

완도지역 붉가시나무림, 상수리나무림, 리기다소나무림의 구조와 동태^{1a}

박인협^{2*}

Structure and Dynamics of *Quercus acuta*, *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* Forests in Wando Island^{1a}

In-Hyeop Park^{2*}

요약

완도지역의 대표적인 상록활엽수림인 붉가시나무림, 낙엽성 참나무류림인 상수리나무림, 인공림인 약 30년생 리기다소나무림 등 3개 유형 임상의 구조 및 동태를 파악하기 위하여 임상별로 10개 조사구를 설정하여 산림개황, 중요치, 종다양성, 직경분포 등을 조사분석하였다. 붉가시나무림, 상수리나무림, 리기다소나무림의 교목층 밀도는 각각 2,250본/ha, 760본/ha, 1,560본/ha이었으며, 평균흉고직경은 각각 12.1cm, 14.3cm, 14.1cm이었다. 교목층과 아교목층 흉고단면적의 합은 붉가시나무림이 37.1m²/ha, 상수리나무림이 19.0m²/ha, 리기다소나무림이 29.2m²/ha이었다. 중요치를 분석한 결과 동백나무는 붉가시나무림, 상수리나무림, 리기다소나무림의 아교목층과 관목층에서 모두 제1의 우점종이었다. 임분 전체의 종다양도는 붉가시나무림이 0.814, 상수리나무림이 0.956, 리기다소나무림이 0.866이었다. 붉가시나무림의 임분 전체 종다양도가 비교적 낮은 것은 출현종수는 비슷하였으나 균재도가 낮기 때문이었다. 붉가시나무림은 붉가시나무-동백나무 복층림이 지속될 것으로 추정되었다. 상수리나무림은 동백나무 우점군집으로 천이가 진행될 것으로 추정되었으며, 리기다소나무림은 붉가시나무-동백나무 복층림으로 천이가 진행될 것으로 추정되었다.

주요어: 산림개황, 중요치, 종다양성, 직경분포

ABSTRACT

Structure and dynamics for three type forests of *Quercus acuta*, *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests were studied in Wando island, Korea. *Quercus acuta* and *Quercus acutissima* forests were natural forest and *Pinus rigida* forest was a about 30-year-old plantation. Density of tree layers of *Quercus acuta*, *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests was 2,250 trees/ha, 760 trees/ha, and 1,560 trees/ha, respectively. Mean DBH of tree layers of *Quercus acuta*, *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests was 12.1 cm, 14.3 cm, and 14.1 cm, respectively. Total basal area of tree layer and subtree layer was 37.1 m²/ha for *Quercus acuta* forest, 19.0 m²/ha for *Quercus acutissima* forest, and 29.2 m²/ha for *Pinus rigida* forest, respectively. According to importance percentage, *Camellia japonica* was the first dominant species in subtree and shrub layers of all of *Quercus acuta*, *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests. Species diversity(H') of forest total was 0.814 for *Quercus acuta* forest, 0.956 for *Quercus acutissima* forest, and 0.866 for *Pinus rigida* forest, respectively.

1 접수 2012년 5월 14일, 수정(1차: 2012년 6월 13일, 2차: 2012년 6월 20일), 게재확정 2012년 6월 21일
Received 14 May 2012; Revised(1st: 13 June 2012, 2nd: 20 June 2012); Accepted 21 June 2012

2 순천대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Suncheon National Univ., Suncheon(540-742), Korea

a 이 논문은 순천대학교 교내연구비로 수행되었음.

* 교신저자 Corresponding author(inhyeop@sunchon.ac.kr)

According to diameter distribution, *Quercus acuta* forest was supposed to remain unchanged for a long time. *Quercus acutissima* forest was changing to *Camellia japonica* forest and *Pinus rigida* forest was changing to *Quercus acuta*-*Camellia japonica* forest.

KEY WORDS: FOREST DIMENSION, IMPORTANCE PERCENTAGE, SPECIES DIVERSITY, DIAMETER DISTRIBUTION

서론

우리나라의 산림은 일제의 침략과 한국전쟁 등으로 극심한 파괴가 이루어졌으며, 그 이후 인구 증가와 도시·산업화 과정을 거치면서 훼손이 지속되어 왔다. 특히 난대림의 대표적인 임상인 상록활엽수림은 접근이 어려운 일부 섬이나 내륙 벽지 그리고 봉산, 당숲, 사찰림 등의 특수 지역에 국소적으로 분포하는 임분을 제외하고는 벌채, 연료채취, 인공조림 등의 인위적 영향에 의하여 대부분 훼손되었다. 다행히 1960년대 중반부터 시작된 경제성장으로 목탄연료에서 화석연료로의 대체와 정책적인 치산녹화 사업 아래 오늘날 거의 전 지역의 산림이 녹화되었다. 그러나 난대림 지역은 본래의 고유 임상이 고려되지 못한 상태에서 리기다소나무, 편백, 삼나무, 아까시나무 등 생장이 빠르거나 척박한 지역에서도 생존이 가능한 수종 위주로 조림이 실시되었고, 천연림의 경우 소나무, 곰솔, 낙엽성 참나무류 등이 우점하는 지역이 대부분이어서 대면적의 상록활엽수림을 찾아보기 어려운 실정이다. 이와 같이 현재 우리나라 난대림의 임상은 리기다소나무, 편백, 삼나무, 아까시나무 등의 인공림, 소나무, 곰솔, 낙엽성 참나무류 등의 천연림, 국소적으로 분포하는 상록활엽수림 등의 3개 유형으로 크게 구분할 수 있다. 다행히 근래에 적극적인 산림보호 정책에 의하여 산림생태계내에 물질 및 양료 등이 점차 축적되면서 토양조건이 양호해지고 있어서, 상록활엽수림과 인접한 임분에서는 상록활엽수림으로의 천이가 진행되고 있다. 따라서 상록활엽수림으로의 천이를 가속화시키고 상록활엽수림을 확대 조성하는 인위적인 갱신전략이 필요한 시점이며, 이를 위해서는 종자의 천연 공급원인 상록활엽수림의 구조와 상록활엽수림으로의 천이가 진행되고 있는 훼손된 산림의 동태에 대한 연구가 이루어져야 한다.

난대림의 고유 임상인 상록활엽수림과 훼손된 산림이 고르게 분포하고 있는 완도 지역(Oh and Kim, 1997a)에 대한 연구로는 식물상(Kim and Oh, 1997), 식생구조(Oh and Kim, 1996; 1997a), 희귀 및 멸종위기 식물과 귀화식물(Kim and Oh, 1996), 상록활엽수림 복원전략(Oh and Kim, 1997b), 붉가시나무의 천연갱신(Yeo, 2005) 등이 보고되었

다. Oh and Kim(1997b)은 완도지역의 현존식생은 상록활엽수종인 붉가시나무림의 면적이 가장 넓으며, 낙엽성 참나무류 등의 낙엽활엽수림, 곰솔과 소나무림, 리기다소나무림 등이 주로 분포하고 있다고 하였다. 외국에서는 산림구조와 동태를 조사분석함으로써 천연갱신 양상을 파악하는 연구가 진행되고 있다(Lee *et al.*, 2005; Koonkhunthod *et al.*, 2007). 이 연구는 완도지역을 대상으로 대표적인 상록활엽수림인 붉가시나무림, 낙엽성 참나무류림인 상수리나무림, 인공림인 리기다소나무림의 구조와 동태를 조사분석함으로써 난대림의 관리 및 복원에 필요한 조림·생태학적 정보를 제공하는데 목적이 있다.

연구방법

1. 조사지 선정

완도지역의 식생분포에 관한 자료(Oh and Kim, 1997a;

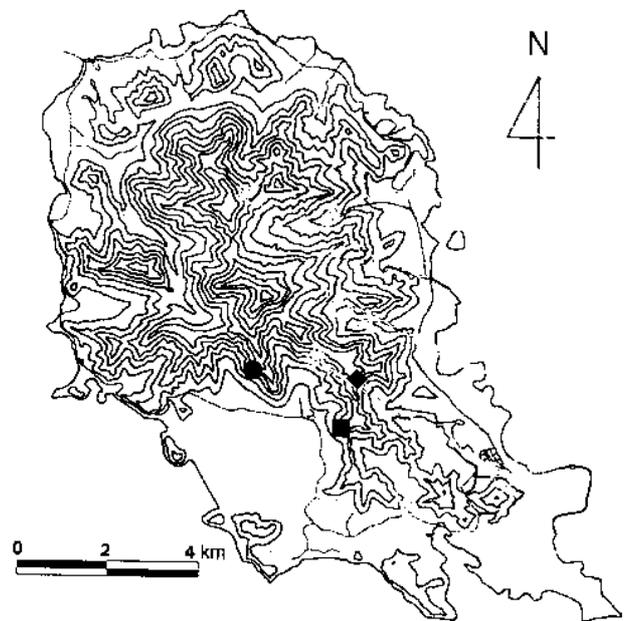


Figure 1. Location of the study forests in Wando island (●: *Quercus acuta* forest, ■: *Quercus acutissima* forest, ◆: *Pinus rigida* forest)

1997b)를 토대로 완도지역의 상록활엽수림 중에서 분포면적이 가장 넓은 붉가시나무림(Oh and Kim, 1997b)으로 완도읍 대신리 지역의 붉가시나무림, 낙엽성 참나무류림인 상수리나무림, 인공림인 리기다소나무림 등 3개 유형의 임분을 조사지로 선정하였다. 조사지간 환경인자의 차이를 가급적 작게 하기 위하여 3개 조사지는 모두 완도군 완도읍내 남향 사면의 해발 200m 내외의 지점에서 선정하였다(Figure 1).

2. 식생조사 및 분석

각 임분내 10개씩의 조사구를 설정하였다. 조사구의 크기는 교목층과 아교목층은 10m×10m, 관목층과 1~2년생 치수는 5m×5m로 하였다. 식생층의 구분은 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참조하여 상층임관을 이루는 수목군을 교목층, 상층임관 하의 수고 2m 이상의 수목군을 아교목층, 수고 2m 미만의 수목군을 관목층으로 하였다. 각 조사구의 해발고, 경사도 등의 지황을 조사하고, 교목층과 아교목층은 수종, 수고, 흉고직경 등, 관목층은 수종, 수고, 수관폭 등, 1~2년생 치수는 수종별 개체수 등을 조사하였다.

식생조사 결과 얻어진 자료에 의하여 각 수종의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로서 상대밀도, 상대피도, 상대빈도의 합을 3으로 나눈 값인 중요치(importance percentage)를 적용하였다(Brower and Zar, 1977). 종다양성은 종수, 종다양도, 균제도, 우점도 등에 의하여 분석하였으며 일반적으로 사용되고 있는 Shannon의 수식(Ludwig and Reynolds, 1988)을 적용하였다. 산림동태는 성장형과 직경분포에 의하여 분석하였다(Harcombe and Marks, 1978).

결과 및 고찰

1. 산림개황

붉가시나무림, 상수리나무림, 리기다소나무림의 교목층 밀도는 각각 2,250본/ha, 760본/ha, 1,560본/ha이었으며, 평균흉고직경은 각각 12.1cm, 14.3cm, 14.1cm이었다(Table 1). 표에서는 제시하지 않았으나 인공림인 리기다소나무림은 조림 후 약 30년이 경과된 임분이었다. 밀도와 흉고직경의 종합적인 표현이라고 할 수 있는 교목층과 아교목층 흉고단면적의 합은 붉가시나무림이 37.1m²/ha, 상수리나무림이 19.0m²/ha, 리기다소나무림이 29.2m²/ha이었다. 붉가시나무림이 상수리나무림보다 흉고단면적이 많은 것은 교목층의 평균흉고직경은 작으나 밀도가 높기 때문이었으며, 이것은 음수림의 특성이라고 판단된다. 붉가시나무림의 흉고단면적은 조림 후 약 30년이 경과된 리기다소나무림보다 높은 수준이었다. 상수리나무림의 흉고단면적은 교목층 평균수령

이 38년인 경기도 광주지방 상수리나무림 16.4m²/ha(Park, 1996)보다 많았다. 붉가시나무림, 상수리나무림, 리기다소나무림의 관목층 밀도는 각각 1,110본/ha, 7,330본/ha, 7,400본/ha이었다. 붉가시나무림의 관목층 밀도가 상수리나무림, 리기다소나무림에 비하여 낮은 것은 관목층의 광조건에 영향을 주는 교목층과 아교목층의 밀도 합이 붉가시나무림은 5,450본/ha로서 상수리나무림 3,590본/ha, 리기다소나무림 2,310본/ha보다 높기 때문이라고 판단된다.

Table 1. Characteristics of the study forests

	<i>Quercus acuta</i> forest	<i>Quercus acutissima</i> forest	<i>Pinus rigida</i> forest
Altitude(m)	230	180	235
Slope(°)	23	15	8
Aspect	SW	SW	SE
Tree layer			
Density(trees/ha)	2,250	760	1,560
Mean height(m)	10.4	14.0	10.0
Mean DBH(cm)	12.1	14.3	14.1
Basal area(m ² /ha)	28.7	12.7	26.4
Subtree layer			
Density(trees/ha)	3,200	2,830	750
Mean height(m)	4.8	7.0	8.0
Mean DBH(cm)	5.2	4.7	6.4
Basal area(m ² /ha)	8.4	6.3	2.8
Shrub layer			
Density(trees/ha)	1,110	7,330	7,400
Mean height(m)	1.5	1.7	1.5

2. 산림구조

붉가시나무림은 교목층에서 붉가시나무의 중요치가 91.3%이었으며, 아교목층에서는 붉가시나무, 동백나무, 광나무 등이 혼생하고 있었다(Table 2). 관목층의 경우 동백나무와 광나무가 우점종을 이루고 있었다. 상수리나무림은 교목층에서 상수리나무가 단일 수종이었으며, 아교목층에서는 동백나무와 상수리나무가 우점종이었다. 관목층의 경우 동백나무, 비자나무, 쥐똥나무, 초피나무, 작살나무, 털팽나무 등이 혼생하고 있었다. 리기다소나무림은 교목층에서 리기다소나무의 중요치가 81.2%이었으며, 아교목층에서는 리기다소나무와 동백나무가 우점종이었다. 관목층의 경우 동백나무와 광나무가 우점종이었다. 동백나무는 붉가시나무림, 상수리나무림, 리기다소나무림 등 3개 조사지의 아교목층과 관목층에서 모두 제1의 우점종이었다.

임분 전체의 종다양도는 붉가시나무림이 0.814, 상수리나무림이 0.956, 리기다소나무림이 0.866이었다(Table 3).

Table 2. Importance percentage(%) for the woody species of the study forests

Species	<i>Quercus acuta</i> forest			<i>Quercus acutissima</i> forest			<i>Pinus rigida</i> forest		
	Tree layer	Subtree layer	Shrub layer	Tree layer	Subtree layer	Shrub layer	Tree layer	Subtree layer	Shrub layer
<i>Quercus acuta</i>	91.3	48.8	7.4		0.3		0.8		9.7
<i>Quercus acutissima</i>			0.3	100.0	24.6	0.2			0.2
<i>Pinus rigida</i>							81.2	40.1	
<i>Camellia japonica</i>		21.3	45.3		38.1	23.0		43.8	43.5
<i>Torreya nucifera</i>					2.2	11.6			
<i>Ligustrum japonicum</i>		15.2	36.2						17.7
<i>Quercus serrata</i>					4.8		11.4	7.0	8.8
<i>Styrax japonica</i>			2.1		5.6		4.7	6.0	3.5
<i>Ligustrum obtusifolium</i>			1.8		4.2	15.1			1.9
<i>Zanthoxylum piperitum</i>			1.2		0.3	11.6			5.4
<i>Callicarpa japonica</i>					2.1	14.0			
<i>Viburnum erosum</i>			0.5		0.5	11.6			0.8
Other species	7.1	14.7	5.2		17.3	12.9	1.9	3.1	8.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Table 3. Various diversity indices for the woody species of the study forests

Forest	Crown layer	No. of species	Species diversity(H')	Evenness (J')	Dominance(1-J')
<i>Quercus acuta</i>	Tree layer	8	0.313	0.257	0.743
	Subtree layer	15	0.711	0.610	0.390
	Shrub layer	19	0.720	0.616	0.384
	Forest total	24	0.814	0.575	0.425
<i>Quercus acutissima</i>	Tree layer	1	0.000	0.000	1.000
	Subtree layer	21	0.967	0.732	0.268
	Shrub layer	13	0.829	0.744	0.256
	Forest total	26	0.956	0.676	0.324
<i>Pinus rigida</i>	Tree laer	6	0.330	0.424	0.576
	Subtree layer	6	0.463	0.768	0.232
	Shrub layer	17	0.880	0.748	0.252
	Forest total	21	0.866	0.677	0.323

붉가시나무림의 임분 전체 종다양도가 비교적 낮은 것은 출현종수는 비슷하였으나 균재도가 낮기 때문이었다. 이것은 음수림인 붉가시나무림의 경우 상층임관 하부에 기회적으로 발생한 출현종들 중 내음성이 강한 소수의 종이 제한적으로 우점종을 이루기 때문이라고 판단된다.

3. 직경분포

붉가시나무림의 동백나무를 포함한 주요 교목성 수종의 치수와 관목층 및 흉고직경급별 밀도는 Table 4와 같다. Johnson and Bell(1975), Kimura *et al.*(1982)은 천연림에

Table 4. Density of seedlings and shrub layers and DBH distribution for the major tree species of the *Quercus acuta* forest (unit: trees/ha)

Species	Seedling	Shrub layer	DBH class(cm)					
			1~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25<
<i>Quercus acuta</i>	5,980	120	970	1,120	1,070	480	130	10
<i>Camellia japonica</i>	180	440	780	110				
<i>Neolitsea sericea</i>		50	50	10				
<i>Cinnamomum japonicum</i>	10	20	40					
<i>Lozoste lancifolia</i>		20						

Table 5. Density of seedlings and shrub layers and DBH distribution for the major tree species of the *Quercus acutissima* forest (unit: trees/ha)

Species	Seedling	Shrub layer	DBH class(cm)			
			1~5	5~10	10~15	15<
<i>Quercus acutissima</i>	160	40	50	330	500	300
<i>Camellia japonica</i>	1,360	2,750	630	400	30	
<i>Torreya nucifera</i>		260	50	20		
<i>Quercus serrata</i>			160	20		
<i>Styrax japonica</i>			120	20	20	
<i>Cinnamomum japonicum</i>			20			
<i>Quercus acuta</i>			20			

Table 6. Density of seedlings and shrub layers and DBH distribution for the major tree species of the *Pinus rigida* forest (unit : trees/ha)

Species	Seedling	Shrub layer	DBH class(cm)				
			1~5	5~10	10~15	15~20	20<
<i>Pinus rigida</i>				270	630	420	120
<i>Camellia japonica</i>	70	2,600	300	130			
<i>Quercus acuta</i>	20	1,260			20		
<i>Quercus serrata</i>	70	930		130	30	70	20
<i>Styrax japonica</i>				130	20		
<i>Cinnamomum japonicum</i>		70					

서는 자연간벌에 의하여 직경급이 증가할수록 밀도가 감소하기 때문에 천연갱신이 양호한 수종의 경우 직경급에 따른 밀도 곡선은 L형이 표준형이라고 하였다. 붉가시나무림에서 치수와 관목층의 밀도를 합할 경우 붉가시나무와 동백나무는 L형에 가까운 직경분포를 보임으로써 천연갱신 상태가 양호하였다. 참식나무, 생달나무, 육박나무 등의 상록활엽수종은 다소 출현하고 있으나 종자를 생산할 수 있는 성숙목인 큰나무들이 거의 없는 것으로 나타났다. 이상을 종합하면 붉가시나무림은 앞으로 상당기간 붉가시나무-동백나무 복층림이 지속될 것으로 추정된다.

상수리나무림의 교목층에서 단일 우점종을 이루고 있는 상수리나무는 치수와 관목층 및 흉고직경급 1~5cm의 소경목 밀도가 낮음으로서, 점차 쇠퇴해가는 것으로 나타났다 (Table 5). 아교목층의 우점종인 동백나무는 L형에 가까운 직경분포를 보임으로서 천연갱신 상태가 양호하였다. 교목성 상록활엽수종인 비자나무, 생달나무, 붉가시나무 등은 관목층과 소경목으로 드물게 출현하였으나, 치수가 거의 발생하지 않고 있었다. 이상을 종합하면, 상수리나무림은 동백나무 우점군집으로 진행될 것으로 추정된다.

조립 후 약 30년이 경과된 리기다소나무림에서 리기다소나무의 흉고직경 범위는 7.5~22.4cm 로서 우세목과 열세목의 구분이 뚜렷하였으며, 치수와 관목층에서는 거의 출현하지 않았다(Table 6). 졸참나무는 최대 흉고직경급인 20cm

이상까지, 동백나무는 5~10cm 까지 분포하고 있었으며, 붉가시나무는 드물게 출현하는 10~15cm의 임목을 제외하면 치수와 관목층에서만 출현하고 있었다. 이것은 졸참나무와 붉가시나무는 교목류이며 동백나무의 경우 소교목류인 점을 고려할 때, 졸참나무와 동백나무는 리기다소나무 조립 초기에 침입한 수종이며 붉가시나무는 비교적 근래에 침입한 수종이라는 것을 시사한다. 한편, 졸참나무의 경우 흉고 직경급 1~5cm의 소경목이 거의 분포하지 않음으로서, 관목층에서 아교목층으로의 진입이 불량하였다. 이러한 이유는 관목층에서 붉가시나무, 동백나무 등의 상록활엽수종과의 중간경쟁에서 졸참나무가 열세이기 때문이라고 판단된다. 이상의 결과를 종합하면, 리기다소나무림은 붉가시나무-동백나무 복층림으로 진행될 것으로 추정된다.

인용문헌

- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers, Iowa, 194pp.
- Harcombe, P.A. and P.L. Marks(1978) Tree diameter distribution and replacement processes in southeast Texas forests. For. Sci. 24(2): 153-166.
- Johnson, F.L. and D.T. Bell(1975) Size-class structure of three streamside forests. Amr. J. Bot. 62(1): 81-85.

- Kim, Y.S. and K.K. Oh(1996) Restoration Model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region(Ⅱ) - Rare, endangered and naturalized plants -. Kor. J. Env. Eco. 10(1): 128-139. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.S. and K.K. Oh(1997) Restoration Model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region(Ⅲ) - Flora of several islands of the south & east seashore, Korea -. Kor. J. Env. Eco. 11(1): 61-83. (in Korean with English abstract)
- Kimura, M., M. Funakoshi, S. Sudo, T. Masuzawa, T. Nakamura and K. Matsuda(1982) Productivity and mineral cycling in an oak coppice forest. 1. Structure and phytomass of the forest. Bot. Mag. Tokyo 95: 19-33.
- Koonkhunthod, N., K. Sakurai and S. Tanaka(2007) Composition and diversity of woody regeneration in a 37-year-old teak(*Tectona grandis* L.) plantation in northern Thailand. For. Ecol. Manage. 247: 246-254.
- Lee, E.W.S., B.C.H. Hau and R.T. Corlett(2005) Natural regeneration in exotic tree plantations in Hong Kong, China. For. Ecol. Manage. 212: 358-366.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) Statistical ecology. John Wiley & Sons, New York, 337pp.
- Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified oak-hickory community. Ecology 50(3): 468-470.
- Oh, K.K. and Y.S. Kim(1996) Restoration Model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region(Ⅰ) - Vegetational structure -. Kor. J. Env. Eco. 10(1): 87-102. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and Y.S. Kim(1997a) Restoration Model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region(Ⅳ) - Vegetation structure of the case study areas -. Kor. J. Env. Eco. 11(3): 334-351. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and Y.S. Kim(1997b) Restoration Model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region(Ⅴ) - Restoration strategies of the case study areas -. Kor. J. Env. Eco. 11(3): 352-365. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., D.K. Lee, K.J. Lee and G.S. Moon(1996) Growth, biomass, and net production of *Quercus* species(Ⅰ) - With reference to natural stands of *Quercus variabilis*, *Q. acutissima*, *Q. dentata* and *Q. mongolica* in Kwangju, Kyonggi-Do -. Jour. Korean For. Soc. 85(1): 76-83.
- Yeo, W.S.(2005) Natural regeneration patterns and strategies of *Quercus acuta* in Wando, Korea. Ph.D. thesis, Seoul National University, 108pp.