

거제시 계룡산의 편백군락에 관한 생태학적 연구

허만규* · 최주수 · 문성기¹

동의대학교 분자생물학과, ¹경성대학교 생물학과

Received May 14, 2005 / Accepted June 3, 2005

Ecological Studies on the Vegetation of *Chamaecyparis obtusa* Community at Mt. Gyeryoung in Geoje-city. Man Kyu Huh*, Joo-Soo Choi and Sung Gi Moon¹. *Division of Molecular Biology, Donggeui University, Busan, 614-714, Korea, ¹Depart. of Biology, Kyungsung University, Busan 608-736, Korea* – The characters of *Chamaecyparis obtusa* community extended around the Mt. Gyeryoung in Geoje-city were investigated for several ecological parameters and the results can be summarized as follows. *Chamaecyparis obtusa* is prevailing in the plantation area, whereas *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* are prevailing in its outskirts. Plant biomass and net production which estimated from degree of green naturality and Miami's model were much higher in the plantation than those of the natural forest. However, the mean species diversity of plantation was lower than that of natural populations. In stratification of investigated areas, overstory tree layer was dominant in the zone of plantation and dominant layers in the natural forest were understory tree layer, shrub, and herb.

Key words – *Chamaecyparis obtusa*, Mt. Gyeryoung, natural forest, stratification, plantation

우리에게는 세계를 향해 자신 있게 자랑할 수 있는 것이 많지만 그 중에서 숲이 있다는 것이다. 보다 정확하게 표현하자면 황폐화된 국토를 다시 푸르게 복구시킨 숲을 가지고 있다는 사실이다. 우리의 전세대가 지난 30여년 동안 약 1백억 그루의 나무를 심었기 때문이다. 어렵게 녹화시킨 우리의 숲이지만, 자원으로서의 기능은 물론이고 환경을 유지하는 환경지체체로서의 기능조차 충분히 발휘하지 못하고 있다. 그 근본적인 이유는 심은 지 30여년이 채 안된 어린 나무들로 구성된 숲의 구조적인 문제 때문이다. 또 2백년 역사의 임업 선진국 독일의 경우, 헥타아르당 2백입방미터 이상의 산림축적을 가진데 비하여 우리는 겨우 48입방미터이다. 환경지체체로서 숲이 가진 역할과 효능에 이제 관심을 경주해야 할 시점에 이르렀다.

장구한 시간이 요하는 산림에 대한 투자는 무의미한 것으로 치부하고, 국토가 녹화되었으니 더 이상의 투자는 필요 없다고 생각하는 사람이 많다. 자연 그대로 방치하는 것이 더 환경을 보전하는 것이라고 생각하는 사람도 있다. 그러나 산림학의 관점에서 보면 숲을 집약적으로 경영할 경우 자연 상태로 방치했을 경우보다 4~5배, 환경기능은 2~3배 더 발휘할 수 있다[13]. 즉, 일년생 초본과 잡목이 무성한 식물상을 가지고 녹지 운운하는 것은 겨울에 낙엽을 가지는 다년생 상록수에 비할 바가 아니다. 한편, 환경보호단체의 숲에 대한 인식도 앞에 언급한 부류와 크게 다르지 않다. 숲을 보호하고 건강하게 관리하기 위해서는 필수적으로 요구되는 임도 건설을 환경과피라고 주장한다. 즉, 자연에 맡기자는 것이다.

그럴 경우 숲은 무질서하게 엷히고, 기생식물, 감는 덩굴식물, 외래 귀화식물 등 소위 무법천지가 되는 경우가 많다. 좋은 자생지를 파괴하기보다는 적어도 이런 지역은 바로잡을 필요가 있다. 가꾸고 지키는 일을 지속적으로 시작해야 생존의 지지체로서 필요한 산소와 물을 숲이 제공해줄 것이다.

그런데 여기서는 논외이지만 종보전이나 그 지역 특산종이나 보호림은 이론의 여지가 없음을 무론이다. 그러나 많은 숲이 산화나 벌채 등 인위적 요인이나 송충이에 의한 잎을 갉아먹거나 소나무재선충같이 식물을 고사시키는 자연생태적으로도 숲이 황폐화될 수 있다. 황폐화된 지역이 종자나 잔근으로 자연적으로 다시 번성하기에는 오랜 시간이 소요되어 이때 인간의 간섭이 필요할 수 있다[10].

이런 목적에서 본 조사는 인위적인 식물의 군락, 즉 소나무와 편백의 조림지와 그 주변의 식생을 비교할 수 있는 좋은 예에 대한 일례를 소개하고자 본 연구를 수행하였다.

연구 방법

연구 범위, 시기

편백(*Chamaecyparis obtusa* (S. et Z.) Endl.) 군락과 식물상의 조사범위는 경상남도 거제시 신현읍 장평리, 상등리, 옥산리 사이의 계룡산(해발고도: 535 m) 일원의 장단축 약 500 m로 하였다. 본 조사지구의 전면은 사찰, 주거지가 조성되어 있지만 배면은 양호한 산림이 조성되어 있다. 주변지역으로는 거제시청과 거제도 포로수용소 유적관 등이 있다. 식물상에 의한 채집은 지형 확인과 개체수의 동정과 빈도 등을 중심으로 실시하였으며, 그 후 녹지자연도, 현존식생 등 각 조사항목에 대해 조사하였다.

*Corresponding author

Tel : +82-51-890-1529, Fax : +82-51-890-1521

E-mail : mkhuh@deu.ac.kr

조사지역내 식물의 수종은 계절에 따라 큰 변동은 없지만, 조사시기에 따라서 봄이나 가을에 출현하는 종 등 조사시기에 따라 약간의 종조성은 차이가 있을 수 있어 계절별 실시하여 연중조사로 보완하였다. 조사시기는 2002년 3월에서 2004년 10월까지 분기별로 실시하였다.

조사지점 및 경로

식물상은 조사지역을 현지 답사하여 현장조사를 통하여 실시하였다. 산림지역은 조사경로가 아니더라도 건물을 제외한 수목 및 초본이 있는 전지역을 조사하되 녹지 전역중 5개 지점에서 중점적인 조사가 이루어졌다(Fig. 1).

식물상과 식생조사

식물상과 식생은 5개 지역을 선정하여 표본구(quadrat) 조사를 통해 분석하였다. 표본구의 설치는 식생조사에서 널리 사용되는 일반적인 기준을 참고하였다[1,3]. 위치는 편백나무 군락의 중심부를 A, 동쪽을 B, 서쪽을 C, 남쪽을 D, 북쪽을 E로 설정하였다(Fig. 1). 또 각 식물이 차지하고 있는 우점도 및 피도는 우점도와 피도계급에 따라 구분하였다[1]. 상관에 의한 우점중, 방형구(1 m×1 m, 10 m×10 m)에 의한 피도를 산출하였다.

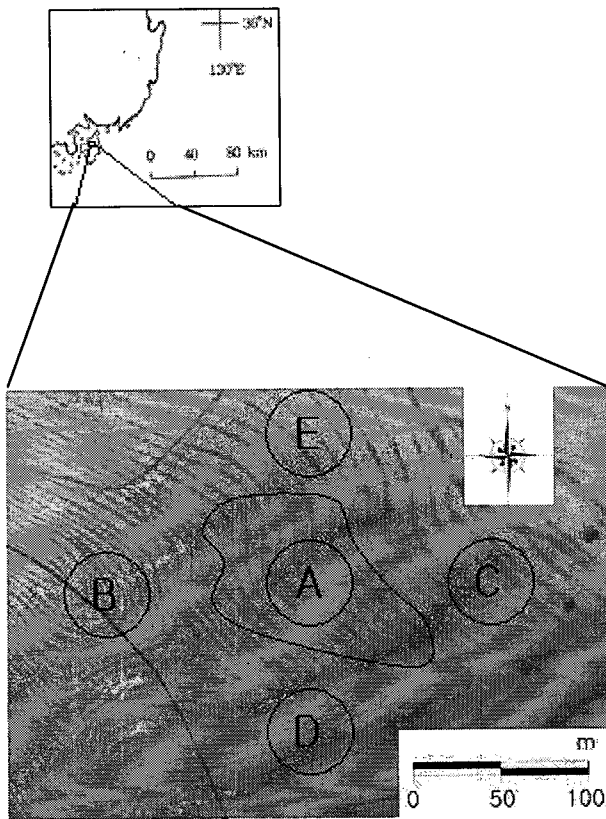


Fig. 1. Map showing sampled sites at Mt. Gyeryoung. Closed oval: *Chamaecyparis obtusa* community.

종다양도의 산출

자연군락에서 조립지로의 군락구조의 변화에 따른 종의 다양성 변화는 군락수준에서 일어나는 생태계내의 생물적, 비생물적 구성원의 안정성과 연관되어 있으므로 다양성을 측정하는 것은 군락분석의 중요한 지표로 활용된다[5,6,9]. 각 표본구의 종다양도는 일반적으로 많이 통용되는 Shannon과 Weaver[14]의 정보이론에 바탕을 둔 다양도지수(diversity index: $H' = -\sum P_i \log_2 P_i$, P_i = 총 개체수에 대한 각 개체수의 비율)를 사용하여 분석하였다. 유사도(similarity)는 Sørensen [15]에 의한 방법으로 산출하였다. 또 산출된 유사도 지수로 각 지점간을 비가중치 평균 연결법(UPGMA)으로 군집화하였다. 균등성 지수(evenness index)는 Pielou[11,12]에 의한 방법으로 산출하였다.

$$e = -\sum\{(P_i)\log(P_i)\}/\log(S), (S: \text{종 수})$$

녹지자연도

녹지자연도(Degree of Green Naturality: DGN)는 녹지공간간의 자연성을 나타내는 하나의 지표로 인간에 의한 자연의 개발현황과 잔존자연의 분량을 식물군락의 종조성 기준에 따랐다.

현존량과 순생산량

본 조사지역과 인근지역의 식물현존량 및 순일차생산량의 산정 방법은 Model에 의한 방법과 녹지자연도를 이용하는 방법을 적용하여 값을 산출 비교하였다. Model에 의한 이론적인 식물현존량의 추정은 Lieth와 Box가 제시한 Miami model[7,8]을 사용하였다.

상대성장을 이용한 현존량의 추정은 다음 관계식에서 유도하였다. $\log Z = h \log X + \log A$ (h 는 상대성장계수, Z 와 X 는 변수, A 는 상수). 흉고직경(D)의 대수와 잎의 건중량(W_L)의 회귀식과 D 와 줄기(W_S)사이의 회귀식, D 와 줄기 가지의 회귀식(W_B)을 산출하였다.

결 과

식생

전지역의 일반적인 식생형태는 본 조사기간과 지역에 국한하면 총 33과 63종으로 좁은 분포에 비해 많은 종수가 관찰되었다. 이들 중 B~E중점지점내 대부분이 재래종 소나무(*Pinus densiflora*), 곰솔(*Pinus thunbergiana*), 편백(*Chamaecyparis obtusa*), 측백(*Thuja orientalis*)였다. 그 외 사방오리(*Alnus firma*), 오리나무(*Alnus japonica*), 억새(*Miscanthus sinensis*)를 비롯한 여러 수종이 무질서하게 분포하고 있다. A지점에는 비록 조립수이지만 편백 군락이 양호하게 조성되어 있었다. 그 외에 일부 주변지역에서 유입된 참나무과와 초본류가 분포하였다. 또한 죽제비싸리, 망초, 개망초, 달맞이꽃 등 귀화식물의

출현 빈도는 주변지역보다 많지 않았는데, 이는 편백의 우점으로 인해 쉽게 침투하지 못한 것도 한 원인일 것이다. 계층화분석에서 자연지역(B~E)은 소교목과 관목층이 우세하고 지상부에는 초본층이 발달한 반면, 조림지역(A)은 자연지역에 비해 관목층과 초본층의 발달이 미약했다(Fig. 2).

본 조사지역과 주변지역에 나타난 대표적인 식물군락은 대부분 조림지에서 형성되어 있었는데 다음과 같다.

- 1) 편백 군락(*Chamaecyparis obtusa* community): 조사지역 내 가장 널리 분포하고 있다. 특히 일정한 간격(2 m×2 m)으로 수령이 같아 미적 가치 및 삼림육장으로 쓰이고 있다. 이 지역은 계층화분석에서 수관부가 매우 양호하였다(Fig. 2). 이는 자연 식생보다 입목재료로서 이용가치가 높음을 나타낸다.
- 2) 소나무 군락(*Pinus densiflora* community): 조사지역내 배면에 가장 널리 분포하고 있다. 특히 외래종 곰솔의 침입 후 일부 패치(patchy)구조로 군락을 형성하는데도 불구하고 재래종 소나무가 양호하게 발달되어 있다.
- 3) 굴참나무 -떡갈나무 군락(*Quercus variabilis* - *Quercus dentata* community): 조사지역내 교, 관목 군락으로 교목층이 우점인 수고 7 m, 피도 65%의 군락이고, 굴참나무는 흉고직경 16~20 cm 정도이다. 자연 식생과 공

유하고 있다. 이들 군락내 초본층이 분포하고 있다.

녹지자연도

녹지자연도는 녹지공간의 자연성을 나타내는 하나의 지표로 인간에 의한 자연의 개발현황과 잔존자연의 분량을 나타낸다. 녹지자연도에 의한 식물군락의 종조성을 Table 1에 나타내었다. 나지인 등급<1>이 12.5%로 조사 지역의 일부 B, C, D지역 및 주변의 택지, 유치원, 사찰 등이 해당된다. 이 등급의 일부에서 도로와 아파트 건설 등으로 약간의 변화가 진행중이었다. 등급<5>는 장초지에서 주로 나타났는데 3.3%였다. 소나무, 편백이 우점하는 등급<6>은 전체 41.7%나 차지하고 있었는데 모두 조림지에서만 나타났다. 보다 식생이 우세한 <7>등급이 42.5%로 가장 높았다. 반면 편백림은 모두 조림지로 등급 <6>에 해당된다.

식물현존량 및 제1차 순생산량

본 조사지역의 녹지자연도 사정 결과에서 각 등급에 따른 식물현존량과 순생산량 계수를 이용하여 식물현존량과 순생산량을 Table 2에 나타내었다. 녹지자연도 등급에 의한 본 조사지역의 현존량은 자연군락과 편백군락에 있어서 각각 65.95 ton, 79.92 ton으로 자연군락에 비해 편백군락의 현존

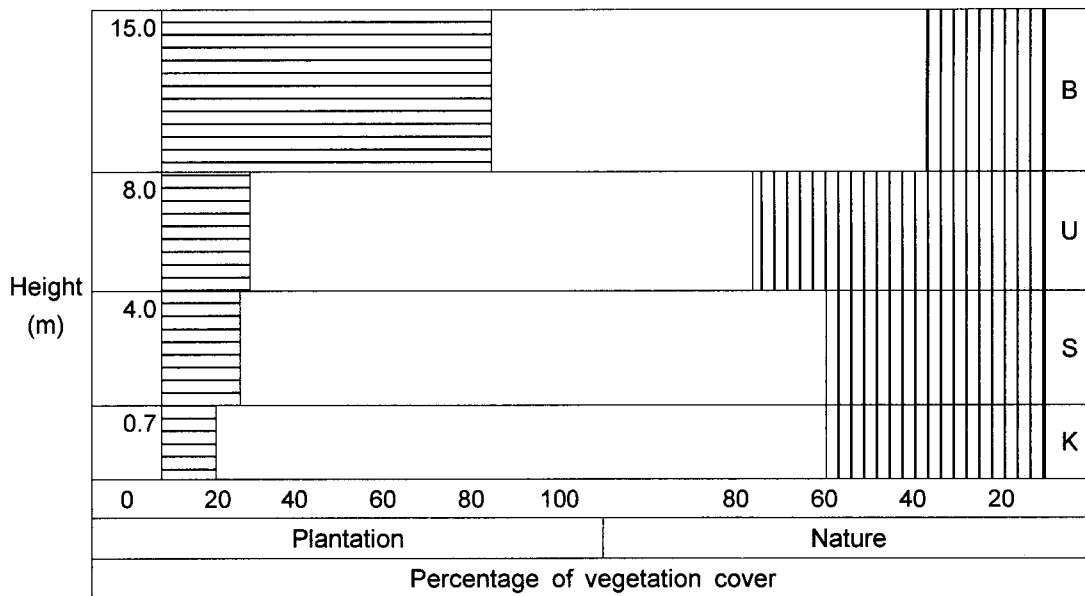


Fig. 2. Stratification of investigated areas. B: Overstory tree layer, U: Understory tree layer, S: Shrub layer, K: Herb layer.

Table 1. Degree of green naturality and naturalized species in investigated area

Area	Grade	Number of quadrat	Area (m ²)	Rate (%)	No. naturalized species
Nature	<1>	26	150.0	12.5	0
	<5>	47	40.0	3.3	8
	<6>	124	500.0	41.7	24
	<7>	131	510.0	42.5	21
Plantation	<6>	328	1,200	100.0	11

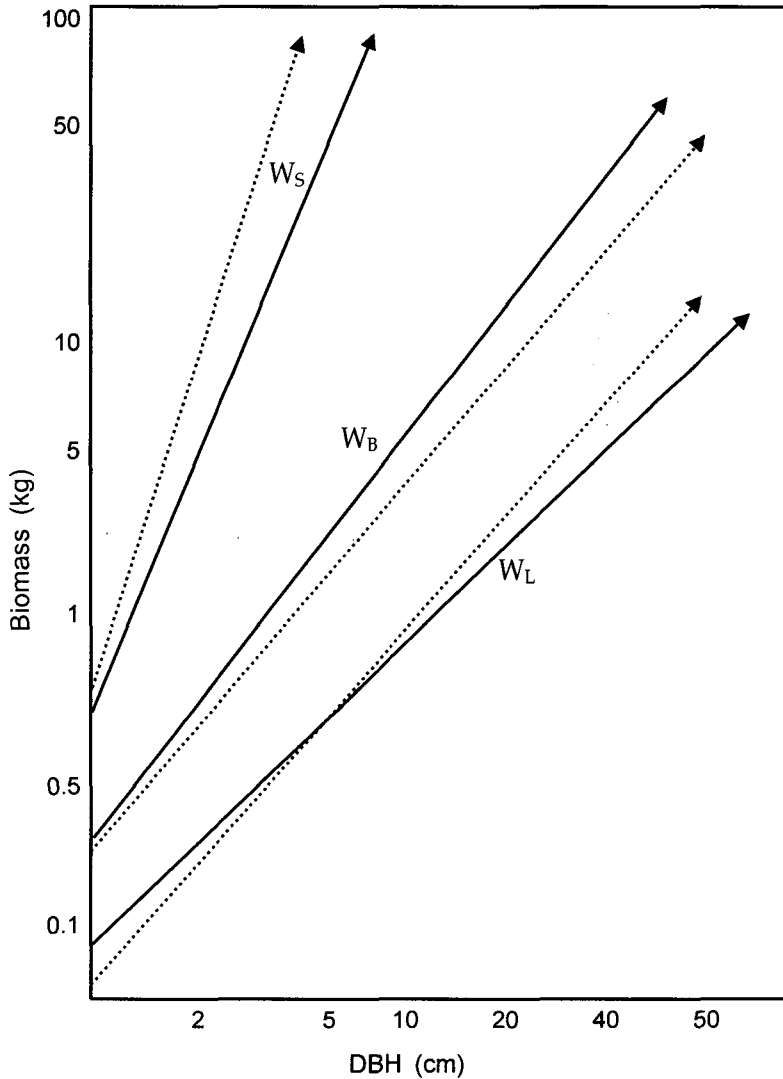
량이 높았다. 순생산량은 자연군락과 편백군락이 각각 9.54 ton/yr, 14.40 ton/yr이다.

자연 지역에서는 목본류의 군락형성에서 현존량을 산출하면 소나무를 중심으로 한 침엽수림과 떡갈나무를 중심으로 한 낙엽수림에 대한 흉고직경의 대수와 줄기(W_S)사이의 회귀식은 $\log W_S = 22.6\log D + 0.54$ 이었고, 잎의 건중량(W_L)의

회귀식은 $\log W_L = 0.17\log D + 0.07$, 줄기 가지의 회귀식(W_B)은 $\log W_B = 5.75\log D + 0.31$ 이었다(Fig. 3). 조림지에서는 편백에 대한 흉고직경의 대수와 줄기(W_S)사이의 회귀식은 $\log W_S = 24.8\log D + 0.62$ 이었고, 잎의 건중량(W_L)의 회귀식은 $\log W_L = 0.19\log D + 0.02$, 줄기 가지의 회귀식(W_B)은 $\log W_B = 5.69\log D + 0.24$ 이었다(Fig. 3). W_S 는 어린 개체는 비슷하나 수령이 증

Table 2. Plant biomass and net production by degree of green naturality

Area	Grade	Biomass (ton)	Total	Net production (ton/yr)	Total
Nature	<1>	0.765	65.950	0.345	9.544
	<5>	0.928		0.292	
	<6>	33.300		6.000	
	<7>	30.957		2.907	
Plantation	<6>	79.920	79.920	14.400	14.400



W_S : Weight of stem, W_B : Weight of branches, W_L : Weight of leaves.
 — : Nature sites, : Plantation sites.

Fig. 3. The relative growth of each part of plant and diameter of breast height (DBH).

가할수록 편백의 증가속도가 커지며, W_L의 경우는 반대로 나타났다. W_L의 경우는 초기는 자연림이 높으나 약 4년을 경과하면 편백이 더 높게 나타났다.

종다양도 및 군집분석

중점 조사 지점에서 각 표본구의 종다양도를 분석하였는데, 표본구 C에서 다양도가 2.975로 가장 높게 나타났고, 표본구 A에서 1.145로 가장 낮았다(Table 3). 즉, 본 조사지역 식물상의 종다양도는 인간의 간섭정도와 깊은 상관성을 나타낸다. 이 지역은 예전에 특별한 수종으로 식재하여 보호림으로 조성하면서 기존의 식생중 아교목층이나 관목층의 상당히 많은 부분을 제거하고 편백을 조립한 후 다른 잡목을 계속 제거한 탓으로 다른 종의 침입이 제한되었기 때문일 것이다.

조사지역내 균등성 지수는 A지점에서 0.961로 가장 높았으며 그 다음은 E지점으로 0.856이었다. 대체로 풍부성(richness, 종의 수)과 균일성(evenness, 종간의 개체 분포 상황)을 고려할 때 특정군락이 잘 형성된 지역과 잡목이 무성한 지역이 나뉘어져 분포되어 있다. 균등성 지수와 풍부성 지수로 군집 분석을 실시한 결과 B지점과 E지점이 가장 근연관계에 있고, 그 다음은 C지점과 D지점이었으며 A지점은 가장 차별성을 나타내었다(Fig. 4). 군락의 유사성 분석에서도 이와 부합하고 있었으며, 단지 45.7%만이 자연군락과 조림지 사이의 군락의 종조성이 일치했다.

Table 3. Shannon and Weaver's diversity index and Pielou's evenness index

Indices	Sites				
	A	B	C	D	E
Diversity	1.145	2.682	2.975	2.850	2.835
Evenness	0.478	0.881	0.880	0.886	0.892

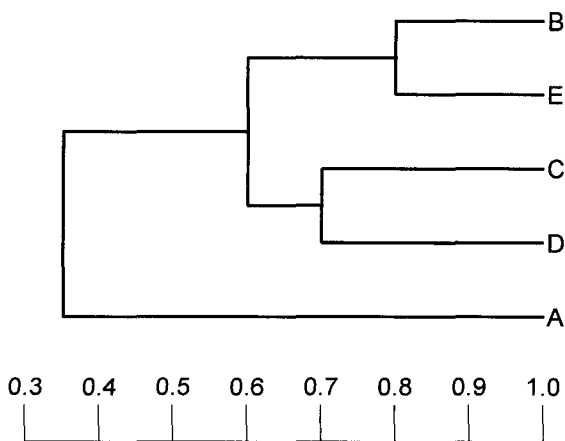


Fig. 4. Cluster analysis of five sites by Shannon and Weaver's diversity index and Pielou's evenness index

고 찰

본 조사지역은 인간의 간섭에 의해 기존의 자연 구조에서 인위적 식재림으로 탈바꿈하여 많은 식생의 변화가 있었다. 주변지역은 대부분 도심의 일부로 대기오염이 거의 직접적인 영향권에 있고 직, 간접으로 토양오염과 수질오염이 식물의 생육에 지대한 영향을 미쳐 환경오염에 강한 수종과 귀화식물이 점차 침입하고 있다(Table 1). 귀화식물이란 외국의 자생지로부터 인간의 매개에 의하여 의식적 또는 무의식적으로 다른 나라로 전파되어 여러 세대를 반복하면서 야생화 내지 토착화된 식물을 일컫는다. 이 귀화식물의 종수 및 개체수의 증가는 기존 토착식물의 경쟁에서 우월성을 획득한 결과이므로 이들의 확산과 자생종의 분포역이 줄어들거나 종수의 감소를 필연적으로 수반하게 된다. 본 조사지의 경우는 거제항이라는 유입경로 즉 귀화센터라고 지칭하는 그런 입지적 위치에 인접하고 있지만 앞서 기술한 것처럼 귀화식물의 종수가 많지 않았다. 유사한 인접지역을 예를 들면 본 조사지역권의 식물 중 귀화종은 애기수영을 비롯한 10종이 하이다. 조림지의 경우는 자연 상태로 유지되어온 지역보다 귀화식물의 종수가 훨씬 적었다. 빈도에 있어서 다만 미국자리공과 참억새의 빈도는 다른 지역과 유사하였다. 이것은 화물선 등에 의한 외래식물의 원인 제공처의 한 곳으로 추정될 수 있고, 미국자리공의 도입에 직접 영향이 있는 것으로 추측된다. 또한 생물종 조성이 점차 단순해지고 있는 일반 도시화와 유사한 전형적인 양상을 나타낸다[16]. "자연 휴양림"이라고 표찰이 부착된 소나무, 편백의 군락은 흉고직경과 수령 등을 감안하면 등급<8>의 범주에도 들 수 있다. 등급<8>이 "이차림이면서 약 20~50년의 장령림"이므로 원시림이나 자연식생이 아니기 때문에 이보다 낮은 등급<7>로 평가하려면 이 등급의 기준인 "유령림(약 20년까지)"에 해당되지 않는다. 녹지 등급<6>으로 낮게 평가한다고 할지라도 물론 정확하지는 않는다. 녹지 등급<6>이라고 낮게 매김한 이 조림지외에 자연 집단에서는 등급<6>에 도달한 지역은 없었다. 이곳의 종다양도가 높은 것을 고려하면 여러 수종이 경쟁관계에 놓여 있다고 볼 수 있다. 보통 도시화가 진행되면 수종이 공해에 강한 수종으로 단순해지는 경향이 있으며 귀화식물의 종수와 빈도의 확대되는 것이 일반적인 양상이다. 그러나 자연 집단에서 미국자리공 외에는 우리나라 옛 수종을 많이 자생하고 있음이 그 특징으로 나타나 훌륭한 자연학습장이 될 수 있다. 자연 생태계는 인간이 간섭하지 않는 것이 최선책이지만 부산광역시 보호림으로 단위면적당 입목면적이 이보다 양호한 곳은 거의 없을 것으로 사료된다. 다만 그 면적이 넓지 않을 뿐이다. 한편 재래종 소나무의 흉고직경이 100~120 cm의 중거목이 다수 자생하고 있어 앞으로 미적 가치나 곱솔 등의 외래 수종에 대한 보전 측면에서 중점관리가 요망된다. 특히 한 두 그루보다는 본 지역은 군락

자체의 보전이 양호한 상태이므로 더 이상 인위적인 파괴가 없다면 매우 우수한 식생의 표본이 될 것이다.

모델에 의한 값은 Miami model에서는 경상남도 거제시 지역의 최근 30년간 연평균 기온(13.85°C)을 적용하면 편백림의 연간 순일차 생산성은 20.97 ton/yr이고, 연간 평균 강수량(1,806 mm)에 의한 현존량은 25.15 ton/yr이고, 수목의 축적 연수를 곱한 현존량은 각각 419.42 ton/yr, 502.96 ton/yr으로 모두 자연지역에 의한 356.33 ton/yr, 427.31 ton/yr보다 높게 나타났다. 단위면적당 순일차 생산성과 현존량 역시 조림지가 자연림보다 더 높았다.

일년생 초본과 잡목이 무성한 식물상, 늦가을에서 겨울, 이른 봄까지 낙엽을 가지는 다년생 낙엽수에서 산소공급과 환경지체체로서 기대하기는 어렵다[4]. 따라서 이런 지역은 다년생, 교목, 상록수의 인위적 조림이 필요하다는 점은 극명하게 드러난다. 그러나 모든 자연 지역을 파괴하고 인위적 조림을 하자는 것임은 결단코 아님을 부연해 둔다.

본 조사지의 조림지는 동년식(even-aged) 산림관리에 속한다. 이 방식의 장점은 경제적이 높은 수종을 대량으로 육성 관리하는데 있다. 그러나 자연의 재생능력을 촉진하기 위해 여러 종류와 다양한 크기의 수목으로 조성하는 비동년식(unvern-aged) 관리도 산림의 다목적 이용에는 바람직하나 여기서는 논외이다.

요 약

본 조사 지역은 도심의 자연공간이 비록 인위적 조성이긴 하나 질적 및 양적으로 식생이 양호하게 잘 관리할 수 있음을 단적으로 보여 주었다. 식물상은 광범위한 조사 지역이 아님에도 불구하고 세 가지 특징이 있다. 첫째는 교과서적인 이차림에 의한 군락이 매우 양호하다는 점이다. 그러나 자연 지역에서는 군락 형성이 미미했다. 둘째는 다양도는 자연집단에서는 높게 나타나고 조림지에서는 낮았다. 셋째, 자연 식생과 조림지의 종조성, 종다양도, 산림의 생산력에서 확연히 차이가 드러났다.

참 고 문 헌

1. Brown-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie, grundzüge der vegetationskunde*. pp. 865, Springer, Wein, New York.
2. Daehler, C. C. 2003. Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: Implications for conservation and restoation. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **304**, 183-211.
3. Ellenberg, H. 1956. *Grundlagen der vegetationsgliederung*, 1, aufgaben und methoden der vegetationskunde. Stuttgart.
4. Kil, B. S., C. H. Kim and K. W. Yun. 1995. The vegetation of the northern slope area of Mt. Pangtae. *The Report the KACN.* **35**, 53-104.
5. Kimmins, J. P. 1987. *Forest Ecology*. pp. 531, Macmillan.
6. Legendre, P., M. R. T. Dale, M. J. Fortin, P. Casgrain and J. Guveritch. 2004. Effects of spatial structures on the results of field experiments. *Ecology* **85**, 3202-3214.
7. Leith, H. 1972. Über die Primärproduktion der pflanzendecke der Erde. *Z. Angew. Bot.* **46**, 1-37.
8. Leith, H. 1973. Primary production: Terrestrial ecosystems. *Human Ecol.* **1**, 303-332.
9. Magalef, R. 1968. *Perspectives in Ecological Theory*. pp. 111, Chicago.
10. Oppenheimer, M. 1995. Context, connection, and opportunity in environmental problem solving. *Environent* **37**, 10-15.
11. Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection, *J. Theoret. Biol.* **13**, 131-144.
12. Pielou, E. C. 1975. *Ecology Diversity*. pp. 165, Wiley, New York.
13. Pyke, C. R. 2004. Habitat loss confounds climate change impacts. *Frontiers in Ecol. and Environ.* **2**, 178-182.
14. Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. The measurement theory of communication. pp. 1-117, Univ. of Illinois Press, Urbana.
15. Sønensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant siology based on similarity of species content. *Detkon. Danske. Vidensk. Biol. Skr.*, **5**, 1-34.
16. Wiser, S. K., R. B. Allen, P. W. Clinton and K. H. Plarr. 1998. Community structure and forest invasion by an exotic herb over 23 years. *Ecology*, **79**, 2071-2081.