/ha(Hagihara

와 Hozumi, 1983), 30년생 인공림 임목 전체 현존량 182.3t/ha(Yamakura 등, 1972)로서 본 조사의 현존량이 비교적 높은 수준인 것을 알 수 있다. 흉고직경과 수고 성장이 불량한 것으로 나타난 6년생과 9년생 임분의 지상부 현존량은 각각 0.5, 10.8t/ha로서 일본의 6년생 인공림 지상부 현존량 24t/ha(Kawahara, 1988)에 비하여 상당히 낮은 수준이었다. Tadaki(1966, 1976)는 편백의 잎 현존량은 비늘 모양의 녹색 소지가 포함되기 때문에 비교적 높은 값을 보이며, 간벌이 필요한 수관이 밀폐되는 시점의 잎 현존량은 15t/ha 내외라고 하였다. 본 조사에서 잎의 현존량은 14년생과 20년생 임분이 각각 11.0, 15.6t/ha로서 20년생 임분의 경우 2년 전에 간벌을 실시하였으나 간벌량이 적었으며 2차 간벌이 필요한 것을 시사하고 있다. 또한, 20년생 임분이 14년생 임분에 비하여 잎의 현존량은 1.4배 정도 많으나 임목 전체 순생산량이 별 차이가 없는 것은 순동화율 즉, 잎의 생산능률

이 낮기 때문이라고 할 수 있으며(Table 4, 5), 이것은 20년생 임분의 경우 수관의 밀폐 정도가 심하다는 것을 확인해 주고 있다.

**3. 무기양료**

4개 임분을 전반적으로 볼 때 N의 농도는 잎, 수피, 뿌리, 가지, 줄기의 목질부, 고사지의 순으로 높았다(Table 6). P의 농도는 잎, 수피, 가지, 줄기의 목질부와 뿌리, 고사지의 순으로 높은 경향이였다. K와 Mg의 농도는 잎, 뿌리, 수피, 가지, 줄기의 목질부, 고사지의 순으로 높았다. Ca의 농도는 수피, 고사지, 가지, 잎, 뿌리, 줄기의 목질부의 순으로 높은 경향이였다. 이것은 일본의 편백림(Aiba 등, 1985; Harada 등, 1969)과 유사한 경향이였다. 임령이 많아짐에 따라 수피, 가지, 고사지, 뿌리의 N 농도와 가지의 K 농도는 감소하는 반면, 수피의 Ca 농도는 증가하였다. 이것은 잣나무류(Sprugel, 1984)와 유사한 경향이였다.

Table 7에서는 임분별, 부위별 무기양료 농도와 현존량(Table 4)에 의하여 산정한 무기양료 함량을 보였다. 4개 임분을 전반적으로 볼 때 임목 전체의 무기양료 함량은 N, K, Ca, Mg, P의 순으로 많은 경향이였으며, 임령이 비교적 많은 14, 20년생 임분의 경우 K와 Ca의 함량간에는 별 차이가

없었다. Kozlovski와 Pallardy(1997)는 임목의 무기양료 함량은 수종, 수령, 입지, 계절 등에 따라 다르며, 온대 침엽수림의 평균치는 N과 Ca, K, Mg와 P의 순으로 많다고 하였다. 본 연구의 편백림 4개 임분은 온대 침엽수림의 평균치에 비하여 K 함량은 높은 반면 Ca의 함량이 낮은 것을 알 수 있다. 이것은 일본의 편백림(Aiba 등, 1985), 캐나다의 방크스소나무림(Waring과 Schlesinger, 1985)과 동일한 경향으로써, 편백의 경우 K의 요구도가 비교적 높은 것을 시사하고 있다. 임령이 가장 많은 20년생 임분의 임목 전체에 대한 줄기의 목질부 무기양료 함량의 비는 N, P, K, Ca, Mg가 각각 19.5, 26.4, 22.8, 12.8, 21.9%로 산정됨으로써, 간벌 또는 추후 벌채시 가급적 주 이용 대상인 줄기의 목질부만 분리 반출할 경우 무기양료의 손실을 80% 정도 감소시킬 수 있는 것을 알 수 있다.

**결론**

본 연구의 편백림은 경사도, 토양수분, 토양의 화학적 특성 등의 지형 및 토양 조건에 따라 성장에 큰 차이가 있었으며, 임령이 유사한 일본의 편백림과 비교하면 경사가 완만하고 토양조건이 양호한 14, 20년생 임분의 현존량은 비교적 높은 수준이었으며, 경사가 급하고 토양조건이 불량한 6,

**Table 6.** Nutrient concentration(%) of the tree components in four *Chamaecyparis obtusa* stands

Tree component	Stand of 6-year-old					Stand of 9-year-old				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Stem wood	0.17	0.04	0.15	0.06	0.05	0.17	0.03	0.17	0.03	0.04
Stem bark	0.85	0.07	0.33	1.39	0.06	0.66	0.06	0.38	1.46	0.08
Branches	0.45	0.06	0.27	0.49	0.08	0.44	0.05	0.26	0.48	0.06
Dead branches	0.17	0.02	0.03	0.54	0.04	0.14	0.02	0.03	0.53	0.03
Leaves	1.32	0.12	0.76	0.37	0.14	1.29	0.14	0.80	0.41	0.11
Root	0.63	0.04	0.36	0.09	0.08	0.49	0.03	0.42	0.09	0.10
Tree component	Stand of 14-year-old					Stand of 20-year-old				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Stem wood	0.14	0.04	0.12	0.07	0.05	0.15	0.02	0.13	0.07	0.03
Stem bark	0.57	0.07	0.26	1.47	0.09	0.55	0.05	0.34	1.56	0.09
Branches	0.41	0.03	0.23	0.50	0.05	0.37	0.05	0.20	0.43	0.06
Dead branches	0.13	0.01	0.02	0.55	0.02	0.12	0.02	0.02	0.47	0.03
Leaves	1.17	0.13	0.79	0.42	0.13	1.22	0.11	0.82	0.44	0.13
Root	0.42	0.04	0.28	0.09	0.11	0.41	0.03	0.37	0.10	0.11

**Table 7.** Nutrient content(kg/ha) in the tree components for four *Chamaecyparis obtusa* stands

Tree component	Stand of 6-year-old					Stand of 9-year-old				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Stem wood	0.23	0.05	0.20	0.08	0.07	6.9	1.2	6.9	1.1	1.6
Stem bark	0.56	0.05	0.22	0.92	0.04	8.9	0.8	5.1	19.7	1.1
Branches	0.21	0.02	0.11	0.20	0.03	5.4	0.6	3.2	5.9	0.7
Dead branches	0.02	0.002	0.003	0.06	0.004	0.1	0.01	0.02	0.4	0.02
Leaves	3.72	0.34	2.14	1.04	0.39	52.2	5.7	32.4	16.6	4.5
Root	1.07	0.06	0.61	0.15	0.13	16.1	1.0	13.7	3.0	3.3
Total	5.81	0.52	3.28	2.45	0.66	89.6	9.31	61.32	46.7	11.22

Tree component	Stand of 14-year-old					Stand of 20-year-old				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Stem wood	66	19	56	33	23	105	14	91	49	21
Stem bark	38	5	18	99	6	54	5	33	152	9
Branches	43	3	24	52	5	59	8	32	68	10
Dead branches	1	0.1	0.2	5	0.2	4	1	1	14	1
Leaves	129	14	87	46	14	190	17	128	69	20
Root	85	7	57	18	23	126	8	115	30	35
Total	362	48	242	253	71	538	53	400	382	96

9년생 임분은 상당히 낮은 수준이었다. 임령이 많아짐에 따라 축적기관인 줄기의 목질부와 가지의 현존량과 순생산량 구성비는 증가하는 반면, 생산기관인 잎의 현존량과 순생산량 구성비, 뿌리의 현존량 구성비는 감소하는 경향을 보임으로써, 임령에 따라 물질생산 분배에 차이가 있었다. 임목 전체의 무기양료 함량은 N, K, Ca, Mg, P의 순으로 많은 경향이었으며, 온대 침엽수림의 평균치에 비하여 K 함량은 높은 반면, Ca 함량이 낮은 특성을 보임으로써, 편백의 경우 K의 요구도가 비교적 높은 것으로 추정되었다. 한편, 간벌 또는 추후 벌채시 가급적 주 이용 대상인 줄기의 목질부만 분리 반출할 경우 무기양료의 손실을 80% 정도 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

**인 용 문 헌**

1. 임경빈. 1991. 조림학 본론. 향문사. 347pp.
2. Aiba, Y., K., K. Haibara and A. Kondo. 1985. The effects of intensive tending works on soil productivity. J. Jap. For. Soc. 67 : 297-304.
3. Allen, S. E., H. M. Grimshaw and A. P. Rowland. Chemical analysis. Pages 285-337 in

P. D. Moore and S. B. Chapman, ed. Methods in Plant Ecology. Blackwell Scientific Pub., London.

4. Carlyle, J. C. and D. C. Malcolm. 1986. Biomass and element capital of a 7-year-old lodgepole pine stand growing on deep peat. For. Ecol. Manage. 14 : 285-291.
5. Grier, C. C. and R. S. Logan. 1977. Old growth *Pseudotsuga Menziessii* communities of a western Oregon watershed : Biomass and production budget. Ecol. Monogr. 47 : 373-400.
6. Hagihara, A. and K. Hozumi. 1983. Studies on the primary production in a *Chamaecyparis obtusa* plantation. J. Jap. For. Soc. 65(10) : 357-365.
7. Harada, H., H. Sato, I. Hotta and Y. Tadaki. 1969. On the amount of nutrition contained in 28-year-old Cryptomeria forest and Chamaecyparis forest. J. Jap. For. Soc. 51(5) : 125-133.
8. Kawahara, T. 1988. Studies on mixed stands of akamutu and hinoki (VI) -Productivity of model mixed stands in nursery. J. Jap. For. Soc. 70(12) : 534-539.

9. Kawahara, T. and K. Yamamoto. 1982. Studies on mixed stands of akamatsu(*Pinus densiflora*) and hinoki(*Chamaecyparis obtusa*) (I) -Productivity and decomposition rate of organic matter. J. Jap. For. Soc. 64 : 331-339.
10. Kawahara, T., Y. Tadaki, I Takeuchi, A. Sato, K. Higuchi and K. Kamo. 1979. Productivity and cycling of organic matter in natural *Fagus crenata* and two planted *Chamaecyparis obtusa* forests. Jap. J. Ecol. 29 : 387-395.
11. Kozlowski, T. and S.G. Pallardy. 1997. Physiology of woody plants. Academic Press, New York. 411pp.
12. Saito, H. and T. Furuno. 1982. Dry matter production in *Chamaecyparis obtusa* plantations in Owase, Mie Prefecture and in Kamikitayama, Nara Prefecture. J. Jap. For. Soc. 64 : 209-219.
13. Sprugel, D.G. 1984. Density, biomass, productivity, and nutrient-cycling changes during stand development in wave-regenerated balsam fir forests. Ecol. Monogr. 54(2) : 165-186.
14. Tadaki, Y. 1966. Some discussion on the leaf biomass of forest stands and trees. Bulletin of the Government Forest Experiment Station 184 : 135-159.
15. Tadaki, Y. 1976. Biomass of forests, with special reference to the leaf biomass of forests in Japan. J. Jap. For. Soc. 58(11) : 416-423.
16. Waring, R.H. and W.H. Schlesinger. 1985. Forest Ecosystems-Concepts and Management-. Academic Press Inc., London. 340pp.
17. Whittaker, R. H. and P. L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity, pp. 55-118. In H. Lieth and R.H. Whittaker (ed.) Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag, New York.
18. Yamakura, T., H. Saito and T. Shidei. 1972. Production and structure of under-ground part of hinoki(*Chamaecyparis obtusa*) stand (I) - Estimation of root production by means of root analysis. J. Jap. For. Soc. 54(4) : 118-125.