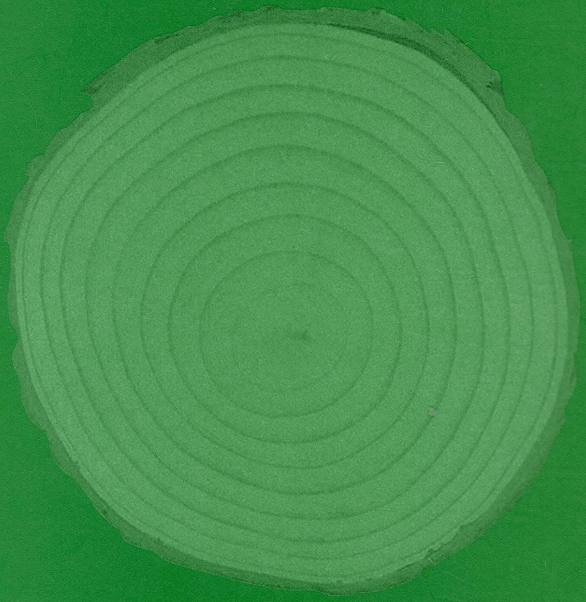
ISSN 1226-8186

한국산림측정학회지

제7권 제2호 2004년 9월



한 국 산 림 측 정 학 회

ISSN 1226-8186

한국산림측정학회지

제7권 제2호 2004년 9월

論 文

잣나무 조림지의 시계열 생장모니터링 - 강원대 학술림 잣나무 영구표준지를 중심으로 - ..... 강성학 · 홍성우 · 유병오 · 최정기 · 최인화… 1
지역간 잣나무의 수간곡선식 추정과 생장양태 ..... 손영모 · 이경학 · 권순덕… 9
상수리나무 林分의 生長패턴에 關한 硏究 - 인공림과 천연림 임분의 생장패턴 비교 - ..... 이무현 · 이영진…15
잣나무, 소나무, 낙엽송 유령임분의 생장 및 가지발달 특성 ..... 박남창 · 김석권 · 이영근…23
전국산림자원조사자료를 이용한 경영형태별 생장모델 개발 ..... 권순덕 · 이경학 · 손영모 · 노대균…28
붉가시나무의 물질생산량 추정식에 관한 연구 ..... 이상태 · 김병부 · 정영교 · 신현철 · 최재채 · 이경재 · 황재홍 · 박종석…33
가래나무 인공림의 임분구조와 직경생장과 수관면적발달에 관한 고찰 ..... 배상원 · 김석권 · 이광수 · 김영수…41
Web 기반 산림조사자료 관리를 위한 시스템 ..... 권순덕 · 손영모 · 이경학…46
왕대림의 현존량과 양분함량에 관한 연구 ..... 이상태 · 황재홍 · 김병부 · 이경재 · 신현철 · 박규종…55
동해안지역 소나무림의 산불연대기 - 삼척 산불장기생태연구조사지를 중심으로 - ..... 신수철 · 임주훈 · 강영호 · 이명보…63
산지이용구분방법의 문제점 및 개선방안 ..... 박영규 · 권순덕 · 성규철…70
GIS기법을 이용한 도시림 휴양공간 적지평가 - 경기도 포천지역에 대한 사례연구 - ..... 유리화 · 함보영 · 박찬우 · 윤은용…79
韓國山林資源測定學會 會則 89
韓國山林資源測定學會 原稿投稿規定 90

한국산림자원측정학회

한국산림측정학회지 7(2) : 1~8. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 1~8. 2004

잣나무 조림지의 시계열 생장모니터링[1]*

-강원대 학술림 잣나무 영구표준지를 중심으로-

강성학[2] · 홍성우[2] · 유병오[3] · 최정기[4]※ · 최인화[2]

Growth Monitering by Time Series in *Pinus koraiensis* Plantation[1]*

- In Case of Permanent Korean Pine Plot in KNU -

Sung Hak Kang[2], Sung Woo Hong[2], Byung Oh You[3], Jung Kee Choi[4]※ and In Hwa Choi[2]

요 약

본 연구는 강원대학교 산림과학대학 부속 학술림내 32년생 잣나무인공림의 영구표준지(50m×50m)를 대상으로 시계열 생장변화를 분석하였다. 총 4차에 걸친 임목조사(1984~2004)를 분석한 결과 영구표준지의 임목본수는 601본에서 213본으로 줄어들어 2004년 현재 ha당 852본으로 파악되었다. 평균흉고직경은 4.1cm에서 19.8cm로 증가하여 19년 동안 매년 평균 0.83cm, 평균수고는 3.2m에서 14.4m로 매년 0.6m, ha당 임목재적은 8.1㎥에서 199.8㎥로 증가하여 매년 10.1㎥/ ha씩 생장하였다. 그리고 흉고직경과 수고, 흉고직경과 수관폭과의 관계는 모두 양적 선형관계로 나타났으며, 영구표준지내 울폐도는 3차조사결과 121%를, 4차조사에는 253%를 차지하여 4년 동안 2.1배가 증가한 것으로 나타났고, 수간이 분화된 임목은 총 33본으로 전체임목의 15.5%로 조사되었다. 제 4차조사시 잣나무 영구표준지내의 출현한 하층식생 개체수는 총 110본으로 물참대(30%), 고추나무(17.3%), 생강나무(15.5%)순으로 파악되었고, 하층식생에 의한 피복면적은 75.2㎡으로 영구표준지의 3%를 차지하며, 하층식생의 평균 수고는 73.8cm, 평균 수관폭은 66.3cm로 나타났다.

ABSTRACT

This study was analyzed about tree growth by time series for a 32 year-*Pinus korariensis* permanent plot(50m×50m) in the research forests in Kangwon National University(KNU). Through the results of 4 inventories(1984-2004), number of trees in permanent plot had decreased from 601 to 213(852trees/ha) in 2004. For 19 years, average diameter had increased by 4.1cm to 19.8cm(0.78cm/year), average height had increased by 3.2m to 14.4m(0.6m/year), and tree volumes had increased by 8.1m^3 to 199.8m^3(10.1m^3/ha/year). DBH vs. Height and DBH vs. Crown diameter had positively linear trend on their scatter plots. Crown closure of permanent plot became 121% in the 3rd inventory and 253% in the 4th inventory, so it increased 2.1 times for 4 years. The forked trees were 33 trees(15.5%) of total trees. In the 4th inventory,

[1] 接受 2004年 4月 9日 Received on April 9, 2004.
[2] 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 Division of Forest Resources. Kangwon National University. Chunchon 200-701, Korea.
[3] 국립산림과학원 산림경영부 산림조사과 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.
[4] 강원대학교 산림과학대학 산림경영 · 조경학부 Division of Forest Management and Landscape Architecture. Kangwon National University. Chunchon 200-701, Korea.
* 이 논문은 2003년 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-003-F00015).
※ 연락저자(Corresponding author) : jungkee@kangwon.ac.kr

understory vegetation appeared 110 population of *Deutzia glabarta Kom.*(30%), *Staphylea bumalda DC.*(17.3%), *Lindera obtusiloba Bl.*(15.5%) and so on. Crown projection area of understory vegetation was 75.2m^2, 3% of permanent plot area. Average height and crown diameter of understory vegetation were 73.8cm and 66.3cm respectively.

Key words : Pinus korariensis *permanent plot, DBH, Height, Volume*

서 론

잣나무는 우리나라 대표적인 향토수종 및 조림수종으로 우리나라 전역에 약 32.5만ha가 식재되어있으며 임령은 대략 Ⅲ영급 전후가 대부분을 차지하고 있다(임업연구원, 2002). 임목생장학적으로 이 연령대는 왕성한 생장 단계로 숲가꾸기를 통한 임분의 생육공간 확보가 필요한 시기이다(산림생장학, 1996). 그러나 우리나라 잣나무 인공림은 뒤늦게 1998년부터 숲가꾸기 사업이 시작되어 아직 시업되지 않은 채 방치되어 있는 산림이 대부분으로 앞으로 지속적인 숲가꾸기 사업이 절실히 요구된다.

산림청에서는 이런 문제점을 극복하고자 2004년 시책으로 현장, 기술, 참여임정을 통한 '숲다운 숲'으로 관리하는 것을 최우선 추진방향으로 설정하고, 이를 기반으로 한 산림자원의 지속가능한 산림경영원칙을 확립하는데 목표를 두고 있다(조연환, 2004). 이 목표를 달성하기 위해서는 우선적으로 영구표준지 모델림을 통한 각종 시업에 대한 장기적 모니터링이 필수적이며, 이 모니터링에서 조사된 각종 측정인자의 과학적인 분석을 통한 임분진단이 요구된다.

현재 이런 배경에서 우리나라 잣나무 조림지에 대해서 산림 시업 및 생장분석에 대하여 일부 연구들이 진행되고 있으나(김석권 등, 2004; 이경재, 2003; 최정기와 최인화 1998; 최정기 등, 2003), 각종 시업에 따른 주기적인 모니터링에 대한 시계열 생장변화에 따른 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서, 앞으로 우리나라에 식재된 인공림에 대하여 우선적으로 장기 모니터링 연구가 진전되어 실로 '숲다운 숲'으로 조성해 갈 수 있는 조림학적 시업지침을 제공하는 것이 현시점에서 매우 중요한 과제라고 판단된다.

따라서 본 연구는 강원대학교 산림과학대학 부속 학술림내 잣나무인공림 영구표준지에서 조사된 1~4차 시계열 모니터링 자료(윤종화 등, 1984; 윤종화와 최정기, 1986; 최정기와 최인화, 1998)를 통해 잣나무 임분의 생장 및 발달과정을 진단하여 향후 잣나무 시업방안연구에 기초적 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 잣나무 영구표준지 현황

본 연구대상지인 잣나무 영구표준지는 강원대학교 산림과학대학 학술림 1임반내 바소반에 위치하고 있고, 행정구역상으로는 춘천시 동산면 원창리 왁박골에 소재하고 있다. 기후는 온대 대륙성으로 하계는 고온 다습하고 동계는 저온 건조하며, 연평균기온은 9.2℃로 1월이 최저(-6.1℃), 7월이 최고(24.8℃)이며, 상대 공중습도는 연중 62~84%의 범위로 평균 75%이다. 연평균 강수량은 1,289mm로 연중 6~8월에 집중되어 있다(장경식과 최인화, 1995). 강원대학교 학술림의 전체면적은 3,146ha으로 잣나무림 면적은 522ha로 전체 학술림 면적의 17%를 차지하고 있다.

본 잣나무 영구표준지는 1984년 12월에 50m×50m Plot을 설정하여, 제 1차 임목조사를 실시하였고, 제 2차 조사는 1986년 12월, 제 3차 조사는 1999년 10월~12월, 그리고 제 4차 조사는 2004년 4~5월에 실시하였다. 1999년 1월 숲가꾸기 사업으로 솎아베기(고사목 포함)와 가지치기가 실시되어, 총 식재된 601본 임목 중, 388본(64.5%)이 제거되었으며, 현재 213본의 잔존목이 있는 상태이다(Table 1).

Table 1. General description of permanent Korean pine plot(2004)

Plantation Year	Plot size	Age	Aspect	Slope	Altitude
1975	50m×50m	32	N43°W	19°	450m

2. 측정인자 및 조사방법

본 잣나무 영구표준지의 산림조사는 조사시기별로 조사인자가 증가되어, 2004년 4차 조사에는 임목위치, 수관급, 흉고직경, 총수고, 지하고, 4방위(동, 서, 남, 북)의 수관반경, 수간분화 여부, 그리고 하층식생이 측정되었다(Table 2).

Table 2. Measured factors in permanent Korean pine plot

Classification	1984	1986	1999	2004
Tree coordinate	×	×	○	○
Crown class	×	×	×	○
DBH	○	○	○	○
Height	○	○	○	○
Clear-length	×	×	○	○
Crown radius	×	×	×	○
Forking	×	×	×	○
Understory vegetation	×	×	×	○

○ : measured, × : not measured

임목위치는 1999년 3차조사시 모든 잔존목이 들어가도록 50m×50m plot의 중심을 정하고, 25m간격으로 말뚝을 박아 4개의 sub-plot(25m×25m)을 설정한 후, sub-plot별로 줄자를 이용하여 임목의 위치(X좌표, Y좌표)를 정하였다(Fig. 1). 그리고 2004년 4차조사시에는 각 임목의 라벨 교체작업으로 3차 조사 시 설치되었던 플라스틱 라벨을 제거하고, 알루미늄 라벨을 흉고직경 높이(1.2m)에 못으로 박아 고정시켰다.

수관급은 우세목, 준우세목, 중간목, 피압목을 기준으로 하여 정하였으며(Smith, 1986), 흉고직경은 하가로프 알미늄 윤척을 이용하여 현 Plot 사면방향(NW)과 19°의 경사를 고려하여, 북서방향으로 지상 1.2m 높이의 직경을 측정하고 그 직경위치에서 시계반대 방향으로 90°방향에서 다시 측정된 직경 값을 평균하여 구하였다. 총 수고 및 지하고는 Sunto clinometer를 이용하여 측정하였으며, 지하고는 생가지를 지하고의 최고점으로 측정하였으며, 이때 수평거리는 등고선 방향으로 하였다.

수관반경은 Silva Compass를 이용하여 4방향(동, 서, 남, 북)을 각각 정하고, 수관중심에서 각 방위별(동, 서, 남, 북)로 가장 긴 가지까지 거리를 측정하였다. 또한 수간이 분화(Forking)된 임목의 번호를 기록하였다. 하층식생은 Sub-Plot별로 각 개체목에 대하여 라벨을 달고, 각 식생의 수종, 위치, 수고와 수관폭을 측정하였다.

위 조사된 자료를 이용하여, 각 조사인자의 통계량을 산출하였으며, 재적은 전국산림자원조사요령(1996)에 의거하여 직경, 수고의 이변수함수식으로 산출하였으며, 수관투영면적은 4방위의 수관반경을 이용하여 타원공식으로 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 임목제원 현황

잣나무 영구표준지내 입목수는 2004년 현재

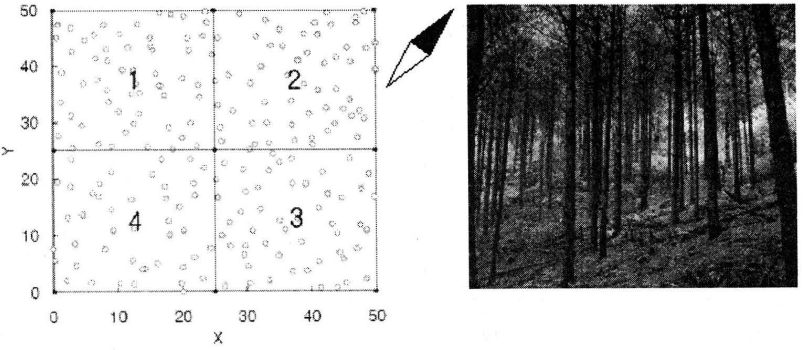


Fig. 1. Tree coordinate and picture in permanent Korean pine plot(2004)

Table 3. Stand characteristics of permanent Korean pine plot

Year	Trees (trees/ha)	DBH (cm)	Height (m)	Crown radius(m)					Basal area (㎡/ha)	Volume (㎥/ha)
				N	E	S	W	Mean		
1984	601 (2,404)	4.1(0.8-9.1)*	3.2(1.3-5.1)	·	·	·	·	·	3.7	8.1
1986	600 (2,400)	5.9(0.9-13.1)	4.1(1.5-6.8)	·	·	·	·	·	7.6	20.0
1999	213 (852)	17.5(8.5-27.9)	12.7(9.0-17.6)	2.3	1.8	2.0	2.5	2.2	21.3	140.4
2004	213 (852)	19.8(9.9-32.9)	14.4(11.0-20.3)	3.4	2.6	2.9	3.2	3.0	27.5	199.8

*Mean(Min-Max)

총 213본(852본/ha)으로 조사되었으며, 평균 흉고직경은 1차조사시 4.1cm에서 4차조사시 19.8cm로 19년동안 15.7cm자라, 매년 평균 0.83cm씩 자란 것으로 파악되었다. 평균수고는 1차조사시 3.2m에서 4차조사시 14.4m로 총 11.2m로 자라나, 매년 평균 0.59m씩 성장한 것으로 파악되었으며 현재 32년생인 잣나무 영구표준지에서 최대 크기의 입목은 흉고직경 32.9cm이고 수고 20.3m의 입목으로 조사되었다(Table 3).

수관반경은 4방위별로 3차 조사시부터 현재 두 차례에 걸쳐 조사가 실시되었다. 방위별로 수관반경의 크기를 비교한 결과, 북쪽과 서쪽방향이 잘 자란 것으로 나타났으며 4년동안 평균 수관반경이 0.20m/yr씩 생장하는 것으로 파악되었다. 흉고단면적은 2004년 현재 27.5㎡/ha인 것으로 산출되었으며 1999년 간벌후 제 3차 조사시 21.3㎡/ha로 4년동안 6.2㎡/ha 증가하여, 연평균 1.6㎡/ha씩 흉고단면적이 증가된 것으로 나타났다. 그리고 ha당 임목재적은 19년동안 8.1㎥에서 199.8㎥로 증가하여 평균 10.1㎥/yr씩 생장하였다(Table 3).

2. 직경 · 수고 · 수관폭 분포양상

잣나무 영구표준지의 각 연도별 흉고직경, 수고, 수관폭 분포를 비교해 본 결과 모두 동령림의 전형적인 정규분포를 나타내고 있는 것으로 파악되었다(Fig. 2). 조사연도 제 1차(1984)에서 제 4차(2004)에 이르는 동안 직경, 수고, 수관폭

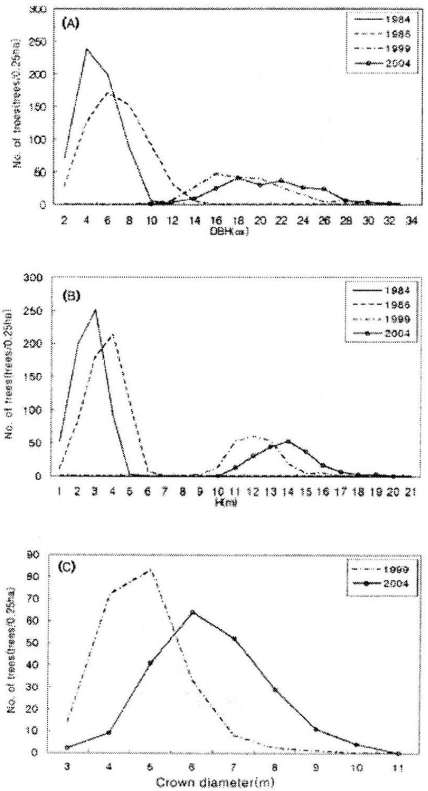


Fig. 2. Distribution change of DBH(A), height (B) and crown width(C) during 1984-2004

의 임목크기가 증가하고 분포도가 확산되고 있음을 알 수 있으며 이는 시간이 지날수록 임목간의 상호 경쟁으로 인하여 임목크기의 차이가 발생한 것으로 판단된다. 제 2차조사(1986)와 제 3차조사(1999)의 임목본수가 현저히 줄어든 것은 1999년 숲가꾸기 사업으로 간벌이 행하여졌기 때문이다.

수관폭의 변화 양상은 3차, 4차 조사결과를 비교해 본 결과 3차조사시에는 평균수관폭이 4.3m이고, 4차조사시에는 6.0m로 산출되었으며 3차조사보다 4차조사에서 보다 안정된 정규분포를 보이고 있는 것으로 나타났다. 이는 1999년 1월 숲가꾸기 사업으로 임목간의 생육공간의 확보로 인해 수관반경이 고루 생장하였기 때문이라고 사료된다.

3. 흉고직경과 수고, 흉고직경과 수관폭의 관계

각 조사 연도별 흉고직경과 수고와의 관계를 파악하기 위하여 산점도를 도시한 결과, 모두 양적 선형패턴을 보이고 있으며, 1차, 2차, 3차, 4차조사의 흉고직경과 수고의 상관계수는 각각 0.91, 0.90, 0.55, 0.49 순으로 나타났다

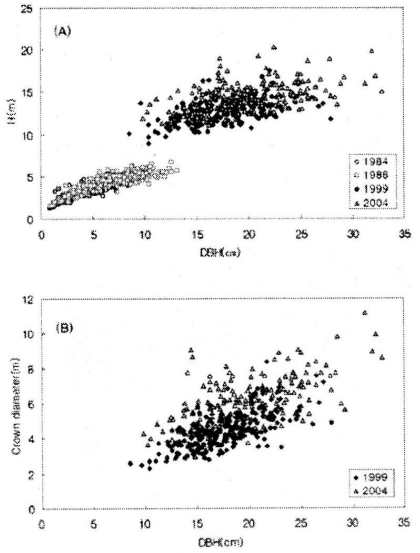


Fig. 3. Scatter plots for DBH vs. height(A) and DBH vs. crown diameter(B)

(Fig. 3). 흉고직경-수고의 상관계수는 1~2차 조사시기와 3~4차 조사시기를 비교했을 때 큰 차이를 보이고 있으며, 이는 3차조사 시기전인 1999년 1월에 숲가꾸기 사업으로 인하여 솎아베기(고사목 포함)와 가지치기의 실시를 통한 피압목과 중간목의 제거로 인해 균일한 크기의 입목이 잔존되었기 때문이라고 사료된다. 그리고 흉고직경과 수관폭의 관계를 산점도로 도시한 결과, 흉고직경과 수고의 관계와 마찬가지로 양적 선형패턴을 보이고 있으며, 3차, 4차조사의 상관계수를 산출한 결과 0.69, 0.59로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 3).

4. 수관특성 및 발달양상

본 잣나무 영구표준지내의 잣나무 수관반경 생장은 앞서 언급한 바와 같이 3차조사에 1.8m~2.5m, 4차조사에 2.6m~3.4m범위로 나타났으며, 영구표준지 사면방향인 북쪽과 서쪽으로 길게 자라는 특성이 파악되었다. 또한 3차조사에 비해 4차조사는 비교적 사면방향에 따라 균등하게 생장한 것으로 나타났다. 이는 1999년 1월 간벌작업을 통한 임목간의 생육공간 확보로 인해 주변 경쟁목으로부터 자유로워져 방위별로 고루 생장한 것으로 사료된다. 또한 측정된 수관반경을 이용하여 울폐도를 산출한 결과 3차조사 시기에는 3,014㎡로 영구표준지내 121%를 차지하였고, 4차조사 시기에는 6,344㎡로 영구표본지내 253%를 덮고 있는 것으로 4년동안 2.1배로 울폐된 것으로 나타났다. 이는 간벌에 의해 확보된 공간으로 수관이 원활히 생장한 것으로 판단된다.

그리고 잣나무 영구표준지의 4차 조사를 하면서 임목의 상부에 수간이 두개 이상으로 분화(Forking)된 현상을 발견하였다. 수간이 분화된 임목은 전체임목(213본)중 33본(15.5%)으로 조사되었으며, 이러한 수간분화 현상의 원인은 잣 수확이 현재 2004년까지 본 영구표준지에서 없었던 것으로 미루어보아, 유령목일 때, 풍해(風害)나 설해(雪害)로 인해 정아(頂芽)가 상처를 받아 측아(側芽)가 발달하여 주간(主幹)이 되었기 때문으로 판단된다. 본 영구표준지의 수간분화 현상이 일어난 임목의 위치를 나타내면 Fig. 4와 같다.

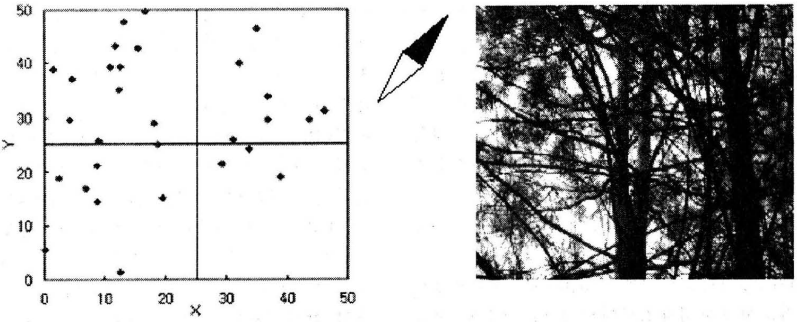


Fig. 4. Forked tree coordinate and picture in permanent Korean pine plot(2004)

5. 하층식생 현황

잣나무 영구표준지내의 하층식생을 제 4차 조사 시 조사한 결과 상층임관이 일부 소개된 곳에 대부분 하층식생들이 나타났으며, 이는 식생의 생육에 필요한 양광이 지면에 도달하여 식생의 종자발아에 도움을 주었기 때문이라고 사료된다(Fig. 5).

잣나무 영구표준지에 침입한 주요 하층식생의 수종으로는 물참대, 고추나무, 생강나무, 물푸레나무였고 기타 수종으로는 음나무, 신갈나무, 개다래, 층층나무 등으로 총 110본이 침입하였다. 눈에 가장 많이 띄는 초본류로는 꼬리고사리과(*Dryopteris crassirhizo-ma Nakai*)에 속하는 관중으로 파악되었다. 잣나무 영구표준지내의 침입한 하층식생의 수종별 비율을 분석한 결과 물참대가 30%, 고추나무가 17.3%, 생강나무가 15.5% 순으로 나타났다(Table 4). 특히, 물참대의 경우 낙엽활엽 관목으로 내음·내한성이 강하고, 맹아력이 강하며, 적윤지에 잘 자랄 수 있는 생육적 특성으로 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 그리고 잣나무 영구표준지 내 출현한 하층식생의 피복면적은 75.2㎡으로, 잣나무 영구표준지 면적의 3%에 달하며, 하층식생의 평균수고는 73.8cm, 평균 수관폭은 66.4cm로 나타났다(Table 4).

결 론

본 연구를 통하여 32년생 잣나무 인공조림지의 영구표준지를 1984년~2004년까지 4차에 걸쳐 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

잣나무 영구표준지의 임목 본수는 1차조사(1984년)에 601본으로 그 후 19년이 지난 4차조사(2004년)에는 간벌 또는 고사로 인하여 213본

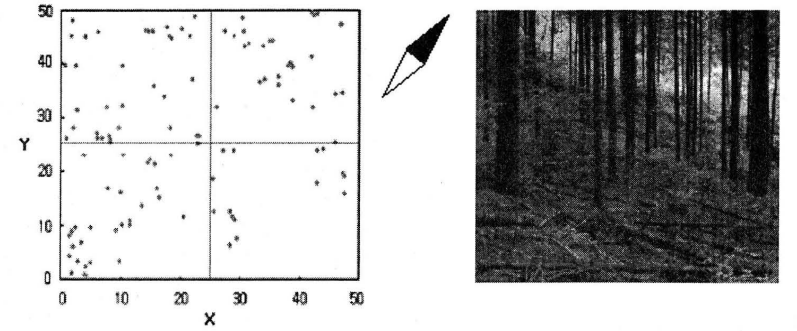


Fig. 5. Understory vegetation coordinate and picture in permanent Korean pine plot(2004)

Table 4. Characteristics for understory vegetation(2004)

Species	Trees(%)	Height(cm)	Crown diameter(cm)
Actinidia plygama Maxim	8(7.3)	82.1	95.6
Staphylea bumalda DC.	19(17.3)	86.3	76.3
Quercus variabilis Bl.	1(0.9)	30.0	30.0
Aralia elat Seem.	1(0.9)	130.0	80.0
Deutzia glabrata Kom.	33(30.0)	67.7	60.7
Fraxinus rhynchophylla Hance.	12(10.9)	82.2	77.7
Lindera obtusiloba Bl.	17(15.5)	71.5	61.8
Quercus monglica Fisch.	8(7.3)	39.0	45.0
Kalopanax pictus Nakai.	9(8.2)	90.0	59.4
Cornus controversa Hemsl.	2(1.8)	47.5	40.0
	110(100%)	73.8	66.4

으로 줄어들어 현재 ha당 852본으로 파악되었다. 그리고 임목제원에 대한 흉고직경, 수고, 수관폭의 분포 양상은 일제동령림의 전형적인 정규분포를 보였다. 잣나무 영구표준지의 1차조사 이후 19년 동안 흉고직경은 평균 15.7cm자랐으며, 수고는 평균 11.2m 생장하여 각각 매년 0.83cm, 0.6m씩 자란 것으로 나타났다. 수관반경은 3차 조사결과 4방위의 평균반경이 2.2m로 나타났으며, 4차 조사결과 평균 3.0m로 나타나 4년 동안 0.8m 성장하여 매년 0.20m씩 자라났다. 또한 영구표준지내의 입목 재적을 산출한 결과 19년 동안 8.1㎥/ha에서 199.8㎥/ha로 증가하여 매년 10.1㎥/ha 생장하였다.

각 조사 연도별 흉고직경과 수고의 관계를 파악한 결과 양적 선형 패턴을 보이고 있으며, 1~4차조사별 상관계수가 각각 0.91, 0.90, 0.55, 0.51 순으로 나타났다. 또한 흉고직경과 수관폭과의 관계는 마찬가지로 양적 선형관계로, 3차와 4차조사의 상관계수가 각각 0.69, 0.59로 나타났다. 잣나무 인공림 영구표준지내 울폐도를 산출한 결과 3차조사 때는 121%를 차지하였고, 4차조사 때는 253%를 덮고 있는 것으로 4년간 2.1배 울폐된 것으로 나타났다. 또한 수간이 분화된 임목은 전체임목(213본)중 33본(15.5%)으로 조사되었다.

잣나무 영구표준지내의 출현한 하층식생은 총 110본으로 주요수종은 물참대(30%), 고추나무(17.3%), 생강나무(15.5%)로 파악되었다. 평균 수고가 73.8cm, 평균 수관폭이 66.3cm로 나타났으며, 피복면적은 75.2㎡이고, 잣나무 영구표준지 면적의 3%에 달하며, 주요 하층식생의 수고와 수관폭을 나타낸 결과 50cm 이하의 식생들이 각각 65본, 58본으로 절반 이상을 점유하고 있는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

1. 김석권 · 이경재 · 배상원 · 이광수 · 김현섭. 2004. 비대생장 측정에 의한 잣나무 임분의 간벌방법별 직경생장. 한국산림측정학회지 7(1) : 10-16.
2. 변우혁 · 이우균 · 배상원. 1996. 산림생장학. 유천기획. 399pp.
3. 윤종화 · 김지홍 · 최인화 · 차두송. 1985. 잣나무 인공림 영구표준지의 조사보고(Ⅰ). 강원대학교 연습림연구보고 5 : 42-51
4. 윤종화 · 최정기. 1986. 잣나무 인공림 영구표준지의 조사보고(Ⅱ). 강원대학교 연습림연구보고 6 : 63-71
5. 이경재. 2003. 중부지방 잣나무 인공림의 생장과 구조분석을 통한 임분시업 체계화에 대한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위 논문. 150pp.
6. 임업연구원. 2002. 경제림 육성을 위한 산림실태조사(내부자료).
7. 임업연구원. 1996. 전국산림자원조사요령.

49pp.
8. 장경식 · 최인화. 1995. 강원대학교 임과대학 연습림 기상보고 -1993년 11월부터 1995년 10월까지-. 강원대학교 연습림연구보고 15 : 96-124.
9. 조연환. 2004. 우리나라 산림정책의 과제와 방향. 강원대학교 산림과학대학 특강자료. 15pp.
10. 최정기 · 우종춘 · 김준순 · 서영완 · 유병오 · 장재영. 2003. 잣나무 조림지역의 생장 비교분석. 강원대학교 학술림연구지 23 : 57-63.
11. 최정기 · 최인화. 1999. 잣나무 인공림 영구표준지의 조사보고(III). 강원대학교 학술림연구지 19 : 113-120
12. 최정기 · 최인화. 1998. 잣나무 조림지의 임분구조 및 생장에 관한 연구. 한국산림측정학회지 1(2) : 27-35.
13. Smith, D. M. 1986. The practice of silviculture. 527pp.

한국산림측정학회지 7(2) : 9~14. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 9~14. 2004

지역간 잣나무의 수간곡선식 추정과 생장양태[1]

손영모[2] · 이경학[2] · 권순덕[2]

Estimation of Stem Taper Equations and Growth Pattern in *Pinus koraiensis* by Two Districts[1]

Yeong Mo Son[2], Kyeong Hak Lee[2] and Soon Duk Kweon[2]

요 약

입지 및 기상조건이 서로 다른 지역에서 생장하는 잣나무의 생장양태와 수간곡선을 도출하기 위하여 몇 가지 추정식 및 검정통계량을 이용하였다. 강원도 홍천군 풍천리 지역과 경기도 포천군 광릉시험림 지역의 최적 직경 및 수고생장식은 Chapman-Richards 식이었으며, 식의 적합도는 약 94% 이상으로 높게 나타났다. 추정 생장곡선에 의하면 풍천리 지역이 다소 생장이 양호한 것으로 나타났고, 특히 이 지역의 직경생장은 시간이 경과함에 따라 아주 큰 대경목으로 생장할 가능성이 예측되었다. 두 지역 잣나무의 수간곡선형태를 파악하기 위한 최적 수간곡선모델은 Kozak 모델이었으며, 적합성은 97% 이상으로 나타났고, 검정통계량 및 잔차분석을 한 결과 식의 정확성이 충분히 입증되었다. 수간곡선식에 의한 두 지역의 수간곡선 형태를 비교한 결과, 풍천리 지역이 광릉시험림 지역보다 동일 수간부위일 경우 더 많은 용재를 생산할 수 있는 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This study used statistics and several equations in order to elicit taper equation and the growth mode of *Pinus koraiensis* which site and weather condition growth at the other area. Chapman-Richards equation is the best diameter and height equation at Pungcholri Hongchungun Kangwondo and Gwangrung experiment forest Pochungun Kyeonggido. The fitness of the equation presented very highly more than 94%. The growth of Pungcholri area presented better than the other area. Specially, diameter growth of this area was predicted to growth as large pole according as time passes. The best stem taper model of two areas was Kozak model and fitness index was more than 97%, and the result of the residual error analysis was proved sufficiently for this equation to be correct. The result which compared the tape equation form of two area by the stem tape equation, Pungcholri area was estimated to be able to product more logs than Gwangrung experiment forest in the case of the same stem section.

Kew words : taper equation, pinus koraiensis, diameter and height equation

[1] 接受 2004年 4月 19日 Received on April 19, 2004.
[2] 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.

서 론

임목생장 상태를 파악하는 일은 임업경영상 아주 중요한 일이며, 살아있는 생명체라 하여 방치하여 조방적인 경영을 함은 경영적인 관점에서는 바람직하지 못한 일이다. 생장은 수고, 직경, 단면적, 재적, 연륜생장 등을 모두 포함하는 분석이 이루어져야 하나, 주로 상장생장인 수고와 비대생장인 직경생장을 대표적 인자로 하여 생장상태를 설명해 오고 있다. 물론 이들 인자의 결집체가 재적이며, 연구측면에서 가장 많은 이용빈도를 보이고 있고 또한 최종적인 임목 거래단위가 된다. 따라서 이를 구명하는 것도 중요한 일이며, 최근 각국에서는 재적을 추정하는데 있어 수간곡선식에 의한 방법을 적용하고 있고, 국립산림과학원에서도 지난 2001년 수간곡선식을 이용하여 수종별로 재적표를 조제하여 일선현장에 보급한 바 있다.

일반적으로 지금까지의 재적 측정시스템은 단순히 전체 재적만을 나타낼 뿐이고 실제로 임목자원으로서의 가치평가에 있어 중요한 이용재적에 대한 정보를 정확하고 다양하게 제공해 주지 못하고 있다. 따라서 이를 해결할 수 있는 방법 중의 하나가 수간곡선식을 이용하는 것이다. 즉 수간 부위별 직경을 추정하는 곡선식을 이용하여 수간형태를 나타냄으로서, 해당 입목의 특정한 수간높이(단면고)에서의 직경, 혹은 반대로 일정한 직경을 갖는 수간높이도 구할 수 있어, 전체 수간재적은 물론 특정한 크기(말구직경, 용재길이 등)를 갖는 용도 혹은 등급별 이용재적의 추정도 가능해진다. 이와 같이 다양한 정보를 제공한다는 장점과 아울러 컴퓨터의 계산 능력 향상에 따른 정도 높은 모델 개발이 가능해져 이미 외국에서는 수간곡선식에 의한 재적추정이 일반화된 바 있다(Bonnor and Boudewyn, 1990; Bruce and Max, 1989; Clark *et al.*1991; Figueiredo-Filho *et al.*. 1996).

우리나라에서도 이우균(1994)이 Spline 함수에 의한 수간곡선식 개발에 관한 방법론을 소개한 이후 이를 이용한 강원도지방소나무의 수간곡선 추정식이 개발되는 등(김준순 등, 1994) 이에 대한 연구가 시작되었으며, 2001년 국립산림과학원에서 주요 수종별로 수간곡선식을 개발하고 이를 이용하여 재적표를 조제한 바 있다(손영모 등, 2004).

한편, 임목 및 임분생장 구명과 생장모델 개발을 위하여 지속적으로 생장모니터링 영구표준지의 설치와 관리가 요구되고 있으나, 국내에서는 국립산림과학원에서 고정수확시험지 및 SFM모니터링구 등을 설치, 관리해 오고 있으며, 각 대학별로 일부 시험지가 설치, 운영되고 있는 실정이다. 따라서 영구적인 생장모니터링구가 설치되지 않을 시 생장해석을 위하여 빈번히 이용되는 방법이 나무를 벌채하여 수간석해하는 방법이 있을 수 있다. 다만 이 방법은 임목을 실제 벌채, 운반 및 기타 작업이 복잡하고 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

본 연구에서는 잣나무 생육지 중 가장 대표적이라 볼 수 있는 두 곳(강원도 홍천군 풍천리 지역과 경기도 포천군 광릉시험림 지역)을 선정하여 이들의 생장을 해석, 비교해 보고자하며, 또한 재적추정을 위한 수간곡선식을 도출하여, 이를 지역간 검정해 보고자 한다.

재료 및 방법

1. 표준지 개황

강원도 홍천군 풍천리 지역 잣나무 표준지는 해발 530m, 경사 11°, 북서향의 사면에 위치하고 있으며, 경기도 광릉시험림은 해발 150m, 경사 23°, 남사면에 위치한 지역이다. 두 지역 모두 임상은 정상적으로 생육하고 있는 지역이다.

2. 이용된 공시목

잣나무 수간석해 자료는 풍천리 지역과 광릉시험림 지역에서 벌도하여 분석에 이용하였다. 풍천리 지역에서 우세목, 중간목, 열세목 등을 고르게 채취하고자 하였으나, 이 지역은 수년 전부터 간벌이 잘된 지역인 관계로 임목간의 거리가 충분히 떨어져 대부분 생장상태가 양호한 관계로 열세목은 찾을 수가 없어, 중간목 이상으로 3본을 벌채하여 분석에 이용하였다. 광릉시험림 고정수확지에서도 생장이 나쁜 열세목은 없어 중간목 이상을 6본 벌채하였다.

3. 이용 생장식 및 수간곡선식

수고 및 직경생장을 추정하기 위한 곡선식은 Chapman-Richards, Gompertz, Weibull 모델을 이용하여 역시 최적식을 도출하였고, 수간곡선식 추정을 위하여는 현재 많은 사용빈도를 보이고 있는 Max & Burkhart, Kozak 및 Lee 모델을 이용하여 적합도(Fitness Index, FI), 표준오차, 편의 및 잔차 등을 이용하여 최적의 식을 도출하였으며, 두 지역의 잣나무 생육상태를 서로 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 생장식 도출 및 지역간 생장 비교

두 지역 잣나무림에서의 수고생장 및 직경생장 추정식은 3가지 생장모델을 투입시켜 분석한 결과 다음의 Chapman-Richard 모델이 최적으로 판정이 되었으며, 이 모델의 파라메터 도출과 식의 적합성을 검정해 보았다.

○Chapman-Richard 모델 형태

$$D \text{ or } H = a \times (1-e^{(-b \times age)})^{c}$$

(여기서, D or H; 흉고직경 또는 수고생장, age; 수령, a, b, c; 파라메터)

직경 및 수고 추정을 위하여 이용된 Chapman-Richards 추정 모델은, 적합성이 직경 추정에서는 0.99 이상으로 나타났고, 수고 추정부분에 있어서는 0.93 이상으로 나타나 두 생장인자 모두, 그리고 두 지역 모두 아주 높은 설명력으로 보여 주었다. 그리고 최고 생장을 나타내는 파라메터 a 에 있어, 지역간 직경생장의 양태가 다소 다르게 나타남이 주목할 만한 사실이다. 즉 풍천리 지역은 최고 직경생장이 약 76cm 까지 이를 것이 예상되나, 경기도 광릉시험림에서

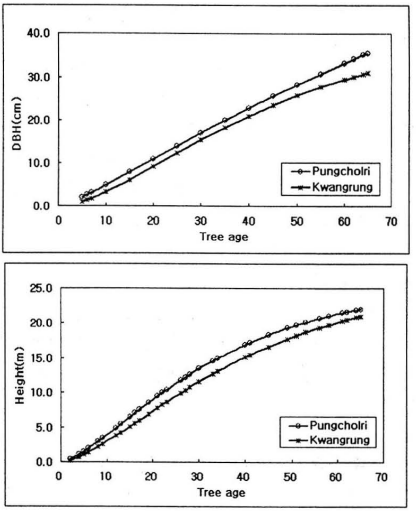


Fig. 1. Growth curve comparison between DBH and Height in Pungcholri and Kwangrung districts

의 잣나무는 약 43cm에 이를 것으로 보여 대조적이며, 수고생장의 최정점은 그다지 차이가 없을 것으로 생각된다. 이들 파라메터를 이용하여 지역별 생장곡선을 그려보면 그림 1과 같다.

그림에서도 알 수 있듯이 풍천리 지역의 직경 및 수고생장은 초기부터 광릉지역보다 생장이 우세한 것으로 나타났으며, 이후 시간의 경과에 따라 지속적으로 우세한 생장양태를 보여 주고 있었다. 특히 직경생장곡선에서 풍천리 지역의 잣나무는 60년이 지난 노령목 임에도 불구하고 지속적인 증가 패턴을 보이고 있으며, 수고생장은 두 지역 모두 생장의 점근 단계(asymptotic step)에 접어듦을 알 수 있다. 여기에서 한 가지 고찰해 볼만한 것은 잣나무 생장의 최적지로 평가되는 풍천리 지역의 직경생

Table 1. Parameter and fitness index for growth estimation equations

Parameter / Districts	DBH			FI	Height			FI
	a	b	c		a	b	c	
Pungcholri	76.0744	0.0122	1.2674	0.9927	25.9776	0.0357	1.5703	0.9408
Kwangrung	42.5777	0.0286	1.8484	0.9930	26.5109	0.0315	1.6823	0.9364

장은 광릉 지역보다 월등히 뛰어난데, 수고 생장은 시간의 흐름에 따라 광릉 지역과 유사 또는 얼마차이나진 않지만 오히려 결국은 적을 것으로 보여 진다. 이는 풍천리 지역의 잣나무임분이 바람에 노출되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 이 지역의 잣나무 생육지는 상대적으로 높게 위치하고 주풍방향에 노출되어 상층생장이 억제되는 것이라 생각된다. 그리고 이 지역은 종종 태풍의 영향으로 도목이 많이 발생하는 지역이다.

추후 이 지역에서의 정밀한 입지 및 토양환경을 조사해 보면 외형적인 생장패턴 외에 보다 정확한 생장요인을 구명할 수 있을 것이라 보인다.

2. 수간곡선식 추정 및 곡선형태

수간곡선식의 이용은 최근에 와서 많은 이용빈도를 보이고 있는데, 수간형을 이해함으로써 수간재적과 바이오매스의 추정, 목재생산량과 현존량 추정 및 임목의 생장조건과 경쟁의 이해 등 다양한 정보를 우리에게 주고 있다. 우리는 여기에서 수간 부위별 직경생장을 예측하여 이를 하나의 선, 즉 수간곡선으로 연결시켜 수간형을 파악하고자 하였으며, 수간곡선을 회전시킴으로써 해당 나무의 부피(재적)가 된다는 사실에 근거하여 연구하였다.

수간곡선 모델은 수간의 근주부와 초두부의 심한 굴곡으로 인하여 수종, 수령, 지역에 따라 아주 많은 차이가 나고 있으므로 어떤 모델이 최적이라 말함은 다소 곤란한 점이 있으며, 분석하고자 하는 임목의 상태를 보고, 예비분석 후 결정해야 할 것이다.

풍천리와 광릉지역에서의 최적 잣나무 수간모델을 선정하기 위하여 도출된 검정통계량은 다음과 같다.

Table 2. Statistics for evaluating performance of the best taper equations

Districts	Model	FI	Bias	MAD	SDD
Pungcholri	M & B	0.9876	0.0832	0.8868	1.2101
	Kozak	0.9881	0.0507	0.8469	1.1881
	Lee	0.9879	0.0774	0.8354	1.1953
Kwangrung	M & B	0.9657	-0.0065	0.8497	1.6235
	Kozak	0.9669	-0.0242	0.8121	1.5927
	Lee	0.9641	0.0201	0.8814	1.6592

(*SEE; Standard error of estimate, MAD; Mean absolute difference, SDD; Standard deviation of differences)

적합도지수(*FI*)는 회귀분석에서의 결정계수와 성질을 같이 하는 것인데, 비선형회귀분석에서의 결정계수는 의미가 없으므로 실측치와 추정치와의 관계정도를 구명하기 위하여 적합도지수를 계산한다. 실측편의(*Bias*)는 추정량이 평균적으로 모수의 참값에 대해 어느 정도 과소치 혹은 과대치를 주는 지를 나타내 주며, 평균절대편차(*MAD*)는 각 추정치 잔차의 절대값을 평균한 값으로 개개 추정치의 평균적인 편차 크기를 나타내 주는 것이다. 그리고 잔차의 표준편차(*SDD*)는 잔차의 흩어진 정도를 나타내 주는 것으로서, 편의의 표준편차이며 적은 값을 가질수록 추정의 정도가 높다고 할 수 있다. 이들 검정통계량을 검토한 결과, Kozak모델이 잣나무 수간곡선을 설명하는데 최적임을 알 수 있었다. 이 모델의 파라메터는 표 3과 같으며, 곡선형은 그림 2와 같다.

그림을 보면, 두 지역간 수간형이 약간 다름을 알 수 있는데, 풍천리 지역에서 생장하는 잣

○Kozak 식

$$d = a_0 DBH^{a_1} a_2^{DBH} X^{b_1 Z^2 + b_2 \ln(Z+0.001) + b_3\sqrt{Z} + b_4 e^Z + b_5(\frac{DBH}{H})}$$

$$Z = \text{상대수고}\ (\frac{h}{H}),\ X = \frac{1-\sqrt{\frac{h}{H}}}{1-\sqrt{p}},\ p = \frac{HI}{H},\ ai,\ bi = \text{파라메터}$$

Table 3. Parameter and fitness index for stem profile estimation equations

Parameter / Districts	Estimated parameter							
	a_0	a_1	a_2	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Pungcholri	1.1202	0.9181	1.0018	-0.3426	0.1609	-2.6582	1.4609	-0.0233
Kwangrung	0.7107	1.1164	0.9950	0.6120	-0.0680	-0.3083	0.1385	0.0987

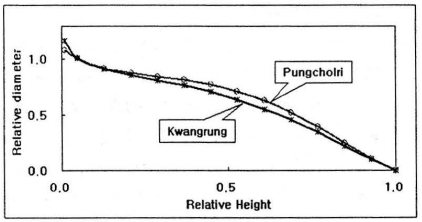


Fig. 2. Taper curve for stem pattern by districts

나무의 수간형이 상대수고(수간부위별 높이/전체 수고) 0.5 부위 주변에서 광릉 지역보다 상대직경이 높음을 알 수 있는데, 이는 이용 가능한 목재 생산을 더 많이 할 수 있다는 것이다. 광릉 지역에서의 잣나무 생장도 객관적인 관점에서 볼 때, 양호하다고 볼 수 있는데, 풍천리 지역은 임지생산력, 즉 지위가 광릉지역보다 더 좋은 최상이라고 사료되며, 조림 등 경영 정책적 입장에서 고려해 볼 일이라 생각된다.

이들 추정된 수간곡선의 또 다른 정확도를 볼 수 있는 잔차도를 그려 보면 다음과 같다.

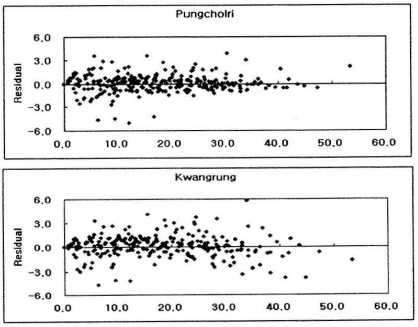


Fig. 3. Residual distribution of taper equation by districts

간곡선 추정에 의한 잔차는 지역별 전반적으로 고르게 분포하고 있어, 추정식의 정확성을 뒷받침해 주고 있으며, 풍천리 지역의 수간곡선 추정이 0 (zero)을 중심으로 좀 더 폭이 좁게 분포하고 있어, 추정의 편의를 줄여 주고 있다. 그리고 광릉지역의 수간곡선 추정에 있어 잔차는 직경이 40cm 이상일 때 다소 과대 직경을 추정하는 것으로 나타났다.

결 론

임목은 동일 수종이라 하더라도 주변 입지 및 토양환경과 유전적 성질 등에 따라 생장 상태가 다르게 된다. 따라서 강원도 홍천군 풍천리 지역과 경기도 포천군 광릉시험림 지역에서 생장하는 잣나무를 대상으로 수간석해한 자료를 이용하여 임목의 최적 직경 및 수고생장식 추정과 지역간 생장을 서로 비교하였으며, 또한 임목의 재적을 산출하기 위한 최신의 방법으로 수간곡선을 이용함에 있어 두 지역의 잣나무 최적 수간곡선식을 산출한 결과를 요약하면 다음과 같다.

최적의 직경 및 수고생장은 Chapman-Richards 식이었으며, 식을 설명할 수 있는 적합도(FI)는 모두 아주 높게 나타났다. 이 식을 이용하여 생장곡선을 그려본 바, 풍천리 지역에 생장하는 잣나무가 모두 생장이 우세한 것으로 나타났으며, 특히, 풍천리 지역의 직경생장은 60년이 지난 노령목 임에도 불구하고 지속적인 증가 패턴을 보이고 있었고, 수고생장은 두 지역 모두 생장곡선이 거의 점근선을 이르렀음을 알 수 있었다. 이들 지역에서의 입지 및 토양환경을 조사해 보면 외형적인 생장패턴 외에 보다 정확한 생장요인을 구명할 수 있을 것이라 보여 진다.

두 지역의 수간곡선식 추정에 있어서는 최적

모델로 Kozak 모델이 선정되었으며, 적합도 역시 아주 높게 나타났고(97% 이상), 잔차 분석에 있어서도 바람직한 결과를 보여 주고 있었다. 그리고 풍천리 지역에서 생장하는 잣나무의 수간형은 상대수고(수간부위별 높이/전체수고) 0.5 부위 주변에서 광릉 지역보다 상대직경이 높음을 알 수 있는데, 이는 풍천리 지역에서의 잣나무가 이용 가능한 목재 생산을 더 많이 할 수 있다는 것이다. 광릉 지역에서의 잣나무 생장도 다른 지역에 비하여 양호하다고 볼 수 있는데, 풍천리 지역은 임지생산력, 즉 지위가 이 보다 더 높은 것이라고 사료되며, 조림 등 임업경영 및 정책적 입장에서 고려해 볼 일이라 생각된다.

임목의 생장과 생장에 관여하는 인자의 파악, 이를 이용한 유용한 생장 모델의 개발, 그리고 현지에의 적용은 연구자나 경영자 모두의 바람이다. 이를 위하여 연구자나 현실 임업경영자 모두 피부에 와 닫는 연구와 이의 현지적용이 필요함을 인식하여야 할 것이며, 추후 현실과 연구와의 거리를 좁히는데 노력해야 할 것이다.

인 용 문 헌

1. 김준순 · 이우균 · 변우혁. 1994. 강원도지방 소나무의 지역간곡선 및 재적식 모델. 한국임학회지 83(4) : 521-530.
2. 손영모 외 4인. 2004. 임목자원분석론. 국립산림과학원 연구신서 제4호. 128p.
3. 손영모 외 3인. 2004. 주요 수종의 임목자원평가 및 예측시스템. 국립산림과학원 연구보고 '04-01. 125p.
4. 이우균. 1994. Spline함수와 선형방정식을 이용한 수간 및 임분간곡선모델. 한국임학회지 83(1) : 63-74.
5. 이경학 외 3인. 1999. 강원도지방소나무의 개체목 수간곡선 및 재적 추정시스템. 임업연구원 산림과학논문집 62 : 155-166.
6. Bonnor, G. M. and P. Boudewyn. 1990. Taper-volume equations for major tree species of the Yukon Territory. Forestry Canada Pacific and Yukon Region-Information Report BC-X-323. 18pp.
7. Bruce, D. and T. A. Max. 1989. Use of profile equations in tree volume estimation. USDA General Technical Report PNW-GTR-263 : 213-220.
8. Clark, A. Ⅲ., R. A. Souter. and B. E. Schlaegel. 1991. Stem profile equations for southern tree species. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282. NC. 113p.
9. Figueiredo-Filho *et al.* 1996. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Southern Brazil. For. Ecol. Manage. 83 : 39-46.
10. Gal, J. and I. E. Bella. 1994. New stem taper functions for 12 Saskatchewan timber species. Can. For. Serv., Northest Reg., North. For. Cent., Information Report Nor-x-338.
11. Kozak, A. 1988. A variable-exponent taper equation. Can. J. For. Res. 18 : 1363-1368.
12. Lee, W. K. 1993. Wachstums-und Ertragsmodelle für *Pinus densiflora* in der Kangwon -Provinz, Korea. Dissertation, Göttingen.
13. Max, T. A. and H. E. Burkhart. 1976. Segmented polynomial regression applied taper equations. Forest Science 22(3) : 283-289.
14. Parresol, B. R., J. E. Hotvedt. and Q. V. Cao. 1986. A volume and taper prediction system for bald cypress. Can. J. For. Res. 17 : 250-259.

한국산림측정학회지 7(2) : 15~22. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 15~22. 2004

상수리나무 林分의 生長패턴에 關한 硏究[1]

- 인공림과 천연림 임분의 생장패턴 비교 -

이무현[2] · 이영진[2*]

Growth Pattern Comparisons for *Quercus acutissima* Forests Between Plantations and Natural Stands[1]

Mu Hyun Lee[2] and Young Jin Lee[2*]

요 약

본 연구의 목적은 우리나라 전역에 널리 분포하는 참나무류 중에서 가장 넓은 분포면적을 차지하고 있는 상수리나무 임분의 전반적인 생장패턴에 대한 연구로서 같은 지역 내에서 상수리나무의 인공림과 천연림 임분에 대하여 수고, 직경, 간재적 생장의 평균 생장패턴을 비교해 보고자 하였다. 본 연구의 결과에 의하면, 수고와 흉고직경에 대한 비선형 생장모형들을 비교해 본 결과, Exponential 생장모형이 가장 높은 적합성을 나타냈다. 수고와 수령에 대한 비선형 생장모형식들 중에서는 Weibull 생장모형이 가장 높은 적합성을 나타냈다. 간재적 추정식들에 대한 생장모형들을 비교해 본 결과에 의하면, constant form factor 모형식이 가장 높은 적합성을 나타냈다. 상수리나무 인공림 임분과 천연림 임분의 전반적인 수고, 직경, 간재적의 생장패턴을 비교 분석한 결과에 의하면, 인공림 임분이 천연림 임분 보다 더 우수한 생장패턴을 나타내고 있었다.

따라서 본 연구에서 제시된 결과는 상수리나무 인공림 임분과 천연림 임분에 대한 평균 생장량의 비교와 전반적인 생장패턴의 추정에 중요한 자료를 제시하였으며 상수리나무 임분의 합리적인 경영에 중요한 기초적 자료를 제공해 줄 것으로 판단되었다.

ABSTRACT

Commonly used nonlinear growth functions were fitted to individual tree height-diameter, height-age, volume-diameter and height data of *Quercus acutissima* species in the Ulsan region. A total of 27 sample trees for stem analysis were selected in the study areas and the resulting of stem analysis used for developing growth prediction models. The performance of the models was compared by model, R^2, mean difference, and mean absolute difference. The results showed that Exponential growth function provided the best predictions for height-diameter relationships, Weibull growth function provided the best predictions for height-age relationships, and constant form factor model indicated the best predictions for stem volume predictions.

According to the results of overall growth pattern comparisons between plantations and natural stands, plantation stands showed better overall growth patterns than natural stands.

[1] 接受 2004年 5月 11日 Received on May 11, 2004.
[2] 공주대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Kongju National University, Yesan, Chungnam, 340-802, Korea.
[*] 연락저자(Corresponding author) : leevj@kongju.ac.kr

Therefore, overall growth models for *Quercus acutissima* trees could provide basic information for the construction of regional yield table and forest management of *Quercus acutissima* species in the Ulsan region.

Key words : Quercus acutissima, *height-diameter, height-age, growth curves, stem volume prediction model*

서 론

전국적으로 분포하고 있는 참나무류는 우리나라의 활엽수 중 분포면적이 가장 넓은 수종이며 용재, 코르크, 펄프, 표고버섯자목 등의 물질자원, 도토리와 같은 식용자원, 풍치림의 환경자원 등 여러 가지 측면에서 우리나라를 대표하는 활엽수 수종이라고 할 수 있다. 또한, 자연 상태에서 우리나라의 일반적인 삼림천이는 참나무림, 음수의 활엽수림으로 진행되며, 소나무림의 경우 솔잎혹파리의 피해 등에 의하여 참나무림으로의 이행속도가 가속화되고 있어서 참나무림의 면적은 점차 확대되고 있다(임경빈 등, 1995). 우리나라 참나무류의 자원 분포량을 조사한 결과에 의하면, 총 1,693,220ha로서 우리나라 산림면적의 28%를 차지하고 있다. 현재 우리나라 낙엽 참나무류 6수종 가운데 상수리나무는 신갈나무, 굴참나무와 함께 참나무류 중에서 각각 20% 이상 넓은 면적을 차지하고 있었고, 특히 상수리나무의 분포면적은 482,464ha로서 전체 참나무류 가운데 28%를 차지하고 있다(권수덕 등, 2004).

그동안 우리나라 참나무류 자원에 대한 종합적 이용에 관한 연구는 비교적 활발히 진행되어 왔으며(임업연구원, 1990; 임경빈, 1995), 생태학적 및 임분 구조에 대한 연구(윤충원 등, 2003), 참나무류에 대한 물질생산에 관한 연구(박인협 등, 1994, 1996), 굴참나무의 생장 특성에 관한 연구(이종락 등, 2001) 등이 있었으나, 상수리나무 임분의 생장특성에 대한 연구는 미비한 실정이며 또한 비슷한 입지조건에서 인공림 상수리나무 임분과 천연림 상수리나무 임분에 대한 전반적인 생장패턴에 대한 연구는 거의 없는 실정이었다.

따라서 본 연구의 목적은 울산지역에 시험 조림된 상수리나무 인공림 임분과 천연림 임분에 대하여 수고, 직경, 간재적 생장의 전반적인 생장패턴을 비교함과 동시에 생장추정식들을 제시함으로서 상수리나무 임분의 지속가능한 산림경영체계를 구축하는데 필요한 기초적 자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지의 개황

본 연구의 조사 대상지는 양산 임업기술훈련원에서 관리하고 있는 울산광역시 울주군 삼동면 조일리 지역에 1982년 인공 조림된 상수리나무 임분과 조일리 지역과 소호리 지역의 천연생 상수리나무 임분을 대상으로 연구하였다. 조사지역의 기후를 살펴보면 1977년~2002년까지 26년간의 연평균기온은 13.8℃를 나타내고 있었으며, 연평균강수량은 1,274mm이며, 연평균 상대습도는 67.5%로 다소 건조한 편이었다. 조사지의 지질은 안산암으로서 노년기 구릉형 지형을 이루고 있었다. 조사 대상지의 해발은 약

Table 1. Major environmental factors of the study sites

Study sites	Altitude (m)	Soil texture	Aspect	Slope(°)	Location
Plantation	140 130 − 160	Sandy-loam	SE	11 8 − 16	Joil-ri
Natural stand	390 240 − 550	Sandy-loam	SE	10 5 − 18	Joil-ri, Soho-ri

130~550이다. 토양형은 미사질 양토로서 강산성 토양이 대부분이었으며 인공림 지역의 전체 평균 해발고도는 140m(130~160m)이고, 방위는 남동향이며, 평균 사면 경사도는 11°(8~16°)이었다. 천연림인 상수리나무의 분포지역인 조일리와 소호리 지역의 전체 평균 해발고도는 390m(240~550m)이고, 방위는 남동향이며, 평균 사면 경사도는 10°(5~18°)이었다(Table 1).

2. 조사방법

조사 대상지 중에서 임분의 구조 및 생육상태가 비교적 균일한 표준지를 선정하여 각 임분별로 대표적인 총 9개소(인공림 임분 3개 plot, 천연림 임분 6개 plot)의 10m×10m 표준지를 선정하여 표준지 내의 모든 수목에 대하여 매목조사를 실시하였으며, 매목조사를 통해 각 조사구마다 3본씩의 표준목을 선정하여 총 27본의 표준목을 벌채하여 조제한 단판을 이용해서 수간석해를 실시하였다. 임령별로 흉고직경과 수고를 측정하고 근주재적을 Smalian식에 의하여, 결정간재적을 Huber식에 의하여, 초단부재적은 원추체로서 $\frac{1}{3}g_o l$로 하여 계산한 후 간재적을 계산하였다. 표준지에 대한 매목조사의 결과와 수간석해를 실시한 결과를 자료로 이용하여 통계적 분석을 실시하였다.

3. 생장모형

1) 수고와 직경간의 생장모형

수고와 직경간의 비선형 생장모형들을 검정해 본 결과, 다른 여러 모형들의 경우 수렴해를 찾는데 실패하였다. 따라서 흉고직경에 따른 수고의 발달상태를 잘 나타내는 것으로 알려진 다음의 생장모형들을 이용하였으며, 비선형 회귀식 추정은 SAS의 NLIN procedure를 이용하여 모수들을 추정하였다(Table 2).

2) 수고와 수령간의 생장모형

일반적으로 수령이 증가함에 따라서 수고 생장패턴은 sigmoid curve를 나타낸다. 또한 생물학분야와 임학분야의 생장 및 수확모델에 널리 사용되고 있는 Chapman-Richards의 생장모형과 Weibull 생장모형을 수고 생장모형으로 이용하였다. 비선형 회귀식 추정은 SAS의 NLIN procedure를 이용하여 모수들을 추정하였다(Table 3). 다른 많은 수령과 수고곡선의 생장모형 중에서는 최적의 수렴해를 찾는데 실패한 경우가 있었다.

Table 2. Nonlinear height-diameter growth models selected for comparison of *Quercus acutissima* forests between plantations and natural stands

Model Name	Equation Form
Exponential Function	$HT = 1.2 + a \cdot e^{\frac{b}{(DBH+c)}}$
Petterson Function	$HT = 1.2 + \left(\frac{DBH}{a + b \cdot DBH}\right)^3$
Kennel Function	$HT = 1.2 + \frac{1}{\left(a + \frac{b}{DBH}\right)^3}$
Michailow Function	$HT = 1.2 + a \cdot e^{\frac{b}{DBH}}$

Where : HT=tree height (meter), DBH=tree dbh (cm); a, b, c=coefficients to be estimated from sample data.

Table 3. Nonlinear height-age growth models selected for comparison of *Quercus acutissima* forests between plantations and natural stands

Model Name	Equation Form
Chapman-Richards Model	$HT = a(1 - e^{-b \cdot AGE})^c$
Weibull Model	$HT = a(1 - e^{-b \cdot AGE^c})$

Where : HT=tree height (meter), AGE=tree age (years); a, b, c=coefficients to be estimated from sample data.

3) 간재적의 생장모형

입목의 간재적 추정은 측정하기 편리하고 상관의 정도가 높은 입목의 생장인자 중 흉고직경과 수고의 2변수식을 이용하여 모형을 추정하였다. 모형들은 통합된 변수 함수식(combined-variable function)과 로그 모형식(logarithmic function), 그리고 Honer식을 기본 모형으로 하여 추정하였으며, Table 4의 기본모형들은 단목의 간재적 및 Biomass를 추정하는데 널리 사용

Table 4. Nonlinear stem volume growth models selected for comparison of *Quercus acutissima* forests between plantations and natural stands

Model Name	Equation Form
One variable quadratic model	$V=a+bD+cD^2$
Constant form factor model	$V=aD^2H$
Combined variable model	$V=a+bD^2H$
Logarithmic model	$V=aD^bH^c$
Generalized logarithmic model	$V=a+bD^cH^d$
Honer transformed variable model	$V=D^2/(a+b/H)$

Where : V=stem volume (m^3), D=tree dbh (cm), H=tree height (meter), a, b, c=coefficients to be estimated from sample data.

되고 있다(Avery와 Burkhart, 1994; Clutter *et al.*, 1983; 김동근 등, 2001). 이상과 같이 입목의 간재적 추정 모형에서는 Table 4의 기본모형들을 SAS의 REG procedure와 NLIN procedure를 이용하여 모수들을 추정하였다.

결과 및 고찰

1. 일반적인 생장특성

표준지에 대한 매목조사의 결과에 따르면 상수리나무 인공림 임분과 천연림 임분의 일반적인 생장특성으로서 ha당 본수, 흉고직경, 수고, 수관폭 그리고 지하고에 대한 통계량은 Table 5에 나타난 바와 같다. 인공림 지역의 현재 평균 임분 밀도가 2,302본/ha(2,200~2,400본/ha)이고, 평균 흉고직경은 11.7cm(6.0~21.0cm), 평균 수고는 13.8m(6.0~19.0m), 평균 수관폭은 3.5m(2.0~5.0m), 평균 지하고는 7.4m(3.0~12.0m)이며, 천연림 지역은 현재 평균 임분 밀도는 1,320본/ha(700~1,800본/ha)이고, 평균 흉고직경은 14.1cm(6.0~29.0cm), 평균 수고는 12.7m(6.0~21.0m), 평균 수관폭은 3.6m(2.0~6.0m), 평균 지하고는 6.5m(2.6~9.1m)로 각각 나타났다(Table 5).

2. 임분구조의 비교

1) 인공림의 임분구조

상수리나무의 조사지인 조일리 국유림 지역의 인공림은 1982년에 조림한 조림지이며 산록부와 산정부로서 주요 하층식생은 갈참나무, 국수나무, 청미래덩굴, 개옻나무가 주로 나타났다. 직경급 분포는 6~20cm까지 분포하고 있었으며 전형적인 동령림 임형인 정규분포모형을 나타내고 있었다. 단위면적당 임목의 본수에 대한 직경급의 분포는 직경 8~12cm에서 1,470본/ha으로 가장 많은 본수를 차지하고 있었으며, 수고는 직경급이 증가함에 따라 약간씩 증가하는 경향을 나타내고 있었다(Fig. 1).

Table 5. Summary of observed statistics between plantations and natural stands data sets in *Quercus acutissima* species

Sites	Density (trees/ha)	DBH (cm)	Height (m)	Crown width (m)	Crown height (m)
Plantation	2,302 2,200−2,400	11.7 6.0−21.0	13.8 6.0−19.0	3.5 2.0−5.0	7.4 3.0−12.0
Natural stand	1,320 700−1,800	14.1 6.0−29.0	12.7 6.0−21.0	3.6 2.0−6.0	6.5 2.6−9.1

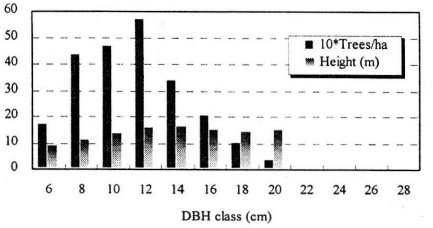


Fig. 1. The number of trees per hectare and height distribution by DBH class in the plantations of *Quercus acutissima* species

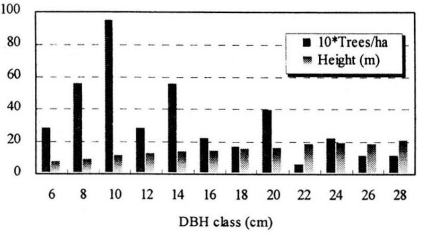


Fig. 2. The number of trees per hectare and height distribution by DBH class in the natural stands of *Quercus acutissima* species

2) 천연림의 임분구조

상수리나무 천연림의 조사지는 조일리 국유림 지역과 소호리 지역의 산록부와 산정부로서 주요 하층식생의 피복도가 지역에 따라서 50~70%로 정도이며, 주요 하층식생으로는 떡갈나무, 졸참나무, 진달래, 억새, 쥐똥나무, 산초나무, 비목나무가 주요 수종이었다. 단위면적당 임목의 본수에 대한 직경급의 분포는 6~28cm까지 다양하게 분포하고 있었으며 임형은 불규칙한 분포를 하고 있었다. 단위면적당 임목의 본수에 대한 직경급의 분포는 8~14cm에서 가장 많은 본수를 차지하고 있었으며, 수고는 직경급이 증가함에 따라서 약간씩 증가하는 분포를 나타내고 있었다.

3. 수고와 직경간의 생장모형

Table 2에서 제시된 수고와 직경간의 비선형 기본생장모형을 SAS의 NLIN procedure를 이용하여 모수들을 추정하였다(Table 6). 추정된 각 모형들의 모수들은 모두 0.0001의 유의수준에서 통계적 유의성을 나타냈으며, 추정식 모형들의 적합성 검정의 방법으로는 결정계수(R^2), 오차제곱근(RMSE), 절대평균잔차(MAD) 그리고 잔차분석과 정규성 검정을 하였다. 수고와 흉고직경의 관계에 대한 비선형 회귀분석의 결과에 의하면, Exponential 생장모형의 결정계수(또는 F.I.)값이 가장 높은 설명력을 나타내고 있었다. 즉, 천연림 임분의 경우에는 88.24%를 나타내고, 인공림 임분의 경우는 94.01%로서

Table 6. Parameter estimates and performance criteria of four nonlinear height-diameter growth models for *Quercus acutissima* species

Model and sites	Parameters			Performance criteria			
	a	b	c	R^2	RMSE	MD	MAD
Exponential							
plantation	38.0699	-11.7728	1.7264	0.9401	1.30269	-0.0161	1.0272
natural stand	26.1603	-12.0268	2.1682	0.8824	1.43680	-0.0056	1.1250
Petterson							
plantation	1.1647	0.2991		0.9395	1.29325	-0.0456	1.0549
natural stand	1.2365	0.3435		0.8814	1.43680	-0.0351	1.1307
Kennel							
plantation	0.2991	1.1647		0.9395	1.29325	-0.0456	1.0549
natural stand	0.3435	1.2365		0.8814	1.43680	-0.0351	1.1307
Michailow							
plantation	29.0408	-7.3697		0.9362	1.32880	-0.1432	1.1206
natural stand	21.1403	-7.4871		0.8744	1.47855	-0.0982	1.1798

Where : $R^2 = 1 - \sum(y - \hat{y}_i)^2 / \sum(y - \bar{y}_i)^2$, $\mathrm{RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y - \hat{y})^2 / n}$, $MD = \sum_{i=1}^{n} \frac{e_i}{n}$, $MAD = \sum_{i=1}^{n} \frac{|e_i|}{n}$

아주 높은 설명력을 나타내고 있었다.

Fig. 3에서는 Table 6에서 추정된 Michailow 생장함수식을 이용하여 인공림과 천연림의 흉고직경에 대한 수고 생장곡선을 나타낸 것으로 인공림 임분의 생장이 천연림 임분의 생장보다 더 우수한 생장패턴을 나타내고 있었다.

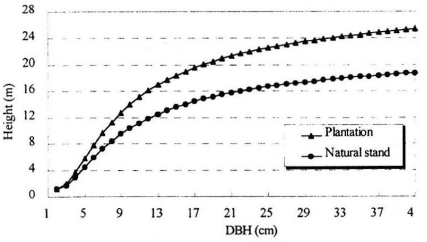


Fig. 3. Height-dbh growth pattern comparisons for *Quercus acutissima* species by Michailow growth function

4. 수고와 수령간의 생장모형

일반적으로 수령에 따른 수고 생장패턴은 sigmoid curve를 나타낸다. 이러한 수고 생장곡선을 정확하게 추정하기 위해서 적절한 생장함수의 적용은 조림작업 뿐만 아니라 산림경영의 중요한 기초적 자료가 되고 있다. 본 연구에서는 수령이 30년생 미만의 조림지이며 또한 표본수가 많지 않기 때문에 수령과 수고곡선의 다른 많은 생장모형 중에 최적의 수렴해를 찾는데 실패한 경우가 있었다.

따라서 본 연구에서는 수령이 증가함에 따라서 수고 생장패턴은 sigmoid curve를 나타내며, 또한 생물학분야와 임학분야의 생장 및 수확모델에 널리 사용되고 있는 Chapman-Richards와 Weibull 수고 생장모형식을 이용하였을 때 수고생장의 특성과 가장 잘 부합된다고 판단되었다. 이는 수령이 증가함에 따라 유령기에는 급격히 수고가 생장하나 노령기에는 완만히 증가하는 전형적인 생장곡선의 패턴을 보이고 있었기 때문인 것으로 판단되었다.

Table 3에서 제시된 비선형 회귀식 추정은 SAS의 NLIN procedure를 이용하여 모수들을 추정하였다(Table 7). 추정된 각 모형들의 모수들은 모두 0.0001의 유의수준에서 통계적 유의성을 나타냈으며, 추정식 모형들의 적합성 검정의 방법으로는 결정계수(R^2), 오차제곱근(RMSE), 절대평균잔차(MAD) 그리고 잔차분석과 정규성 검정을 하였다. 추정된 모형의 결정계수(또는 F.I.)의 값이 수종에 따라서 낮게는 82.4%에서 95.5%까지의 아주 높은 설명력을 나타내고 있었으며 인공림 임분이 천연림 임분보다 더 높은 설명력을 나타내고 있었다.

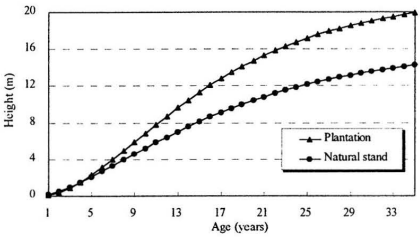


Fig. 4. Height-age growth pattern comparisons for *Quercus acutissima* species by Chapman-Richards growth function

Table 7. Parameter estimates and performance criteria of two nonlinear height-age growth models for *Quercus acutissima* species

Model and sites	Parameters			Performance criteria			
	a	b	c	R^2	RMSE	MD	MAD
Chapman-Richards							
plantation	21.8395	0.0914	2.2549	0.9547	1.1321	-0.0044	0.8295
natural stand	16.1569	0.0768	1.8023	0.8236	1.9340	-0.0098	1.5923
Weibull Model							
plantation	18.7796	0.00758	1.7738	0.9549	1.13013	-0.0020	0.8307
natural stand	15.2978	0.0137	1.4785	0.8246	1.92855	-0.0104	1.5858

5. 간재적의 생장모형

간재적식 추정은 Table 4에서 제시된 비선형 기본생장모형들을 SAS REG procedure와 NLIN procedure를 이용하여 추정하였다. 추정된 각 모형들의 모수들은 모두 0.0001의 유의수준에서 통계적 유의성을 나타냈으며($p<0.001$), 결정계수의 값들이 모두 96% 이상의 높은 설명력을 나타내고 있었다. 추정식 모형들의 적합성 검정의 방법으로는 결정계수(R^2), 오차제곱근(RMSE), 절대평균잔차(MAD) 그리고 잔차분석과 정규성 검정을 하였다(Table 8).

7개 모형들의 모수 추정 결과를 살펴보면, 흉고직경만을 함수로 사용한 1변수식(one variable model)에서는 절편이 없는 $V=aD+bD^2$이 결정계수의 값이 인공림의 경우는 98.74% 그리고 천연림의 경우는 98.39%로 높은 설명력을 나타내고 있었다. 2변수식에서는 constant form factor 모형인 $V=aD^2$ 결정계수의 값이 인공림의 경우는 99.68% 그리고 천연림의 경우는 99.50%로 가장 높은 설명력을 나타내고 있었다.

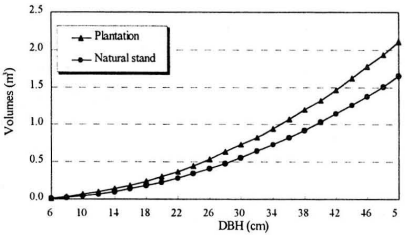


Fig. 5. Stem volume growth pattern comparisons for *Quercus acutissima* species by one variable model($V=aD+bD^2$)

간재적과 흉고직경 생장패턴의 경우 Fig. 5에서 나타난 바와 같이 상수리나무 인공림 임분이 천연림 임분보다 더 우수한 생장패턴을 나타내고 있었다. 현재까지는 비슷한 입지조건에서 상수리나무 인공림 임분과 천연림 임분에 대한

Table 8. Parameter estimates and performance criteria of seven nonlinear stem volume growth models for *Quercus acutissima* species

Model and sites	Parameters				Performance criteria		
	a	b	c	d	R^2	RMSE	MAD
$V=a+bD+cD^2$							
plantation	0.00789	-0.00499	0.00104		0.9587	0.00550	0.00374
natural stand	0.01203	-0.00530	0.00082390		0.9662	0.00985	0.00625
$V=aD+bD^2$							
plantation	-0.00278	0.00089872			0.9874	0.00546	0.13470
natural stand	-0.00288	0.00071752			0.9839	0.01003	0.64979
$V=a+bD^2H$							
plantation	0.00146	0.00004001			0.9904	0.00261	0.00174
natural stand	0.00112	0.00003656			0.9893	0.00552	0.00323
$V=aD^2H$							
plantation	0.00004106				0.9968	0.00270	0.00191
natural stand	0.00003694				0.9950	0.00554	0.00345
$V=a+bD^cH^d$							
plantation	0.000648	0.000051	1.9495	0.9552	0.9905	0.00267	0.00171
natural stand	0.00213	0.000028	2.0132	1.0786	0.9894	0.00557	0.00329
$V=aD^bH^c$							
plantation	0.000060	1.9124	0.9372		0.9905	0.00264	0.00175
natural stand	0.000038	1.9502	1.0367		0.9892	0.00557	0.00336
$V=D^2/(a+b/H)$							
plantation	185.0	21516.3			0.9902	0.00264	0.00179
natural stand	-13.0631	27257.0			0.9891	0.00557	0.00347

전반적인 생장패턴에 대한 연구는 거의 없는 실정이었으나, 본 연구에서 제시된 연구 결과에 의하면 상수리나무 인공림 임분에서 수고, 직경, 재적 생장등의 전반적인 생장패턴이 어느 정도 더 천연림 임분보다 우수한 생장패턴을 나타내는지를 제시해 주었으며, 앞으로 상수리나무의 인공림과 천연림 임분의 지속가능한 산림경영체계를 구축하는데 필요한 기초적 자료를 제시해 줄 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 공주대학교 교내연구비 지원과 산림조합중앙회의 후원으로 수행된 연구결과의 일부이며, 자료수집에 많은 도움을 주신 양산임업기술훈련원 관계자님들께 지면을 통하여 진심으로 감사드립니다.

인 용 문 헌

1. 권수덕 · 김종찬 · 김준섭 · 노대균. 2004. 우리나라 참나무류의 분포량 분석. 2004년도 한국산림자원측정학회 학술연구발표논문집 : 1-3.
2. 김갑덕. 1998. 삼림측정학. 향문사. 281pp.
3. 김갑태. 2003. 생태적 숲관리와 조림 문제 - 조림지, 천연림, 맹아림에서 물푸레나무 직경생장 비교-. 한국환경생태학회지 17(2) : 105-111.
4. 김동근 · 이영진 · 이동섭 · 홍성천. 2001. 울진 소광리 금강소나무의 간재적 추정에 관한 연구. 한국산림측정학회지 4(1) : 1-7.
5. 박관수 · 권기원 · 송호경. 2002. 포항 지역의 상수리나무 천연림 생태계의 물질생산에 관한 연구. 임산에너지 21(1) : 25-31.
6. 박인협 · 문광선. 1994. 주요 참나무류 천연림의 물질생산 및 현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 83(2) : 246-253.
7. 박인협 · 이돈구 · 이경준 · 문광선. 1996. 참나무류의 성장 및 물질생산에 관한 연구(1). 한국임학회지 85(1) : 76-83.
8. 산림조합중앙회. 2001. 조림구역 설정과 적지적수 판정을 위한 주요 조림 수종의 생장비교. 77pp.
9. 산림청. 2000. 영림계획 운영요강.
10. 산림청. 2000. 간재적표. 279pp.
11. 이경학 · 정영교 · 손영모. 1996. 산림생장 및 수확예측모델론. 임업연구원 연구자료 제17호. 142pp.
12. 이종락 · 정동준 · 김영채. 2001. 중부지방 굴참나무의 생장 특성에 관한 연구. 한국산림측정학회지 4(2) : 67-73.
13. 임경빈 · 민영택 · 김영모 · 한상석 · 권혁민. 1995. 참나무. 임목육종연구소. 187pp.
14. 임업연구원. 1990. 참나무자원의 종합이용에 관한 연구(III). 과학기술처. 449pp.
15. Avery, T. E. and H. E. Burkhart. 1994. Forest Measurements. Ed. 4th. McGraw-Hill, Inc., New York. 408pp.
16. Clutter, J. L., J. C. Fortson., L. V. Pienaar., G. H. Brister, and R. L. Bailey. 1983. Timber Management : A Quantitative Approach. John Wiley and Sons, New York. 333pp.
17. Neter, J., W. Wasserman and M.H. Kutner. 1985. Applied Linear Statistical Models. Ed. 2nd. R.D. Irwin, Inc. Homewood, Illinois. 1127pp.
18. SAS Institute Inc. 1990. SAS/STAT Procedures guide, Version 6, NC.
19. Suh M. H. and D. K Lee. 1998. Stand Structure and Regeneration of *Quercus mongolica* Forests in Korea. Forest Ecology and Management 106 : 27-34.
20. Yun, C. W., J. H. Shin., J. H. Lim. and B. C. Lee. 2003. Vegetation structure and classification of Oak forest communities in Korea, Oak 2003(Joint Meeting of Working Groups, IUFRO-Genetic of Quercus and Improvement of Oaks), Japan.
21. Zeide, B. 1993. Analysis of growth equations. Forest science, 39(3) : 594-618.

한국산림측정학회지 7(2) : 23~27. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 23~27. 2004

잣나무, 소나무, 낙엽송 유령임분의 생장 및 가지발달 특성[1]

박남창[2] · 김석권[2] · 이영근[2]

A Characteristic of Growth and Branch Development on *Pinus koraiensis*, *Pinus densiflora* and *Larix leptolepis* Young Stands[1]

Nam Chang Park[2], Suk Kuwon Kim[2] and Young Geun Lee[2]

요 약

본 연구는 우리나라의 주요 조림수종인 잣나무, 소나무, 낙엽송의 유령임분에 대한 생장특성 및 가지발달 특성을 조사하여 가지치기작업 시기 및 방법과 간벌 시기 등의 결정을 위한 영림계획 수립의 기초 자료로 제공하고자 수행하였다. 먼저 각 수종별 수령에 따른 수고 생장은 잣나무, 소나무는 각각 24, 25년에 10m급으로 생장하는데 비해 낙엽송은 식재 후 14년에 10m급으로 생장하여 낙엽송의 수고 생장이 훨씬 빠른 것으로 나타났다. 또한 낙엽송 임분의 수관폭은 잣나무림 및 소나무림에 비하여 좁고, ha당 밀도도 높은 것으로 조사되었다. 수종별 수고의 생장에 따른 형상비의 변화는 잣나무는 수고급의 증가와 함께 높아지는 경향을 보인 반면, 소나무는 낮아지는 경향을 보였으며, 낙엽송은 수고와 관계없이 90 이상의 높은 값을 나타내었다. 한편 가지발생 특성 중 고사지 발생에 있어서는 잣나무, 낙엽송은 수고에 관계없이 지상부 1.5~2.0m부위에서부터 발생하고 있었으며, 소나무는 수고의 증가와 함께 자연 낙지가 진행되고 있었다. 또한 잣나무임분의 경우는 수고의 1/3지점에서 생지가 발생하고 있었으나 소나무는 수고의 1/2지점부터 생지발생이 시작되고 있었다. 특히 낙엽송은 수고가 증가함에도 불구하고 자연낙지가 되지 않고 있어 가지치기작업이 필요한 것으로 조사되었다.

ABSTRACT

In this study, growth and branch development characteristics of *Pinus koraiensis*, *P. densiflora*, *Larix leptolepis* young stands, which are major planting tree species in Korea. In the height growth of each species, *P. koraiensis* and *P. densiflora* reached to 10m height in 24 and 25 years after plantation, respectively. But it takes 14 years for *Larix leptolepis* to grow to 10m height, so the height growth of *Larix* is faster than the others. The crown width of *L. leptolepis* plantation is narrower than those of P. koraiensis and P. densiflora plantation, and tree density of *L. leptolepis* plantation is higher than those of *P. koraiensis* and *P. densiflora* plantation. H/D ratios of *P. koraiensis* showed increasing tendency as the height grows, but those of *P. densiflora* showed decreasing tendency. *L. leptolepis* showed high H/D ratios over than 90 regardless of height growth. Dead branches occurred at the height of 1.5~2.0m in *P. koraiensis*, *L. leptolepis* stands, and natural pruning was being processed with height growth

[1] 接受 2004年 5月 21日 Received on May 21, 2004.
[2] 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.

in *P. densiflora* stand. Live branches occurred at the 1/3 of tree height in *P. koraiensis* stand, and did at the 1/2 of tree height in *P. densiflora* stand. In *L. leptolepis* stands, natural pruning did not occur despite of height growth, so it is considered that pruning is needed.

Key words : Pinus koraiensis, Pinus densiflora, Larix leptolepis, *growth, branch development*

서 론

모든 수목은 식재초기에는 생장기관에서 수관이 차지하는 비율이 높지만 생장과 더불어 경쟁이 일어나면서 고사지가 발생하고 경쟁에서 뒤진 개체들은 고사하게 된다. 따라서 식재 후의 직경생장, 수고생장과 수관의 형태들은 수종, 지역적 특성, 수령, 생육 공간, 입지 등에 의해 영향을 받는다(Oliver, C.D. and Larson 1990, 변우혁 등, 1996). 독일에서는 독일가문비나무, 유럽적송 등의 주요 조림수종별, 밀도별, 지역 특성별 생장특성 및 가지발달 특성을 구명하여 임분관리에 적용하고 있다(Mitscherlich G, 1970). 하지만 우리나라에서는 최정기 등(1998)과 이경재(2002)에 의하여 잣나무의 인공림의 생장특성에 대해 일부 연구가 되었지만 유령림 단계의 생육특성과 가지발달특성에 대해서는 연구된 것이 전무한 실정이다.

특히 우리나라는 현재 유령림 단계의 임분을 목적에 맞는 효과적인 간벌과 가지치기작업을 통하여 고급 우량재를 생산하여 고부가치의 목재를 생산하고자하는 목표로 산림을 관리하고 있다. 따라서 본 연구는 유령림 단계 임분에 대한 생육특성과 가지발달을 이해하여 적정 간벌시기 및 가지치기작업 시기와 작업방법 등을 결정하는데 중요한 기초자료를 제공하고자 우리나라의 대표적인 조림수종인 잣나무, 소나무, 낙엽송임분을 대상으로 수고 6m급, 8m급, 10m급으로 구분 한 후 생육단계별 생장특성과 가지발달 특성을 구명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사대상 임분

조사대상 임분의 수고급을 생육단계별로 어린나무가꾸기 단계인 6m급(5.1~6.9m) 및 8m급(7.0~8.9m)과, 1차 간벌단계인 10m급(9.0~10.9)으로 구분하였다. 조사는 정상적으로 어린나무가꾸기 작업이 실행된 임분을 대상으로 조사를 하였다.

조사대상 임분에 대한 행정구역으로는 잣나무임분은 경기도 남양주시 진접읍의 광릉시험림에, 소나무임분은 강원도 강릉시 강동면 모전리에, 낙엽송임분은 강원도 홍천군 내면에 위치하였으며, 조사 대상지에 대한 입지적 조건으로는 잣나무, 소나무림은 각 각 해발 170m, 80m으로 높지 않고, 경사는 22°, 20°로 비교적 완만하였다(Table 1). 반면에 낙엽송임분은 해발이 650m로 잣나무, 소나무 임분보다는 높았지만 경사가 10°로 완만한 지역이었다. 지형은 3수종 모두 산록부로 토양이 적윤하여 이들 수종이 생장하기는 적당한 입지적인 조건을 갖춘 지역이었다.

2. 조사 방법

정상적으로 생육하고 있는 1ha 이상의 면적을 가진 임분을 대상으로 임분을 대표 할 수 있는 생장을 하고 있는 위치에 20×25m의 방형구를 설치 한 후, 그 방형구내에 출현하는 조림수종에 대해 흉고직경, 수고, 본수를 조사하였다. 또한 가지발달 특성조사를 위하여 측고간을 이

Table 1. The general description of surveyed site

Class	Location	Altitude(m)	Slope(°)	Aspect	Topography
P. koraiensis	Kwangnung	170	22	SW	Hillside
P. densiflora	Kangwon Kangrung	80	20	NW	Hillside
L. leptolepis	Kangwon Hongchen	650	10	N	Hillside

Table 2. Growth characteristic on *Pinus koraiensis, P. densiflora, Larix leptolepis* young stands

	Height Class	Age	Height(m)	DBH(㎝)	H/D ratio	No. of tree/ha	Crown Diameter(m)
Pinus koraiensis	6	13	6.5	9.5	68	2000	3.5
	8	19	7.7	11.5	67	1600	4.0
	10	24	10.6	14.0	76	1100	4.4
Pinus densiflora	6	14	6.6	8.3	80	2300	3.8
	8	18	7.8	10.1	77	1600	4.2
	10	25	10.7	14.2	75	1400	4.6
Larix leptolepis	6	8	6.0	6.2	97	2300	2.1
	8	11	8.3	8.7	95	2200	2.9
	10	14	10.1	10.8	94	2000	3.2

용하여 사지발생높이, 생지발생높이, 사지발생 단수, 단수별 가지개수 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 수종별 임분생육 특성

수령에 따른 수고와 직경의 생장은 잣나무와 소나무는 유사한 생육상황을 보였으나 낙엽송은 빠른 것으로 조사되었다. Table 2에서 보는 바와 같이 잣나무임분의 경우 식재 후 13년에 평균수고 6.5m, 19년에 7.7m, 24년에 10.6m로 생장 한 반면 낙엽송임분의 경우 식재 후 8년에 수고 6.0m, 11년에 8.3m, 14년에 10.1m에 도달하였다. 또한 낙엽송 임분은 식재 후 빠른 유시 생장으로 인하여 형상비가 90 이상으로 높았으며, 좁은 수관으로 인하여 입목본수가 높게 나타났다. 이런한 결과 낙엽송임분의 경우에는 잣나무, 소나무림 보다는 일찍기 어린 나무가꾸기작업 및 간벌 등의 무육작업이 실행하여야 함을 알 수 있었다.

2. 수종별 수고 및 흉고직경 분포

Fig. 1, 2, 3은 수고 6, 8, 10m급의 생장에 따른 수고와 흉고직경의 분화를 보여주는 것으로 수고급의 증가와 함께 수고와 직경의 분화가 넓어지는 경향을 보였으며, 특히 수고 6, 8m에서 보다 수고 10m에서 더 크게 일어남을 볼 수 있다. 잣나무와 소나무는 수고 10m급에서 직경

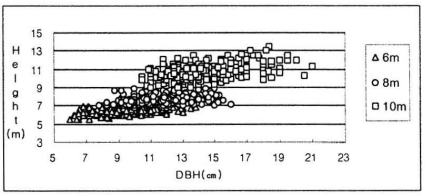


Fig. 1. Growth characteristic of *Pinus koraiensis*

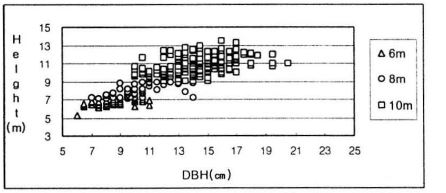


Fig. 2. Growth characteristic of *Pinus densiflora*

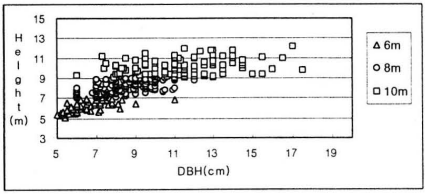


Fig. 3. Growth characteristic of *Larix leptolepis*

11~19cm사이에 주로 분포하고 있으나, 낙엽송은 수고 10m급에서 7~17cm 사이에 분포하고 있어 직경급의 분화가 잣나무, 소나무림에 비해

더 크게 일어남을 알 수 있다. 이 결과를 기초로 볼 때 도태간벌 시 미래목의 선목은 수고 10m급에서 용이할 것으로 사료 되었다.

3. 수종별 형상비

형상비는 임분의 안정성을 나타내는 척도로서 임분 관리에 중요한 정보를 제공한다. Fig. 4, 5, 6은 잣나무, 소나무, 낙엽송임분의 수고생장에 따른 형상비 변화를 나타낸 것으로 수종별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 먼저 잣나무는 수고급 6, 8m 일 때 각 각 68, 67로 나타나 유사한 경향을 보였으나 수고 10m급에서는 76로 나타나 수고의 증가와 함께 점차 H/D율이 높아지고 있음을 보여준다. 그와 반대로 소나무는 수고 6, 8, 10m 급에서 각 각 80, 77, 75를 보여 수고의 증가와 함께 낮아져 안정되는 것으로 조사되었다. 낙엽송은 수고 6, 8, 10m 급에서 각 각 97, 95, 94를 보여 수고가 증가함에 따라 약간씩 낮아지고 있지만 90 이상의 높은 값을 보였다.

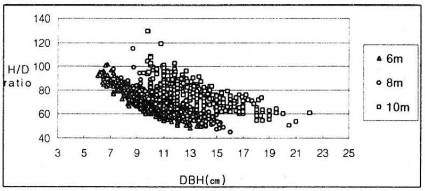


Fig. 4. Development of H/D ratio of *Pinus koraiensis*

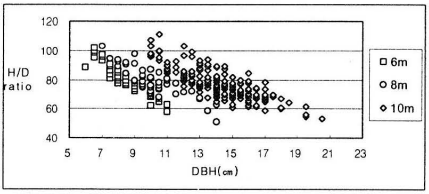


Fig. 5. Development of H/D ratio of *Pinus densiflora*

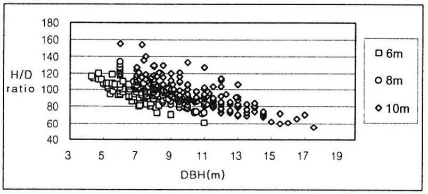


Fig. 6. Development of H/D ratio of *Larix leptolepis*

4. 수종별 가지발달 특성

수종별 가지발달 특성을 조사한 결과 고사지의 발생은 소나무를 제외하고는 수고에 관계없이 지상부 1.5~2.0m부위에서부터 발생하고 있었다. 이는 어린나무가꾸기 작업 시 가지치기를 한 후 그 위쪽이 그대로 가지가 붙어 있음을 보여준다. 단지 소나무의 10m급의 경우는 지상부 3.0m 부위에서부터 고사지가 발생하여 다른 수종에 비해 자연낙지가 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

한편 생지 발생 지점과 고사지 단수는 표에서 보는바와 같이 수종별로 차이를 보였다. 즉 잣나무에 있어서는 수고 6m급의 경우 지상부 2.0m 부위에서부터 생지가 발생하여 생지발생지하율이 31%로 나타났으며, 수고 8m급에서는 지상부 2.5m 부위에서부터 발생하여 지하율 33%, 수고 10m급은 지상부 4.0m 부위에서부터 발생하여 지하율이 38%로 나타났다. 소나무는에 있어서는 수고 6m급은 지상부 3.5m 부위에서부터 생지가 발생하여 생지 지하율이 51% 나타났으며, 수고 8, 10m급에서도 각 각 47%, 53%를 나타나 수고의 50%까지 고사지가 발생하는 것으로 조사되었다. 이는 소나무는 양수수종으로 고사지 발생이 빠르게 진행되고 있음을 보여준다. 한편 낙엽송의 경우 수고 6m급은 거의 지면까지 생지를 가지고 있었으며, 수고 8m급은 지상부 1.5~2.4m, 수고 10m급은 지상부 1.5~3.4m까지 고사지가 발생하여, 낙엽송은 자연낙지가 잘 되어 가지치기를 할 필요없다는 일반적인 생각과 다른 결과를 보여 주었다(淺井達弘, 1978).

결 론

우리나라의 대표적인 조림수종인 잣나무, 소나무, 낙엽송 유령임분의 생장단계를 수고 6, 8, 10m급으로 나누어 생장특성과 가지발달 특성을 조사하였다. 먼저 수령에 따른 수고 생장은 잣나무, 소나무는 각각 24, 25년에 10m급으로 생장하는데 비해 낙엽송은 식재 후 14년에 10m급으로 생장하여 낙엽송의 생장이 훨씬 빠른 것으로 나타났다. 또한 낙엽송임분의 수관폭은 잣나무 및 소나무림에 비해 상대적으로 좁

Table 2. Characteristic of branch development on *Pinus koraiensis, P. densiflora, Larix leptolepis* young stands

	Tending of Young Growth						Thinning		
	Height 6m class			Height 8m class			Height 10m class		
Species	*P. koraiensis*	*P. densiflora*	*L. leptolepis*	*P. koraiensis*	*P. densiflora*	*L. leptolepis*	*P. koraiensis*	*P. densiflora*	*L. leptolepis*
• Dead Branch									
- Beginning (m)	1.6	1.8	-	1.9	2.0	1.5	1.9	3.0	1.5
- No. of knot	1.5	2.2	-	2.0	2.8	1.3	4.0	3.9	2.6
• Live Branch									
- Beginning (m)	2.0	3.5	0.2	2.5	3.6	2.4	4.0	5.8	3.4
- Ratio (%)	31	51	3	33	47	29	38	53	34

고, ha당 밀도가 높은 것으로 조사되었다. 한편 수종별 수고급의 생장에 따른 형상비의 변화는 잣나무는 수고급의 증가와 함께 높아지는 경향을 나타낸 반면, 소나무는 낮아지는 경향을 보였다. 낙엽송은 수고의 증가와 관계없이 90 이상의 높은 값을 나타내었다. 가지발생 특성 조사에서 고사지 발생은 잣나무, 낙엽송은 수고에 관계없이 지상부 1.5~2.0m 부위에서부터 발생하고 있었으며, 소나무는 수고의 증가와 함께 자연 낙지가 진행되고 있었다. 잣나무임분의 경우는 수고의 1/3지점에서부터 생지가 발생하고 있었으나 소나무는 수고의 1/2지점에서부터 생지발생이 시작되고 있었다. 낙엽송임분에 있어서는 고사지가 수고의 증가와 함께 자연낙지가 되지 않고 있어 반드시 가지치기작업이 필요한 것으로 판단 조사되었다.

인 용 문 헌

1. 변우혁 · 이우균 · 배상원 1996. 산림생장학. 유천미디어. 399p.
2. 이경재. 2003. 중부지방 잣나무 인공림의 생장과 구조분석을 통한 임분시업체계화에 관한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위 논문. 150pp.
3. 최정기 · 최인화. 1998. 잣나무 조림지 임분구조 및 생장에 관한 연구. 한국산림측정학회지. 1(2) : 27-35.
4. Oliver, C. D. and B. C. Larson. 1990. Forest stand dynamics, Mcgraw-Hill Inc. 467pp.
5. Mitscherlich v. G. 1970. Wald, Wachtum und Umwelt. 139pp.
6. 淺井達弘. 1978. カラマツの枝打ちに對する考え方. 光珠內季報 No36 : 1-4.

한국산림측정학회지 7(2) : 28~32. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 28~32. 2004

전국산림자원조사자료를 이용한 경영형태별 생장모델 개발[1]

권순덕[2] · 이경학[2] · 손영모[2] · 노대균[2]

Development of Growth Model by Forest Management Types Using National Forest Resources Inventory Data[1]

Soon Duk Kwon[2], Kyeong Hak Lee[2], Yeong Mo Son[2] and Dae Kyun Rho[2]

요 약

본 연구는 전국산림조사 자료를 이용하여 임상별 생장모델을 개발하고, 이를 토대로 경영형태별 생장모델을 개발하기 위해 수행되었다. 임상별 생장모델은 침엽수림의 경우 Logistics, 활엽수림의 경우 Gompertz식이 적합한 것으로 나타났으며, 이러한 생장식에 경영형태별 생산력의 차이를 나타내는 생장보정치를 산출하여 곱해줌으로써 최종적으로 8가지 경영형태별 생장기준곡선을 도출하였다. 경영형태별 생장기준곡선은 전체적으로 침엽수림과 국유림 그리고 시업지가 활엽수림과 사유림, 시업제한지 보다 양호한 생장을 보이는 것으로 나타났으며, 특히 침엽수림이 활엽수림에 비해 장령림 이후 훨씬 좋은 생장을 보이는 것으로 예측되었다.

ABSTRACT

This study develops the growth model by forest types using national forest resources inventory data and is carried to develop growth model by forest management types based the growth model by forest types. The growth model by forest types proved to suitable equations which were Logistics equation in case of coniferous forest and Gompertz equation in case of broad-leaved forest. The eight growth standard curve equations by forest management types deduced multiplying growth equations by forest types by the growth revision value. The growth standard curve equations presented that coniferous forest, national forest and managed forest are better than broad-leaved forest, private forest and non-managed forest. Specially, coniferous forest was forecasted to be shown better growth than broad-leaved forest since young matured stand.

Key words : growth model, forest management types, national forest resources inventory data

서 론

우리나라는 제1차 전국산림자원조사를 1971년부터 시작하여 10년주기로 2005년말까지 제4차 전국산림조사를 완료하기 위해 현재 산림조사가 수행되고 있다. 이러한 산림조사자료는 수종과 산림의 소유권 및 산림경영유형별로 면적 및 축적 등으로 분류하고, 이를 분석하여 우리나라 임업통계작성에 이용되고 있다. 최근들어 산림은 이제까지의 목재 생산적인 측면뿐만 아

[1] 接受 2004年 6月 15日 Received on June 15, 2004.
[2] 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.

니라 수원함양, 대기정화, 온실가스 흡수 및 저장, 휴양공간제공, 생물다양성유지 등 그 환경적 기능이 크게 중시되고 있으며, 산림경영목표도 산림의 공익적 기능을 증진시키기 위해 환경적·생태적·사회적 요인을 계획의 수립과 실행과정에 적극적으로 반영하고 있는 실정이다. 따라서 산림자원에 대한 포괄적이고 종합적인 분석이 필요하고, 관련된 의사결정에 필요한 정보의 종류와 양도 그만큼 복잡하고 다양하기 때문에 정보들을 효율적으로 처리할 수 있는 의사결정체계의 수립이 절실히 요구된다.

산림자원관리를 위한 의사결정체계를 수립하기 위해서는 과거에서부터 현재까지의 산림자원의 변화와 현황 및 이에 근거한 앞으로의 전망 등을 예측할 필요가 있다. 대표적으로 일본은 국민경제 및 국민생활에 밀접한 관계를 갖는 산림의 다양한 기능이 고도로 발휘될 수 있도록 적절히 관리한다는 목표아래, 이를 달성하기 위한 산림자원정비의 기본방향을 명확히 하기 위해 현재의 산림자원실태, 즉 벌채동향, 조림동향, 산림자원 및 축적현황 등을 분석하고 이를 토대로 감반솔이율을 적용하여 앞으로의 산림자원을 예측함으로써 이를 산림기본정책에 응용하고 있다(森林計劃研究會, 1987). 미국의 경우에는 TRAS(Timber Resources Analysis System)라는 산림자원 예측모델을 이용하여 산림조사 및 분석 통계치 등 기존 자료로부터 산림의 소유권 및 산림경영유형별로 면적추이, 축적추이, 생장추이 등을 분류·분석하고 이를 토대로 산림자원의 변화를 예측하고 있다(Haynes, 1990). 그밖에도 독일을 비롯한 유럽의 임업선진국에서도 과거부터 산림자원의 중요성 및 산림정책의 장기성을 고려해 정기적으로 산림자원실태를 조사·분석하고, 이들을 토대로 산림자원량 및 구조에 관한 변화를 예측하고 있다.

우리나라의 경우 연구적인 측면에서 이경학 등(1992; 1997)은 우리나라에서 벌채정책에 따른 국유림자원의 축적, 생장 및 영급분포를 예측할 수 있는 간단한 모델을 개발하였다. 또한 정주상 등(1994)은 선형계획이론을 이용하여 대규모 산림자원의 경영체계를 분석하여 종합계획을 수립하고 이에 따른 자원변화를 예측할 수 있는 수량분석전산모델을 개발하였다. 그러나 아직 산림자원관리에 관한 장기기본방향을 설정하기 위한 세부적이고 객관적인 산림자원분석 및 예측에 관한 연구는 없었으며, 산림기본계획수립을 위해서는 이에 대한 연구가 시급한 실정이다. 이에 본 연구는 산림자원관리의 의사결정 자료를 제공할 목적으로 제3차 전국산림자원조사자료를 이용하여 임상별 생장모델 개발과 경영형태별 생장모델 개발을 위해 연구가 수행되었다.

연구방법

1. 자료수집

본 연구에 사용된 자료는 국립산림과학원 산림조사과에서 2001년 완료한 현지조사야장을 전산화한 자료로 표본점은 모두 8,195개소이다. 이 중 침엽수가 5,586개소, 활엽수가 2,609개소이다. 본 연구에 사용된 자료의 구성을 살펴보면 표준지 항목으로써 표준지의 위치, 영급, 임상, 경급, 울폐도, 방위, 경사, 해발고 등이 기록되어 있고, 표준지내 각 개체목에 대해서는 수종, 흉고직경, 수고, 형질급, 생장량, 수피 등이 나타나 있다. 이들을 처리하여 임분수준의 표준화된 자료로 구성한 후 이들을 분석해 얻어진 임상별, 영급별 표준지수와 평균축적은 표 1과 같다. 그리고 표 1에서 보는바와 같이 6영급이상은 임분상태가 불분명해 모델적합자료로 사용하지 않았다.

표 1. 사용된 임분자료의 임상별, 영급별 표준지수 및 평균 축적

영급	침 엽 수 림		활 엽 수 림	
	표준지수	평균축적 (㎥/ha)	표준지수	평균축적 (㎥/ha)
2	2,552	34.5	961	25.1
3	2,296	56.7	1,202	54.4
4	647	95.2	252	79.7
5	91	121.5	194	99.1
합계	5,586	-	2,609	-

2. 생장모델개발 흐름

그림 1은 본 연구에서 산림축적의 장기예측에 사용될 생장모델을 개발하기 위한 흐름도이다. 먼저 모델개발에 사용될 자료는 본 연구에서 추후 산림자원현황 기본 자료로 사용할 임업통계연보상의 임목축적통계를 위한 기본조사인 전국산림자원조사의 표준점자료이다. 표준지내의 개체목단위로 조사된 원자료를 생장모델 개발에 사용하기 위해 임분수준의 표준화 자료로 재편성하게 된다.

이 표준화된 자료를 침엽수와 활엽수로 구분하여 임령에 대한 ha당 축적 변화를 나타내는 Logistics식, Gompertz식 등의 생장모델을 적합한 후 검정통계량에 의해 임상별 최적 임분생장식을 선정하였으며, 이 생장식은 각 임상별 생장의 기준곡선으로 이용하였다. 다음으로 각 경영형태별 생산력의 차이를 구하기 위해 각 2001년도 말 임업통계연보상의 영급별 ha당 축적을 종합 비교하여 소유별, 지종별, 임상별 상대적인 생장보정치를 구하였다. 이 생장보정치를 앞서 개발한 임상별 생장기준곡선에 곱하면 최종적으로 8가지 경영형태별로 생장기준곡선을 얻게 된다.

연구결과

1. 생장모듈 개발

1) 임상별 최적 임분 생장식

본 연구에서는 생장모델의 최종사용에 있어 연간단위로 사용할 예정이기 때문에 독립변수인 영급을 임령으로 하여 분석하였다. 즉 2영급은 15년, 3영급은 25년 등으로 환산한 것이다. 여러 가지 생장모델을 적합한 결과 침엽수림에서는 Logistics식이, 활엽수림에서는 Gompertz식이 가장 좋은 검정통계량을 보이고 있었으며, 이에 근거한 임상별 생장추정식과 이의 적합도는 표 2와 같다. 표 2에서 알 수 있듯이 적합도가 떨어지는 이유는 영급을 임령으로 환산하여 10년 범위의 임령을 한 임령으로 대표한데서 오는 오차와 수종 · 입지 · 기후 등 임령이외에 생장에 영향을 주는 다른 요인들을 고려하지 않았기 때문이다.

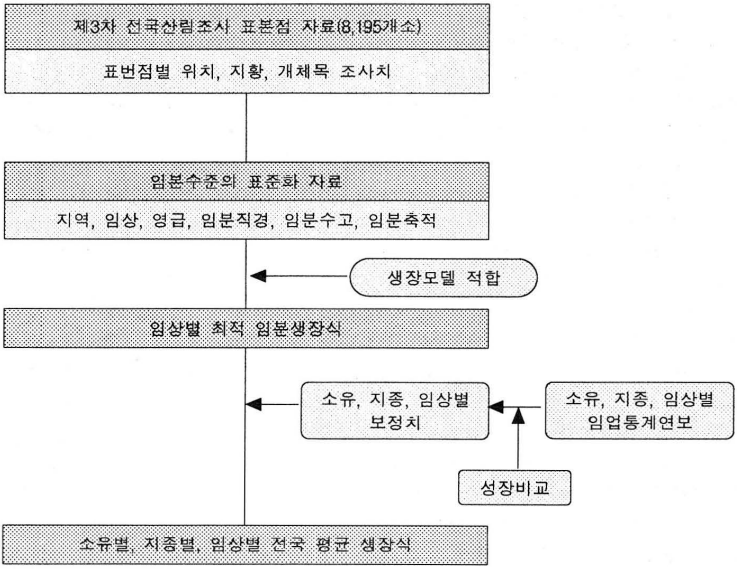


그림 1. 생장모델 개발의 흐름도

표 2. 임상별 최적생장모형와 기준생장식 및 적합도(FI)

임 상	최 적 모 형	기 준 생 장 식	FI
침엽수림	Logistics식	$V_c = \frac{211.08}{(1+15.032*\exp(-0.069868*A))}$	0.3208
활엽수림	Gompertz식	$V_B = 122.65*\exp(-4.2662*\exp(-0.066127*A))$	0.3702

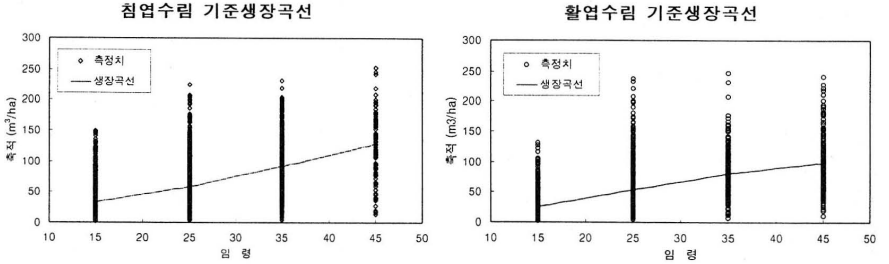


그림 2. 임상별 임령에 따른 측정치 및 생장기준곡선

2) 소유별, 지종별, 임상별 전국 평균 생장식

임업통계연보상의 축적 및 면적 자료를 이용하여 얻어진 경영형태별 임분생산력의 상대적인 차이를 보면 표 3과 같다. 이를 구하는 과정을 살펴보면 먼저 각 경영형태별로 생산력지수를 구한다. 본 연구에서 생산력지수는 각 영급의 단위면적당 축적을 합한 것으로 하였다. 다음에는 임상별로 국유림 시업지, 국유림 시업제한지, 사유림 시업지, 사유림 시업제한지의 생산력지수를 평균한 임상별 평균생산력지수를 구하고, 단위 경영형태의 생산력지수를 해당 임상의 평균생산력 지수를 나누어 상대적인 생산력의 차이를 나타낸 것이 표 3에 나타난 임분생장식의 보정계수이다.

2. 경영형태별 생장기준 곡선

경영형태별 생장식은 표 2에서 구한 임상별 기준생장식에 표 3에서 구한 보정계수를 곱하여 구하였다. 예를 들면 국유림 시업지 침엽수림의 경우 얻어진 침엽수림 기준생장식에 1.13을 곱한 것이 생장식이 된다. 이렇게 하여 8가지 경영형태의 생장식을 얻게 되었으며 이를 생장곡선으로 나타낸 것이 그림 3이다. 전체적으로 침엽수림이 활엽수림보다, 국유림이 사유림보다, 시업지가 시업제한지보다 양호한 생장을 보이는 것으로 나타났으며, 특히 침엽수림이 활엽수림에 비해 장령림 이후 훨씬 좋은 생장을 보이는 것으로 예측되었다. 그러나 이 생장식은 45년생까지의 자료를 토대로 얻어진 것이기 때문에 이 보다 임령이 많아질수록 정확도가 떨어짐을 유념할 필요가 있으며, 이의 개선을 위해서는 노령림에 대한 자료수집이 필요하다.

표 3. 경영형태별 임분생장식 보정계수

소 유	국 유 림				사 유 림			
지 종	시 업 지		시업제한지		시 업 지		시업제한지	
임 상	침엽수	활엽수	침엽수	활엽수	침엽수	활엽수	침엽수	활엽수
보정계수	1.13	1.12	1.02	1.00	0.97	0.92	0.88	0.96

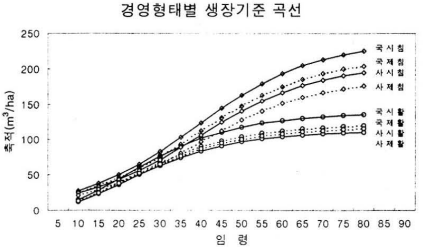


그림 3. 소유, 지종, 임상별 생장기준곡선

결 론

본 연구는 산림자원관리의 의사결정 자료를 제공할 목적으로 제3차 전국산림자원조사자료를 이용하여 임상별 생장모델 개발과 경영형태별 생장모델 개발을 위해 연구가 수행되었다. 임상별 기준생장곡선은 Logistics식과 Gompertz식 등을 비교하였으며, 경영형태는 소유별(국유림, 사유림), 지종별(시업지, 시업제한지), 임상별(침엽수림, 활엽수림)으로 구분하여 8가지 경영형태별 생장기준곡선을 개발하였다.

본 연구에서 임령에 대한 ha당 축적 변화를 나타내는 임상별 생장모델은 침엽수림의 경우 Logistics식, 활엽수림의 경우는 Gompertz식이 가장 양호한 검정통계량을 보였으며, 적합도 지수는 낮은 것으로 나타났다. 이는 영급을 임령으로 환산하여 10년범위의 임령을 한 임령으로 대표하는데서 오는 오차와 수종, 입지, 기후 등 생장에 영향하는 다른 요인들을 고려하지 않았기 때문이다. 경영형태별 생산력의 차이를 나타내는 생장보정치는 임업통계연보의 영급별 ha당 축적을 비교하여 경영형태별 상대적인 생장보정치를 산출하였다. 이렇게 도출된 임상별 기준생장곡선과 생장보정치를 곱하여 8가지 경영형태별 생장기준곡선을 도출한 결과 전체적으로 침엽수림이 활엽수림보다, 국유림이 사유림보다, 시업지가 시업제한지보다 양호한 생장을 보이는 것으로 나타났으며, 특히 침엽수림이 활엽수림에 비해 장령림 이후 훨씬 좋은 생장을 보이는 것으로 예측되었다. 그러나 이러한 생장식은 45년생까지의 자료를 토대로 얻어진 것이기 때문에 이 보다 임령이 많아질수록 정확도가 떨어짐을 유념할 필요가 있으며, 이의 개선을 위해서는 노령림에 대한 자료수집이 필요하다.

인 용 문 헌

1. 森林計劃研究會. 1987. 新たな森林. 林業の長期 Vision. 東京. 415pp.
2. 이경학 · 윤여창. 1992. 국유림 자원예측모델. 임업연구원연구보고 45 : 101-122.
3. 이경학 · 손영모, 정영교. 1997. 우리나라 산림자원의 장기예측. 산림과학논문집 56 : 152-162.
4. 정주상 등. 1994. 산림자원의 경영계획을 위한 전산모델개발에 관한 연구(Ⅲ). 산림청. 124pp.
5. Haynes. R. W.(Coordinator). 1990. An analysis of the timber situation in the United States : 1989~2040. USDA For. Serv. General Technical Report RM-199. 269pp.

한국산림측정학회지 7(2) : 33~40. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 33~40. 2004

붉가시나무의 물질생산량 추정식에 관한 연구[1]

이상태[2] · 김병부[2] · 정영교[3] · 신현철[2] · 최재채[2] · 이경재[2] · 황재홍[2] · 박종석[4]

Biomass Estimate Equation Model of *Quercus acuta*[1]

Sang Tae Lee[2], Byoeng Bu Kim[2], Young Gyo Chung[3], Hyeon Chul Shin[2], Jae Chae Choi[2], Kyung Jae Lee[2], Jae Hong Hwang[2] and Park Jong Suk[4]

요 약

본 연구는 전라남도 완도지역 붉가시나무의 물질생산량 추정식의 검정을 위하여 10본의 임목을 20m×20m에서 부위별로 수간석해를 하였다. 채취된 시료는 주간, 잎(1, 2년생), 가지(1, 2년생)로 구분하여 생중량과 건중량을 측정하였으며, 표준목은 경급별로 선정되었다. 물질생산량 추정 모형식은 흉고직경 변수의 $W=a+bD^2$, $W=aD+bD^2$, $W=a+bD+cD^2$, $W=aD^b$ 와 흉고직경과 수고 변수 조합의 $W=aD^2H$, $W=a+bD^2H$, $W=a(D^2H)^b$, $W=aD^bH^c$로 하였다. 생중량과 건중량 추정식에서 가장 적합도가 높은 모형은 $W=aD^b$, $W=aD^bH^c$ 식이었으며, 이들 모형은 각각 독립변수에 대하여 $1/D^2$, 대수변환을 실시한 모형이었으며, 적합도 검정에서 결정계수와 추정치의 표준오차 그리고 잔차의 분포가 가장 좋은 식인 것으로 나타났다.

ABSTRACT

Quercus acuta of Wando local in Jeollanamdo was study to investigate effective green and dry weight of biomass estimated method. Ten sample trees selected at 20m×20m plot taking accounting of DBH distribution were felled and the diagram of oven-dry weight distribution of stem, leaf(1 and 2 years), branch(1 and 2 years) was constructed. Estimate equation was used eight regression models, such as $W=a+bD^2$, $W=aD+bD^2$, $W=a+bD+cD^2$, $W=aD^b$ of DBH variable and $W=aD^2H$, $W=a+bD^2H$, $W=a(D^2H)^b$, $W=aD^bH^c$ of DBH and Height variable were applied to estimate biomass. The most accurate equation of green and dry weight biomass was made by the regression model of $W=aD^b$ (weighted by $1/D^2$)and $W=aD^bH^c$(logarithm transformation). These models were valid for accurate estimation of R2, SSE(standard error of estimate) and residual distribution.

Key words : Quercus acuta, biomass, logarithm transformation, regression, Wando

[1] 接受 2004年 6月 28日 Received on June 28, 2004.
[2] 국립산림과학원 남부산림연구소 Korea Forest Research Institute, Southern Forest Research Center.
[3] 국립산림과학원 제주난대림연구소 Korea Forest Research Institute, Warm-temperate Forest Research Center.
[4] 전라남도 완도수목원 Wando

서 론

산림생태계에서 수확되는 목재자원은 인류에게는 큰 문명의 발달을 안겨다 준 유용한 자원중의 하나이다. 반면 산림생태계는 산업발달과 이에 따른 대기, 환경오염 등으로 인해 피해 받는 가장 큰 피해자 중의 하나이다. 결국 인간은 자연이라는 산림으로부터 받은 혜택을 잘 이용, 관리하지 못하고 산림을 훼손하고 파괴시켜 결국 지구 온난화를 유발시키는 화를 저질렀으며, 이로 인한 기후 변화의 피해를 직접적으로 받고 있다. 물론 지구의 산림 역시 이 피해를 직접적으로 받고 있다. 이러한 산림생태계의 파괴 원인을 구명하려는 많은 연구결과에서 대기중 CO_2의 증가로 인해 지구가 온난화해지고 산림의 생태계가 파괴된다는 보고들이 알려졌다(김준한 등, 1995; Tans et al, 1990). 이와 함께 지구 온난화 방지를 위한 기후협약의 체결이 시행되면서 각국에서는 자국의 산림자원에 대한 정확한 산출근거를 제시하기 위한 노력을 진행하고 있다. OECD 가입국은 의무적으로 가입국의 총탄소 방출량에 대한 탄소고정량을 뺀 CO_2 배출량을 제시하도록 되어 있다. 이를 바탕으로 해당 국가에 대한 경제부분에 대한 관세정책을 실시함으로써 환경개선을 위한 노력을 기울이고 있다. 결국 환경개선과 경제부분에서의 불이익을 당하지 않기 위해서는 자국의 산림자원에 대한 정확한 물질생산량의 측정은 중요하며, 이에 대한 많은 연구가 절실히 요구되고 있다.

임목의 물질생산량에 대한 연구는 20세기 중반 이후 대체 자원 에너지 확보를 위한 연구를 기점으로 오늘에 이르러서는 CO_2의 시비효과와 지구온난화에 따른 환경보호를 위한 범위로까지 확대되었다. 특히 CO_2가 식물의 광합성 조직에 의해 재흡수 및 토양수 용해에 영향을 미친다고 하였으며(Kimmins, 1975), 박원규(1993)는 CO_2 농도와 수목의 생장관계에 있어서 농도에 따른 물질생산량의 증가 변화를 발표하였다. 또한 박인협 등(1999)은 소나무와 굴참나무에 대한 물질생산에 대한 연구를 통하여 종간 경쟁에 따른 물질생산량의 관계를 연구하였다. 또한 정확한 임목의 물질생산량 추정을 위하여 Whittaker 등(1975)이 흉고직경과 수고변수를, Alban 등(1978)이 직경과 수고를 이용한 추정오차 감소에 대한 연구를 수행하였다. 이와 같이 임목의 물질생산에 대한 추정은 임분별로 상대생장식을 유도하여 현존량을 추정하는 것이 좋으나, 벌채 여건 및 경제적 부담과 해당 수종 분포 등에 따른 지역적 어려움이 있으므로 추정식을 통한 방법이 요구되고 있다. Pastor 등(1984)은 이러한 생장형, 입지적 차이 및 동일 수종에 대한 생장식을 적용 그 차이에 대한 검정을 발표하였으며, 이수욱(1985)과 박인협(1989)은 소나무에 대한 추정식을 검정한바 있다.

우리나라의 난대림은 남부지역 일부에만 위치하고 있으며 대부분 상록활엽수림 형태이다. 북위 34° 이남에 위치하고 있으며, 연평균 기온 14℃ 이상, 1월 평균기온이 0℃ 이상인 남해안 일대와 제주도, 울릉도 등지에 분포하고 있다. 붉가시나무는 이들 남해안지역에 분포하고 있는 지역에서도 널리 분포되어 있는 수종으로 목재의 재질이 좋으며, 신탄재, 표고목 그리고 조경 및 정원수로 이용되고 있는 경제적 가치가 있는 수종이다(홍성천 등, 1987). 또한 한반도 남해안 지역의 난대성 기후변화에 따른 조림 식재수종으로서의 그 중요성도 부각 되고 있다. 그러나 난대림 조성의 주요 수종 중의 하나인 붉가시나무에 대한 군락 및 분포 조사는 이루어져 있으나, 이 수종에 대한 물질생산에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 우리나라 난대상록 수종으로서 완도지역 붉가시나무를 대상으로 물질생산량에 대한 추정식의 검정을 실시하였으며, 물질생산량에 대한 추정식 검정을 통하여 난대수종에 대한 효율적인 자원 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

조사대상지는 전라남도 완도군 군외면에 위치하고 있으며, 상록활엽수림이 광범위하게 분포하고 있다. 주요 수종 분포는 침활혼효림과 인공조림지가 대부분이며, 활엽수종 분포는 붉가시나무, 동백나무, 황칠나무, 구실잣밤나무 등

Table 1. Soil property of the study site

Soil pH (1 : 5)	OM (%)	TN (%)	Avail. P_2O_5 (mg/kg)	CEC	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
				($cmol_c$/kg)				
4.89	7.27	0.29	12.6	13.9	0.50	0.12	0.99	1.12

이 있다. 수령분포는 20년~30년생 임분이 대부분을 차지한다. 배행근 등(2001)이 기상자료를 바탕으로 작성된 식물 생육과 관련된 온량지수, 한랭지수, 홀드리지즈지수 등은 120℃, -3.9℃ 그리고 14.7이라고 발표하였으며, 조사지역 토양의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1에서 조사지 내 토양의 토성은 pH는 4.89로서 강산성을 보이고 있으며, 토양유기물과 전 질소함량은 7.27%와 0.29%로 비교적 높으나 유효인산은 12.6mg/kg로 낮으며, 칼슘 및 마그네슘함량도 일반산림토양에 비해 낮은 것으로 나타났다.

2. 조사방법

1) 조사목 선정

본 분석에 이용된 조사대상목은 조사구 20m×20m를 설정 매목 조사를 실시하였으며, 각 경급별 6~24cm까지 한 본씩을 선정하였다. 조사지 임분 내 임목의 평균직경은 16cm, 수령 분포는 Ⅲ영급, 평균수고는 13m, ha당 본수의 분포는 2,025본이다.

2) 시료채취

선정된 임목은 벌근부 20cm 지점에서 벌채하여 임목의 수령을 측정하였으며, 그 뒤 수간석해에 따른 방법을 적용하여 2m씩 잘라서 원통의 중간부위에서 10cm 두께의 원판을 채취하였다. 가지와 잎 등은 해당 주간 부위별로 구분하였으며, 연간 생산량을 알아보기 위하여 가지와 잎 등은 1년, 2년 등으로 구분하여 채취하였다. 이러한 방법으로 현장에서 붉가시나무의 생중량을 측정하였으며, 채취한 원판과 잎 그리고 가지의 생중량 시료를 채취하여 생중량 무게를 측정한 뒤 85℃의 건조기에서 항량이 될 때 까지 건조하여, 부위별 시료의 건중량을 각각 측정하였다.

3. 자료분석

1) 추정 모형식

붉가시나무의 중량 추정을 위한 모형식은 국립산림과학원(2004)에서 수행한 수간중량 추정모형을 적용하였다. 이들 모형식은 현재 물질생산량 추정에 널리 이용되는 모형들로써 물질생산량 추정식은 흉고직경의 1변수식과, 흉고직경과 수고에 의한 2변수식 두 가지를 이용하였으며 세부사항은 Table 2와 같다.

Table 2. Tested Biomass equation models for *Quercus acuta*

Estimation equation	
DBH variable	DBH & Height variable
Ⅰ $W=a+bD^2$	Ⅴ $W=aD^2H$
Ⅱ $W=aD+bD^2$	Ⅵ $W=a+bD^2H$
Ⅲ $W=a+bD+cD^2$	Ⅶ $W=a(D^2H)^b$
Ⅳ $W=aD^b$	Ⅷ $W=aD^bH^c$

Note) W : green and dry weight, D : DBH(cm), H : Height(m), a, b, c : parameter

Table 2에서 분석에 투입된 모형식에 대하여 일반적으로 적용되는 최소자승회귀 방법에 의한 계수 추정 시 독립변수가 커짐에 따라 발생될 수 있는 점을 보완하기 위하여 독립변수에 대한 가중치를 적용하였다. 이에 따라 모형에 대한 가중치는 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ 식에 대해서는 $1/D^2$을, 모형 Ⅴ, Ⅵ식에는 $1/D^2H$를 각각 가중치로 적용하여 통계분석 하였다. 그리고 나머지 Ⅳ, Ⅶ, Ⅷ 식에 대해서는 대수변환을 실시 한 후 모형을 회귀적합 하는 과정을 거쳐서 분석을 실시하였다.

2) 적합도 검정

물질생산량의 추정에 적용된 모형의 검정은 일반적으로 적용되고 있는 적합도지수와, 추정

치 표준오차 그리고 잔차의 분포를 가지고 평가하였다. 추정식에 대한 설명부분을 나타내는 적합도 지수는 단순일반회귀식에서는 결정계수 값인 R^2(coefficient of determine)와 같은 값을 가지게 되며, 추정치표준오차(SEE : standard error of estimate)는 추정식의 신뢰성을 나타내는 통계량 값을 나타낸다. 또한 그래프 상에서 나타나는 생 · 건중량 추정식에 대한 잔차의 분포를 분석하여, 중량 크기에 따른 편의 또는 과대, 과소치를 분석하였다. 잔차분석에서는 모든 구간에 걸쳐 고르게 잘 분포된 경우 E (excellent), 약간의 과소치와 과대치가 나타날 때는 G(good), 그리고 특정 구간에서 큰 과대치와 과소치가 나타날 경우는 B(bad)로 표시를 하였다. 또한 모형식의 평가방법은 1변수식과 2변수식 그리고 가중치 적용 방법에 따라 평가, 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 붉가시나무 물질생산량

완도지역 붉가시나무의 물질생산량을 추정하기 위하여 선정된 표준목은 총 10본이며, 선정된 표준목에서 잎과 가지는 1년, 2년생 이상으로 구분지어 조사하였으며, 측정된 부위별 생중량과 건중량의 분포는 Table 3, 4와 같다.

Table 3과 4에서 붉가시나무의 경급에 따른 부위별 생중량 및 건중량의 분포는 수간이 전체 물질생산량의 75% 이상을 차지하고 있었으며, 가지의 경우 2년생이 14%, 1년생이 0.8% 정도를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 생중량은 잎의 경우 1년생이 2년생에 비해서 다소 높은 비율로 나타나고 있으며, 경급이나 수고가 클수록 그 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 붉가시나무의 임분 구조의 영향이 있

Table 3. Green weight of sample tree of *Quercus acuta* (단위 : kg)

Height(m)	DBH(cm)	Stem	Leaf 2 year	Leaf 1 year	Branch 2 year	Branch 1 year
9.9	4.8	8.4	0.29	0.18	0.43	0.12
9.7	6.5	21.3	1.43	1.85	2.80	0.27
13.5	8.9	43.3	0.70	0.94	2.92	0.28
11.4	10	55.8	2.46	5.23	10.79	0.94
11.9	12	78.3	6.10	2.71	11.05	0.72
14.3	14	129.1	6.07	08.93	25.62	1.59
14.2	15.7	186.7	9.46	11.16	29.99	1.86
14.1	18	127.3	11.67	10.74	66.30	1.67
14.9	20	264	6.79	51.04	63.61	3.52
15.3	22.3	367.1	13.56	22.65	86.6	2.63

Table 4. Dry weight of sample tree of *Quercus acuta* (단위 : kg)

Height(m)	DBH(cm)	Stem	Leaf 2 year	Leaf 1 year	Branch 2 year	Branch 1 year
9.9	4.8	5.1	0.17	0.11	0.27	0.09
9.7	6.5	12.1	0.19	0.19	0.37	0.11
13.5	8.9	25.5	0.37	0.47	0.45	0.12
11.4	10	33.4	0.44	0.32	0.80	0.30
11.9	12	45.5	0.36	0.52	0.75	0.29
14.3	14	78.9	0.40	0.40	0.80	0.44
14.2	15.7	104.7	0.57	0.78	1.49	0.51
14.1	18	77	0.83	0.61	1.83	0.38
14.9	20	156.5	0.44	0.52	1.23	0.57
15.3	22.3	221.2	0.77	0.76	2.33	0.64

Table 5. Estimated equation of green biomass by DBH variable

Model	Stem	Leaf 2 year	Leaf 1 year	Branch 2 year	Branch 1 year	Test statistic
	0.9472	0.8635	0.6738	0.9434	0.9016	R^2
I	32.5546	2.1557	9.9712	6.9999	0.4531	SEE
	G	E	G	G	E	Residual
	0.9664	0.9108	0.744	0.9687	0.9302	R^2
II	31.8779	2.1427	9.8566	6.0953	0.4565	SEE
	G	E	G	G	E	Residual
	0.9487	0.8751	0.7001	0.9682	0.9098	R^2
III	31.6038	1.9716	9.8286	5.9411	0.4284	SEE
	G	E	G	G	E	Residual
	0.9727	0.8629	0.8646	0.9623	0.8822	R^2
IV	0.1926	0.4778	0.6044	0.3311	0.3156	SEE
	E	E	E	E	E	Residual

Note) I : $W=a+bD^2$, II : $W=aD+bD^2$, III : $W=a+bD+cD^2$, IV : $W=aD^b$

는 것으로 판단된다. 또한 잎 생장에 있어서도 당년의 생장이 2년 이상의 잎에 비해서 임목의 생장에 기여하는 정도가 높을 것으로 사료된다.

2. 생중량 추정식

1) 흉고직경함수모형

붉가시나무의 흉고직경 1변수식에 의한 생중량의 추정식을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 흉고직경을 이용한 추정식 모형은 계수 추정시에 발생되는 독립변수의 영향을 고려하여 I, II, III 식은 $1/D^2$의 가중치를, IV식은 대수변환을 실시하여 분석하였다.

Table 5에서 임목의 부위별 생중량 추정식을 분석한 결과 흉고직경모형에 대하여 $1/D^2$ 의 가중치를 적용한 I ~III식의 경우 거의 비슷한 수준의 결정계수(R^2)가 0.6738~0.9687까지의 분포를 보이고 있다. 특히 1년생 잎의 경우를 제외하고 나면 대부분의 기관 부위별 생중량 추정식의 결정계수가 높게 나타나 적합도가 높은 것으로 나타났다. 추정치표준오차의 분포는 0.4284~32.5546으로 나타났다. 잔차의 분포도를 분석한 결과 2년생 잎과, 1년생 가지의 경우를 제외한 다른 기관에서는 특정치 구간에 대한 편차가 있는 것으로 나타났다. 독립변수에 대하여 대수변환을 적용한 IV식은 앞서 언급된 다른 식에 비해서 결정계수와 추정치표준오차의

Table 6. Estimated equation of green biomass by DBH and height variable

Model	Stem	Leaf 2 year	Leaf 1 year	Branch 2 year	Branch 1 year	Test statistic
	0.9711	0.0097	0.0068	0.3024	0.2278	R^2
V	0.5933	1.2706	1.621	1.3241	0.9893	SEE
	E	G	B	B	B	Residual
	0.9563	0.8325	0.689	0.946	0.8872	R^2
VI	29.1143	2.3485	9.869	6.9445	0.4703	SEE
	G	G	B	B	E	Residual
	0.9729	0.8303	0.8435	0.9444	0.8604	R^2
VII	0.1919	0.5315	0.6497	0.4024	0.34737	SEE
	E	G	E	E	E	Residual
	0.9737	0.9346	0.8909	0.9778	0.8959	R^2
VIII	0.1892	0.3300	0.5424	0.2545	0.2967	SEE
	E	G	E	E	E	Residual

Note) V : $W=aD^2H$, VI : $W=a+bD^2H$, VII : $W=a(D^2H)^b$, VIII : $W=aD^bH^c$

분포는 각각 0.8629~0.9727, 0.1926~0.6044로 좋은 결과를 보이고 있다. 또한 그래프 상에서 확인한 잔차분포에서도 전 구간에 걸쳐 편의없이 고른 분포를 보이고 있는 것으로 나타나 1변수식의 흉고직경에서는 대수변환에 의한 적용 방법이 모형추정에 가장 적절한 것으로 판단된다.

2) 흉고직경과 수고의 함수모형

흉고직경과 수고의 변수를 적용하여 추정한 붉가시나무의 생중량 추정식 분석결과는 Table 6과 같다. 이들 모형에 대해서는 V과VI식의 경우는 잔차의 표준편차가 커지는 것을 막고 변이를 균일하게 해주기 위하여 $1/D^2H$의 가중치를, VII과 VIII식에 대해서는 대수변환을 실시하였다.

Table 6에서 흉고직경과 수고변수에 의한 2변수식의 모형 추정식은 $1/D^2H$의 가중치를 적용한 V와 VI식의 결정계수(R^2)의 분포는 0.0068~0.9711, 추정치의 표준오차는 0.9893~29.1143의 범위로 나타났다. 부위에 따른 기관의 추정식에서 V식의 경우 주간을 제외한 다른 부위에서는 유의적인 관계를 보이지 않고 있어 2변수식에서의 적용이 어려울 것으로 판단된다. 잔차 분포에서도 역시 구간별 편차가 높게 나타나 모형에 적합하지 않은 것으로 판단된다. 그러나 대수변환을 실시한 VII과 VIII식의 경우 결정계수와 추정치 표준오차의 범위가 각각 0.8303~0.9778, 0.1892~0.6497로 식의 적합도도 높았으며, 잔차 그래프의 분포도에서도 2년생 잎의 경우를 제외한 다른 기관에서의 추정 능력은 좋은 것으로 나타나 생중량 추정에 적합한 식인 것으로 판단된다.

이상과 같이 붉가시나무의 생중량추정식에 있어서 흉고직경의 1변수식과 흉고직경과 수고 조합된 2변수식 중에서도 절편이 없으며, 독립변수에 대하여 대수변환을 실시한 IV와 VIII식 모형이 추정식에서 가장 높은 적합도를 보이고 있다.

3. 건중량 추정식

1) 흉고직경함수모형

임목의 물질생산 중에서 건중량에 대한 기관별 부위의 추정식을 분석한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7에서 독립변수에 $1/D^2$의 가중치를 적용한 흉고직경모형의 함수식의 결정계수(R^2)와 추정치의 표준오차 분포는 각각 0.9687~0.686, 0.0095~19.0144로 나타났으며, 잔차의 그래프 상의 분포 결과 I식의 주간을 제외한 다른 부위는 고른 값을 가지고 있는 것으로 나타났다. 대수변환을 실시한 IV식의 결정계수와 추정치표준오차의 범위는 각각 0.8124~0.9758로 앞선 생중량 추정식의 결과와 같이 건중량에서 가장 유의성이 높은 식으로 판단된다. 또한 잔차의 분포 역시 전체 기관별 부위에서 대부분이 고른 분포를 보이고 있다.

Table 7. Estimated equation of dry weight biomass by DBH variable

Model	Stem	Leaf 2 year	Leaf 1 year	Branch 2 year	Branch 1 year	Test statistic
	0.9504	0.7578	0.686	0.8954	0.8337	R^2
I	19.0144	0.1365	0.1603	0.2657	0.1054	SEE
	B	E	E	E	E	Residual
	0.9687	0.9599	0.9323	0.9615	0.9176	R^2
II	18.4863	0.1184	0.1248	0.2621	0.0095	SEE
	G	E	E	E	E	Residual
	0.9527	0.8374	0.8655	0.8997	0.9467	R^2
III	18.1966	0.1175	0.1195	0.2617	0.0618	SEE
	G	E	E	E	E	Residual
	0.9758	0.8124	0.8137	0.9091	0.8713	R^2
IV	0.1814	0.2248	0.2692	0.2124	0.2238	SEE
	G	E	E	E	E	Residual

Note) I : $W=a+bD^2$, II : $W=aD+bD^2$, III : $W=a+bD+cD^2$, IV : $W=aD^b$

Table 8. Estimated equation of dry weight biomass by DBH and height variable

Model	Stem	Leaf 2 year	Leaf 1 year	Branch 2 year	Branch 1 year	Test statistic
	0.9495	0.8041	0.7340	0.5654	0.7913	R^2
V	0.6828	0.7461	0.8734	0.8372	0.8262	SEE
	G	G	G	G	G	Residual
	0.9607	0.7330	0.6672	0.8738	0.7825	R^2
VI	16.7274	0.1474	0.1751	0.2833	0.1169	SEE
	G	E	G	E	E	Residual
	0.9768	0.8172	0.8243	0.8926	0.8557	R^2
VII	0.1779	0.2219	0.2615	0.2308	0.2370	SEE
	E	E	G	E	G	Residual
	0.9772	0.8175	0.8292	0.9227	0.8768	R^2
VIII	0.1761	0.2218	0.2578	0.1959	0.2190	SEE
	E	E	E	E	E	Residual

Note) V : $W=aD^2H$, VI : $W=a+bD^2H$, VII : $W=a(D^2H)B$, VIII : $W=aD^bH^c$

2) 흉고직경과 수고의 함수모형

흉고직경과 수고변수가 조합된 2변수식의 건중량 추정식 분석 결과는 Table 8과 같다. 위 식에서도 각각 독립변수에 대하여 $1/D^2H$ 가중치와 대수변환 모형식들로 이루어져 있다.

Table 8에서와 같이 $1/D^2H$의 가중치를 적용한 V와 VI식의 건중량 추정식의 기관별 결정계수와 추정치표준오차는 각각 0.5654~0.9607, 0.1169~16.7274로 나타났다. 그러나 1년생 잎과 1·2년생 가지에 대한 적합도 지수는 다른 모형에 비하여 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞서 분석된 생중량 추정식에서의 결과와 유사한 것으로, 붉가시나무의 경우 수령의 분포가 20~30년생이며, 임분의 구성 상태가 어느 정도 본 결과에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 잔차의 분포는 V식 보다 VI식의 모형이 고른 것으로 판단된다. 대수변환을 실시한 VII과 VIII식의 경우 적합도지수를 나타내는 결정계수(R^2)와 추정치표준오차의 분포는 각각 0.8557~0.9772, 0.1761~0.2615로 나타났다. 잔차의 분포는 모든 기관의 부위에서 고른 분포를 보이고 있어 건중량 추정식에서 가장 좋은 모형인 것으로 판단된다. 역시 건중량 추정식에서도 생중량 추정식과 같이 대수변환 및 절편이 없는 모형의 식들이 가장 높은 적합도를 보이고 있는 것으로 나타났다.

결 론

붉가시나무는 우리나라의 주요 난대상록수종의 하나로써 훼손된 상록활엽수림의 복원과 목재적 가치와 용재로서의 그 기능도 다양해 산림자원으로서 중요한 자원이다. 또한 기후변화에 따른 상록활엽수림의 역할에 대한 중요도가 높은 현재의 상황에서 환경 및 목재이용적 가치가 뛰어난 수종이다. 그러나 붉가시나무의 임분 구조 및 분포에 관한 자료는 연구된바있으나, 목재 자원의 이용적 측면에서의 중량 추정에 관한 연구는 많이 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 붉가시나무의 이용적 측면에서 물질생산에 대한 추정식의 연구를 목적으로 생중량과 건중량에 대한 기관의 부위별 추정식의 검정을 실시하였다. 추정에 적용된 모형은 흉고직경을 이용한 1변수식과 흉고직경과 수고의 2변수식을 적용하였다. 또한 각각의 모형식은 독립변수에 대하여 각기 다른 가중치를 적용하여, 1변수식에는 $1/D^2$과 대수변환, 2변수식에는 $1/D^2H$과 대수변환을 실시하였다. 분석 결과 생중량 및 건중량 추정식 모두 1변수식은 IV식, 2변수는 VIII식의 모형이 결정계수(R^2), 추정치표준오차 그리고 잔차의 분포에서 가장 적절한 모형인 것으로 판단된다. 또한 이들 모형식들은 잔차의 표준편차의 영향을 줄이기 위

하여 독립변수에 대하여 대수변환 및 절편이 없는 모형들이 높은 적합도를 보이고 있었다. 그러나 다른 모형식들도 적합도의 차이에 있어서 큰 차이를 보이고 있지 않으며, 따라서 다른 모형의 적용도 붉가시나무의 물질생산량 추정에 있어서 도움이 될 수 있을 것이다. 그러나 추정식의 도출이 일반적인 연구적 목적과 이용적 측면에서 고려해 본다면 정확한 수고의 측정이 어려운 상황에서는 흉고직경에 의한 1변수식이 보다 실용적일 것으로 판단된다.

본 분석에 이용된 공시목은 완도지역에 국한되어 있으며, 임분의 상황도 현재의 붉가시나무 분포지역에 따라 다르게 나타날 수 있으므로 이에 대한 보완적 연구가 수행된다면 상록활엽수인 붉가시나무의 연구에 작은 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

1. 국립산림과학원. 2004. 주요 수종의 임목자원 평가 및 예측시스템. 125pp.
2. 김준한 외 5인. 1995. 그린라운드와 한국경제. 웅진출판사. 272pp.
3. 박원규. 1993. 대기중 이산화탄소 증가와 한국산 아고산 침엽수류의 생장동향(연륜연대학적분석). 한국임학회지. 82(1) : 17-25.
4. 박인협. 1999. 전남 모후산지역 소나무-굴참나무 혼효림의 종간경쟁 및 물질생산. 한국임학회지 88(4) : 462-468.
5. ____. 1989. 한국산 4개 지역형 소나무천연림의 물질현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 78(3) : 323-330.
6. 배행근 · 박문수. 2001. 완도 백운봉 상록활엽수림의 산림군락구조 연구. 한국임학회지 90(6) : 756-766.
7. 이수욱. 1985. 강원도산 소나무천연림생태계의 Biomass 및 Primary Production 에 관한 연구. 한국임학회지. 71 : 74-81.
8. 홍성천 · 변수현 · 김삼식. 1987. 원색한국수목도감. 계명사. pp.310.
9. Alban, D. H., D. A. Perala. and B. E. Schlagel. 1978. Biomass and nutrient distribution in sapen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota. Can. J. For. Res. 8 : 290-299.
10. Kimmins, J. P. 1987. Forest Ecology. Macmillan. Pub. Com. N. Y., N. Y. 531pp.
11. Tans P. P., I. Y. Fung. and Taro Takahashi. 1990. Observational constraints on the golbal atmospheric CO_2 budget, Sci., 247 : 1431-1438.
12. Whittaker, R. H. and P. L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. In H. Lietha and R. H. Whittaker (ed.) Primary productivity of the biosphere. Spinger-Verlag, New York. 55-118pp.

한국산림측정학회지 7(2) : 41~45. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 41~45. 2004

가래나무 인공림의 임분구조와 직경생장과 수관면적발달에 관한 고찰[1]

배상원[2] · 김석권[2] · 이광수[2] · 김영수[2]

Consideration of Stand Structure and Crown Projection Area in *Juglans mandshurica* Plantation[1]

Sang Won Bae[2], Seok Kuwon Kim[2], Kwang Soo Lee[2] and Young Soo Kim[2]

요 약

우리나라 활엽수 중에서 특수 용재로 이용할 수 있는 유실수종 중 목재의 이용이 다양한 나무는 가래나무로서, 활엽수림의 경제림화와 자원화에 중요한 수종으로 볼 수 있으나 자생면적과 조림면적이 적어 이에 대한 연구가 부족한 상황이다. 이에 본 연구는 가래나무 인공림의 임분구조, 수관면적 등을 조사 · 분석하였다. 그 결과 가래나무 외에 자생 활엽수종이 동반수종으로 혼효되는 상태로 가래나무 인공림을 조성할 수 있을 것으로 추정되었다.

가래나무의 흉고직경에 따른 수관면적의 관계는 회귀식으로써 표현이 가능하여, 직경급 증가에 따른 수관면적 증가를 예측할 수 있는 것으로 나타나, 이에 따른 흉고직경과 수관면적에 따른 임목본수 추정이 가능하여 가래나무임분의 무육을 위한 기초 자료로 이용이 가능할 것으로 나타났다.

ABSTRACT

Among deciduous tree species in Korea which can be utilized for special purpose timber and bears fruits, Juglans mandshurica is used with various ways. So it is one of very important deciduous tree species which can contribute to establish economic and resourceful deciduous plantation. But its natural distribution and plantation areas are not so much, and studies on this tree species are rare. In this study, stand structure and crown area were surveyed and analyzed. It is estimated that Juglans mandshurica plantation can be established with other native deciduous trees as accompanying tree species.

The relation between DBH and crown area of Juglans mandshurica can be expressed as a regression formula, and it can be predicted that crown area increases as DBH class increases. So numbers of trees according to DBH and crown area can be estimated, and this can be used as basic data for tending of *Juglans mandshurica* planation.

Key words : Juglans mandshurica, stand structure, cprojection area

서 론

우리나라 활엽수 중 특수 용재로 이용하는 나무들은 피나무, 음나무, 다릅나무, 물푸레나무 등 그 숫자가 많으며, 유실수로는 호두나무, 밤나무, 가래나무 등을 들 수 있다. 유실수종 중

[1] 接受 2004年 7月 8日 Received on July 8, 2004.
[2] 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.

Table 1. Natural and planted *Juglans mandshuriac* stand

stand type	address	elevation(m)	slope(°)	Aspect	topography
planted	Hongcheon-gun, Nae-myeon, Jaun-ri	920~970	8~30	NW	valley, piedmont

목재의 이용이 다양한 나무는 호두나무류로 산에서 주로 자라는 나무는 가래나무이다. 가래나무는 우리나라 중산간지의 계곡부 등 토양수분이 습한 곳에 주로 나타나고 있으며, 지역에 따라 생장에 많은 차이가 나타난다. 가래나무 목재는 고급 미장재, 자동차 내장재, 총상목재로 이용되며 뿌리부분은 괴목으로 이용된다. 이렇게 용도가 다양한 가래나무는 단순림으로 형성되지 않고 계곡부에 대상으로나 군상으로 나타나는 것이 일반적이다. 따라서 가래나무가 자연 상태에서 소면적 혼효림 형태로 주로 나타나고 있기 때문에, 이에 대한 조사 · 연구는 조사지 선정부터 어려운 상황이며, 조림 역시 소면적으로 이루어지고 있기 때문에 인공림 역시 많지 않은 편이다. 또한, 가래나무 단순림에 관한 연구도 시작단계에 있는 실정으로 인공조림지가 적어 실제 인공림에 관한 연구는 미비하다. 임목의 생장에 중요한 역할을 하는 잎은 수관에 의하여 결정되므로, 수관발달에 의한 직경생장에 관한 연구가 중요하나 유용 활엽수종의 수관면적에 관한 연구도 미흡한 상황이다. 국내의 임목 직경생장과 수관면적에 관한 연구는 신갈나무(서민환, 1993), 자작나무(김희채 등, 2001), 피나무(배상원 등, 2004), 잣나무(배상원 등 2003)를 대상으로 최근에 실시되었다. 수관면적 조사방법에 대해서는 Rohle and Huber(1985)가 조사 · 연구하였고, 국내에서는 배상원과 김판기(2001)가 천연소나무림을 대상으로 연구한 바 있으나 양적 · 질적으로 모두 부족한 실정이다.

이와 같이 대표적인 특용 활엽수종의 하나인 가래나무 인공림의 임분구조, 생장 그리고 수관에 관한 연구가 미흡한 실정이므로, 본 연구에서는 가래나무 인공림의 임분구조, 주요 출현 수종, 수관면적을 분석하여 가래나무 인공림 무육을 위한 기초 자료를 제공하는 것에 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

1. 연구 대상지 및 재료

조사 대상임분은 가래나무가 임분 상층부를 우점하는 인공림을 선정하였고, 사면 내 위치는 산록부 이하 지역을 기준으로 선정하였으며 해발고는 선정기준에 포함되지 않았다. 이와 같은 기준에 따라 강원도 홍천군 내면 자운리 가래나무인공림이 선정되었다.

조사 대상임분인 강원도 홍천군 내면 자운리에 위치한 가래나무인공림은 조림된 가래나무가 주수종으로 다른 자생 활엽수종이 혼효된 임분이다. 조사 대상 임분은 해발 920~970m 사이에 위치하며, 사면경사는 8~35°, 계곡부 주위와 사면에 분포하고 있으며 사면방위는 북향으로, 토양은 계곡부는 식양토, 사면은 갈색산림토양이다.

2. 조사규모 및 조사항목

조사구의 크기는 임분의 구조와 수고에 따라 다양하게 조절하였으며 조사면적은 100~200㎡으로 조사구 수는 총 8개이다.

조사항목은 수종별 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭(4방향), 임목형질, 피해사항 등이며, 흉고직경은 직경테이프를 이용하여 mm까지 측정하였으며 수고는 하가로프 수고측정기를 이용하여 0.1m까지 측정하였다. 수관폭은 수관중심으로부터의 거리를 0.1m까지 거리측정기를 이용하여 측정하였다. 조사자료는 SPSS11-통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

3. 수관폭 측정 및 수관면적 산정

수관폭은 임분사면을 기준으로 하여 배상원과 김판기(2001)가 제시한 4방향 측정법으로 측정하였고, 수관면적은 4방위 부분원형 계산방법으로 산정하였다.

결과 및 고찰

1. 임분구조

조사임분의 임령은 4영급으로 평균흉고직경 12.8cm, 임목재적 94.2㎥/ha이고, H/D수치가 98.1로 비교적 높은 수치를 보여 임분의 안정을 위한 무육이 필요한 것으로 여겨진다. 조사임분의 임황은 Table 2와 같다. 가래나무 인공림의 주요수종은 가래나무이며 물푸레나무, 층층나무, 들메나무 등이 동반수종으로 혼효되어 있다. 총 임목본수는 1307본/ha이며, 이중 가래나무가 1,053본/ha으로 80%를 차지하며, 임목축적은 76㎥/ha로 전체의 90%이며 신갈나무, 층층나무 등이 나머지를 차지하고 있어, 가래나무인공림에 자생 활엽수가 일부 산생하는 형태를 보이고 있다. 임분 h/d값은 평균 90 이상이며 이중 가래나무의 수치는 88로 가장 적은 값을 보이지만, 혼효수종인 들메나무, 층층나무, 물푸레나무는 100 이상의 수치를 보이고 있어 임분 무육이 필요한 상황이다.

가래나무임분의 수고곡선은 결정계수 0.6 이상으로 나타났고 [회귀식 : 수고=7.3798*Ln(흉고직경)-5.4938], 전반적으로 수고곡선이 완만하여 직경 10cm에서 수고 11m, 흉고직경 20cm에서 16m, 흉고직경 25cm에서 17m를 나타내어, 흉고직경이 15cm 차이 날 때 수고차이가 6m로 나타났다. 특히 직경 12cm까지 곡선이 비교적 급하게 올라가다 이후 완만해지고 있다(Fig. 1). 이러한 임분수고곡선은, 조사대상 임분이 직경에 따른 수고차이가 크지 않고 비교적 균일한 단층림을 이루고 있다는 것을 보여준다.

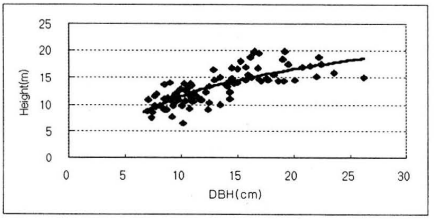
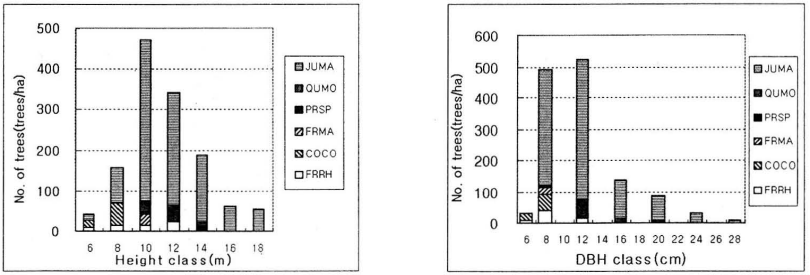


Fig. 1. Diameter-height curve of *Juglans mandshurica* plantation

가래나무 인공림 내 전체 수종의 직경급 분포범위는 6~28cm이며, 가래나무 직경급 범위는 8~28cm로 직경급 12cm에서 본수가 가장 높으며, 직경급 24cm 이상에서는 가래나무만 나타난다. 전체적으로 볼 때 가래나무 직경급 분포는 왼쪽으로 기운 종형분포를 보인다. 자생수종인 산개벚지나무는 직경급 8cm, 12cm, 20cm에 나타나지만 그 분포는 낮으며 이외 자생수종은 대부분 직경급 12cm 이하에 분포하고 있다. 가래나무의 수고급은 6~18m 사이의 분포를 보이며, 수고급 16m에서는 가래나무만 나타나며 수고급 10m에서 가장 높은 분포를 보인다. 가래나무의 수고급 분포는 거의 종형에 가까운 분포를 보이고 있다(Fig. 2). 자생수종인 산개벚지나무는 수고급 10m와 12m에 나타나며, 층층나무와 물푸레나무는 수고급 12m 이하에서만 나타난다. 이와 같은 경급분포와 수고급분포는 상층부에는 가래나무가 단일수종으로 우점하고 중층과 하층에서도 가래나무가 우점

Table 2. Stand condition of investigated *Juglans mandshurica* stand

Species	Density (trees/ha)	DBH (cm)	Tree Height (m)	H/D	Basal Area (㎡/ha)	Volume (㎥/ha)
Sum	1,307	12.8	11.9	92	17.7	84.8
Juglans mandshurica	1,053	13.9	12.3	88	15.6	76.2
Quercus mongolica	68	13.0	12.9	91	0.9	3.9
Prunus maximowiczii	24	14.3	12.6	88	0.4	2.0
Fraxinus mandshurica	25	8.5	9.1	107	0.1	0.5
Cornus controversa	73	6.8	7.3	107	0.3	0.7
Fraxinus rhynchophylla	64	8.9	9.7	109	0.4	1.5



JUMA : *Juglans manchurica*, QUMO : *Quercucus mongolica*, PRSP : *Prunus spp.*
FRMA : *Fraxinus manchurica*, COCO : *Cornus controversa*, FRRH : *Fraxinus rhyncophylla*

Fig. 2. Distribution of DBH and height class in *Juglans mandshurica* plantation

하며 자생수종은 혼효수종으로 가래나무와 경쟁을 하고 있는 것으로 추정되어 가래나무가 주수종으로 임분을 유지할 것으로 여겨진다.

2. 직경생장과 수관면적

가래나무인공림에서 흉고직경에 따른 수관투영면적의 변화는 다양하게 나타난다(Fig. 3). 흉고직경 10cm에서의 수관투영면적은 3~15㎡ 사이에 분포하여 12m의 분포폭을 보이고, 15cm에서는 10~25㎡(15㎡ 분포폭), 20cm에서는 12~45㎡(33㎡ 분포폭)을 나타내어 흉고직경이 커질수록 분포폭도 커지는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향은 가래나무가 수령 34년으로 우점을 하면 수관을 빨리 확장할 수 있는 능력이 있기 때문인 것으로 여겨진다.

가래나무 흉고직경에 따른 수관면적의 관계는 단순회귀식에서 결정계수(0.6254)를 보여주고 있다[회귀식 : 수관투영면적=26.855*Ln(흉고직경)-50.372]. 이러한 가래나무 결정계수는 잣나무(배상원 등 2003)의 결정계수 0.85와 자작나무(김희채, 2001)의 결정계수 0.85에 비하여 낮게 나타났는데, 그 이유는 가래나무가 잣나무나 자작나무에 비하여 수관과 수간의 편기생장이 심하고 경쟁에 의한 수관확장이 임목위치에 따라 다양하기 때문인 것으로 여겨진다.

3. 직경생장에 따른 임목본수 추정

수관면적을 임목의 생장면적으로 가정하면, 직경급별 수관면적을 10,000㎡/수관면적(㎡)의 식으로 ha당 임목본수로 산정할 수 있다. 이에 따른 직경급별 임목본수는 Fig. 4와 같이 직경급이 낮은 범위에서는 임목 본수가 많으나 직경급이 높아질수록 감소하는 임목본수는 작아진다. 곡선식을 연장하면 흉고직경 20cm에서는 500본, 40cm에서는 190본이 ha당 임목본수로 산정된다.

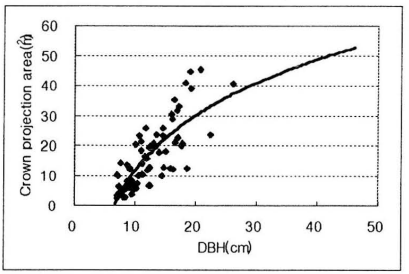


Fig. 3. Relation between DBH and crown area in *Juglans mandshurica* plantation

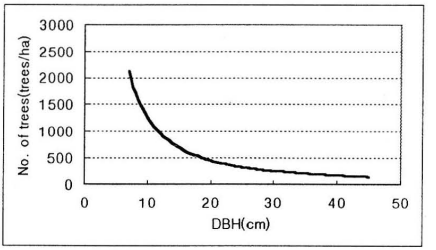


Fig. 4. Change of tree numbers with increase of DBH

결 론

가래나무인공림에서 조림수종인 가래나무가 자생 활엽수종과 혼효되어 있지만, 임목본수 80% 이상, 임목축적의 90% 이상을 점유하여 거의 단순림 형태를 이루고 있어 조림에 의한 가래나무 임분조성이 가능한 것으로 나타났다.

가래나무의 흉고직경에 따른 수관투영면적의 변화는 회귀식으로써 표현되며, 결정계수는 0.6을 나타내어 직경급 증가에 따른 수관면적 증가를 예측할 수 있는 것으로 보인다. 회귀식은 수관투영면적=26.855*Ln(흉고직경)-50.372로 표현되며, 이에 따른 임목본수의 산정이 가능하여, 이를 적정 임목본수 산출 방법 중의 하나로 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

1. 김희채 · 배상원 · 김석권 · 2001. 활엽수림의 수관면적과 직경생장과의 관계에 관한 고찰. 한국측정학회, 4(2) : 34-39.
2. 배상원 · 김판기. 2001. 소나무 임분의 수관측정밀도와 수관투영단면적 산정에 관한 고찰. 한국측정학회, 3(2) : 28-34.
3. 배상원 · 김석권 2003. 경기도 잣나무림의 수관면적과 흉고직경생장에 관한 연구. 한국측정학회, 6(1) : 30-35.
4. 서민환. 1983. 신갈나무림의 임분구조와 갱신체계. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
5. Roehle, H. and W. Huber. 1985. Untersuchunngen fuer Methode der Adlotung von Kronenradien und der Berechnunng. Forstarchiv. 56(6) : 238-243.

한국산림측정학회지 7(2) : 46~54. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 46~54. 2004

Web 기반 산림조사자료 관리를 위한 시스템[1]*

권순덕[2] · 손영모[2] · 이경학[2]

A System for the Management of the Forest Survey Data on the Base of Web[1]*

Soon Duk Kwon[2], Yeong Mo Son[2] and Kyeong Hak Lee[2]

요 약

본 연구에서 개발된 시스템은 그동안 누적된 산림생장자료를 컴퓨터 시스템 내에서 체계적으로 관리할 수 있는 모델로서 수종, 지역, 입지조건에 따라 생장모델 개발을 위한 기초 데이터를 사용자에게 제공해 주는 데이터베이스 시스템이다. 데이터베이스 시스템의 구축환경은 상용화된 DBMS를 기반으로 Web 환경 하에 관리하는 시스템이며, Web을 통해 사용자와 연결 시켜주는 기술인 서버 아키텍처는 Microsoft Visual Basic .NET framework를 도입하여 인터넷을 통해 사용자가 프로그램을 쉽게 이용할 수 있도록 구축하였다. 데이터베이스 시스템은 10개의 테이블로 구성되며, 각 테이블 간의 상호관계를 이용하여 설계하였다. 개발된 시스템의 데이터 입력은 조사구에 대한 물리적인 위치와 환경을 기록하는 조사구 데이터와 각 조사구에 대해 여러 번 조사되는 산림조사 데이터로 구분되어 입력된다. 입력된 데이터는 조사구 데이터를 기준으로 관리되며, 모델개발자가 손쉽게 데이터를 입력하고 모델개발에 필요한 데이터를 검색하여 이용할 수 있도록 개발하였다.

ABSTRACT

The system developed in this study is database system which is able to mange the forest growth data accumulated in the computer system and furnish a user with basic data to develop the growth model according to species, area and site. The structure environment of the database system is system managing under the Web environment on the basis of the DBMS which is used commonly. The serve architecture constructed using Microsoft Visual Basic .Net framework. The database system consisted of 10 table and designed using interrelation through each table. The input-data consist of the plot data and the forest survey data. The input-data are managed on the base of the plot data, and model developers developed to be able to use searching for the necessary data at growth model development and easily input data.

Key words : database system, forest growth data, Microsoft Visual Basic .Net framework

[1] 接受 2004年 7月 22日 Received on July 22, 2004.
[2] 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.
* 이 논문은 농림기술개발과제 "통합 산림생장정보시스템(FGIS)의 개발" 연구 과제 수행의 일부임.

서 론

정보화 사회에서는 정보를 축으로 경제활동이 전개될 뿐만 아니라 산업구조에 정보화기술이 도입됨으로써 생산방식 및 유통방식에 광범위한 변화를 가져왔다. 이러한 정보화에 대한 사회적 요구와 필요성은 산림자원분야의 경우도 예외는 아니다. 산림자원은 공간적으로 광범위하게 분포되어 있고, 다양한 종들이 이질적인 특성을 지니는 형태로 산림이 구성되어 있기 때문에 생장·변화하는 동적인 특성을 지닌다.

이러한 산림자원을 효율적으로 관리하고 이용하기 위해서는 산림의 조건과 형태, 그리고 시·공간에 따른 산림의 동적인 변화 등의 특성을 파악하여 산림생장자료를 통합적으로 관리할 수 있는 시스템이 필요한 실정이다. 또한 현재 우리나라에서 조사되고 있는 산림생장자료는 조사 시기와 주체가 다양하여 자료가 분산되어 있으며, 조사목적 및 방법에 따라 내용과 구성요소가 다소 다르게 조사되기 때문에 조사 자료의 분산화와 이질화를 가져왔다. 이로 인해 자료수집에 많은 비용과 시간이 소요되고, 자료 이용의 효율성을 저하시키는 결과를 초래하였다. 이러한 산림생장자료의 효율적이고 지속적인 이용과 관리를 위해서는 자료의 특성을 분석하고 이에 따라 데이터베이스의 입력형태를 표준화함으로써 데이터의 형태에 따라 적합한 데이터베이스 시스템을 선정하여 개발해야 한다.

데이터베이스 시스템은 방대한 정보량을 선택적으로 수집, 가공하여 이를 이용자에게 효과적으로 전달하기 위한 수단으로 이용자로 하여금 시간적, 공간적 제한의 극복을 가능하게 하고 필요한 정보를 신속하게 검색하여 가장 양질의 정보를 최소한의 노력으로 제공해 준다. 이러한 시스템은 이미 사회 전반적으로 다양한 분야에서 개발되어 이용자들에게 필요한 정보를 제공하고 있다. 특히 임업선진국인 미국에서는 1930년대부터 국가차원에서 산림조사자료를 수집·관리하는 Forest Inventory and Analysis(FIA) 프로그램을 수행하고 있다. 이러한 프로그램을 통해 수집된 자료는 데이터베이스로 구축되어 인터넷을 통해 자료를 제공해 주고 있다(USDA, 2002). 캐나다에서는 GIS기법을 이용하여 산림자원정보를 효율적으로 이용·관리할 수 있는 데이터베이스 시스템을 개발하여 사용하고 있다(Lowe, *et al.* 1994). 한편 국내에서는 GIS기법을 이용한 데이터베이스 시스템 개발에 대한 소개(김성일, 1990)와 정보시스템 구축을 위한 응용소프트웨어 개발(정주상 등, 1997)과 영림계획 시 문서자료를 효율적으로 관리하기 위해 개발된 국유림 영림계획 시스템(산림청, 1994; 산림청, 2004) 등이 있으며, 임업통계연보 작성과 기존의 산림통계와 임산물생산통계 시스템을 연계시키기 위해 산림자원 및 임업통계정보 시스템이 개발되었다(산림청, 2000).

이와 같은 데이터베이스 시스템은 기본적으로 인터넷을 기반으로 사용자가 손쉽게 접근하고 다양한 자료를 이용할 수 있는 것이 장점이다. 따라서 본 연구는 그동안 누적된 산림조사자료를 체계적으로 관리하기 위해 인터넷을 기반으로 한 데이터베이스 시스템을 개발하고 다양한 조건의 수종 및 지역, 입지조건에 따라 생장모델 개발에 필요한 정보를 제공함으로써 산림경영의 의사결정에 필요한 정보를 제공해 주기 위해 연구가 수행되었다.

산림생장자료관리 시스템 설계

1. 일선기관의 시스템 구축환경

본 연구에서 개발될 데이터베이스 시스템은 시스템이 설치될 예상지점의 기존 시스템 현황을 조사하여 그 환경에 적합한 시스템을 선정해

표 1. 일선산림기관의 시스템 구축환경

시스템 구성	국립산림과학원	산 림 청
데이터베이스 시스템	ORACLE	ORACLE
웹 서버	Internet Information System Application Server	Internet Information System

야 하며, 앞으로 국가 단위 데이터베이스 관리를 위해 산림청에서 운영되고 있는 시스템과 연동될 수 있는 시스템 환경을 설정해야 한다.

현재 산림청 및 국립산림과학원의 시스템 환경을 조사한 결과는 표 1과 같이 두개 기관 모두 DBMS는 ORACLE을 사용하고 있었으며, Web 서버의 경우 산림청은 Microsoft사의 IIS와 Oracle의 Application Server를 모두 갖추고 있는 것으로 조사되었으며, 국립산림과학원은 MS 기반의 IIS가 주요 환경인 것으로 조사되었다.

2. 시스템 선정 및 구성도

본 연구에서 선정된 시스템은 시스템이 운영될 국립산림과학원의 서버 운영체계를 기반으로 그림 1과 같이 데이터베이스는 ORACLE로 선정하였으며, Web 서버는 MS기반의 IIS로 선정하였다. 그리고 인터넷 환경을 통해 사용자와 연결 시켜주는 기술인 서버 아키텍처는 최신 Microsoft Visual Basic .NET framework를 도입하여 인터넷을 통해 일반적인 웹 브라우저를 사용자가 쉽게 이용할 수 있도록 설계하였다.

3. 데이터베이스 시스템 설계

산림생장자료 관리시스템은 이미 상용화된 DBMS를 기반으로 산림에서 조사된 자료를 Web 환경 하에서 관리하는 시스템이다. 따라서 Web 환경에서 최적의 기능성을 나타내고 효율적인 데이터베이스 관리가 이루어질 수 있도록 시스템을 설계하는 것이 중요하며, 이를 달성하기 위해서는 적절한 시스템 설계방법과 데이터베이스 구조를 결정하는 것이 중요하다. 본 시스템을 설계하기 위하여 다양한 생장모델의 데이터 구조 분석을 통하여 데이터를 표준화하였고, 또한 일선기관의 시스템 환경을 조사하였다. 이를 바탕으로 데이터베이스 구조로는 관계형 데이터베이스 구조를 채택하였다. 이러한 관계형 데이터베이스는 데이터베이스가 갖는 주요한 기능 중의 하나로 불필요한 중복을 없애고 논리적 구조를 통해 관련된 자료를 연결시켜 주며, 상대적으로 데이터 구조가 단순하여 이해가 쉽고 구현이 간단할 뿐만 아니라 레코드들 간의 관계를 동태적으로 설정할 수 있어 자료의 확장에 유리하다는 장점이 있다.

표 2와 그림 2는 산림생장자료 관리시스템의 테이블 목록과 관계형 데이터베이스를 이용한 데이터베이스 구조를 나타낸 것으로서 개체-관계형 다이어그램(E-R Diagram)이라고 한다. 표 2와 그림 2를 살펴보면 총 10개의 테이블로 구성되며, 각 테이블은 개체의 물리적 명칭과 Primary key 및 Function key를 가지고 있다. 이러한 키들은 데이터베이스 프로그램에서 각 테이블을 연결시켜 주는 역할을 하며, 또한 각 테이블의 데이터 속성을 가져올 수 있는 역할을 한다. 각 테이블의 데이터 속성은 ID와 문자나 숫자로 나타낼 수 있도록 설계되었다.

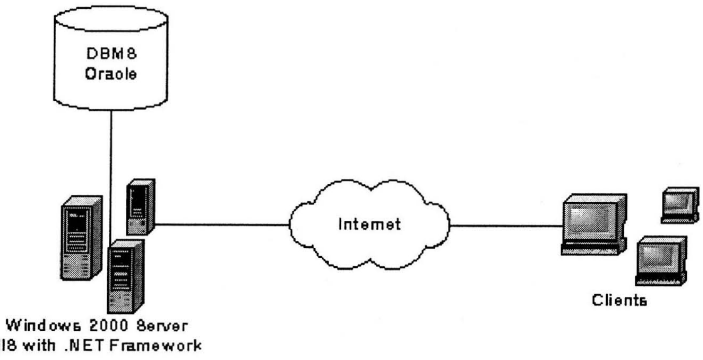


그림 1. 시스템 구성도

표 2. 테이블 목록

Entity 개념적 명칭	Entity 물리적 명칭	열	인덱스	외래 키
수종코드	FGDM_SPECIES_CODE	4	0	0
수관폭	FGDM_CROWN_WIDTH	5	0	1
조사자	FGDM_SURVEYOR	5	0	1
지역	FGDM_Location	2	0	0
기관	FGDM_Organization	5	1	0
기관고유필드	FGDM_Org_Field	3	1	1
조사자료	FGDM_Survey_Datum	21	0	2
조사	FGDM_Survey	15	0	1
시스템사용자	FGDM_User	10	0	1
조사구	FGDM_Plot	25	0	2

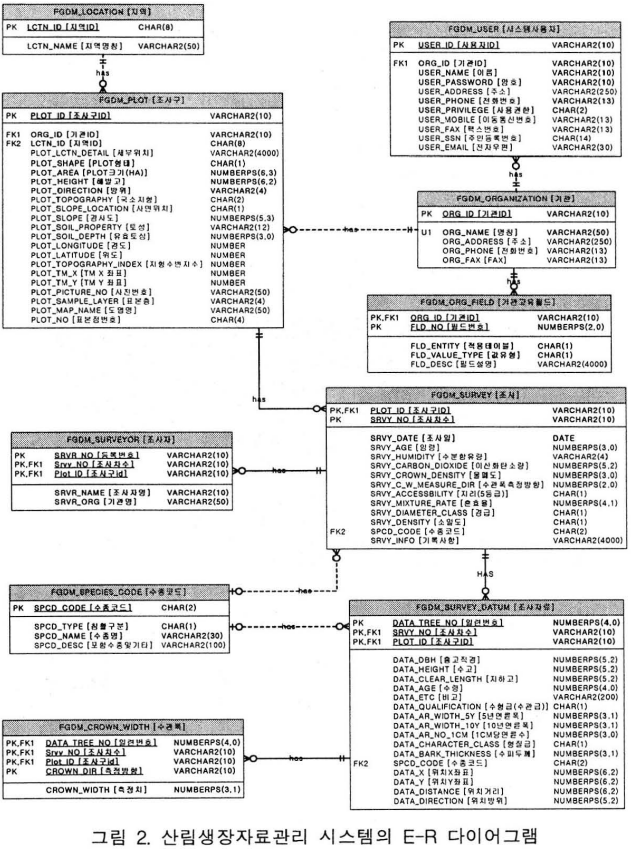


그림 2. 산림생장자료관리 시스템의 E-R 다이어그램

산림생장자료관리 시스템 개발

1. 프로그램 사용환경

본 연구에서 개발된 데이터베이스의 프로그램 사용환경은 Microsoft Windows 98/ME/2000/XP 등에서 운영되며, 최소사양은 Pentium-Ⅲ 450㎒와 메모리 128MB가 요구된다. 그리고 Windows XP의 경우 Pentium-Ⅲ 800㎒와 메모리 256MB가 요구된다. 본 시스템의 사용자는 인터넷을 상시 사용할 수 있는 네트워크 환경이 구축되어야 인터넷을 통한 프로그램의 업데이트 및 입력과 검색이 가능하도록 하였다.

2. 프로그램 흐름도

산림생장자료 관리 시스템은 그림 3과 같이 자료 입력 부분과 각종 모델 개발 및 임분통계를 분석하는 부분으로 구성된다. 자료 입력부분은 다양하게 조사되는 산림생장자료를 데이터베이스 시스템에 입력하기 위해 문서형태 자료를 수작업으로 직접 입력하거나 엑셀자료로 저장된 형태를 프로그램에서 직접 불러와 사용할수 있다. 자료 입력은 먼저 조사구를 등록하고 조사구에 대한 지황 및 임황을 입력하며, 조사구에 포함되어 있는 개체목에 대한 자료를 입력하여 데이터베이스 시스템에 저장한다. 이렇게 입력된 자료는 다양한 조건검색을 통해 검색된 자료를 검색하며, 검색된 데이터는 모델개발 및 임분분석에 이용된다.

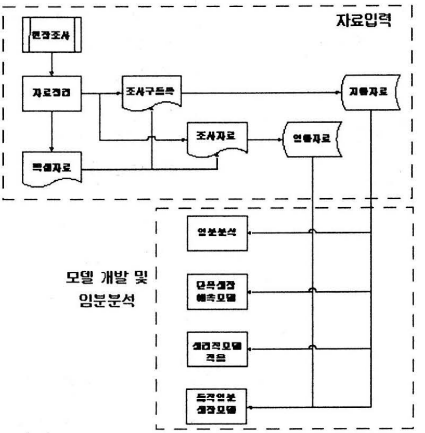
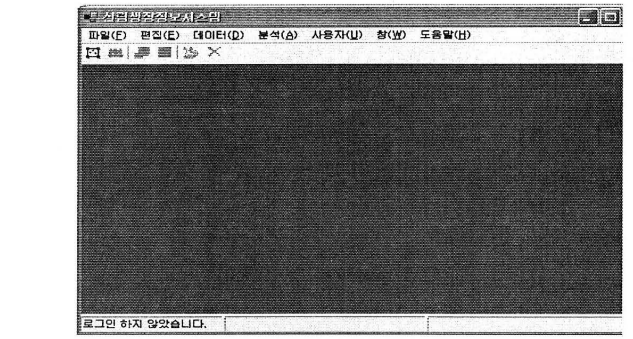


그림 3. 프로그램 흐름도



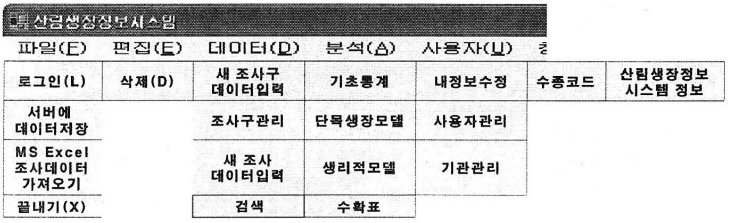


그림 4. 프로그램 메인화면 및 메뉴체계

3. 프로그램 개발

1) 프로그램 구동

산림생장자료 관리시스템은 인터넷을 통해 프로그램을 다운 받은 후 컴퓨터에 설치하여야 하며, 프로그램이 실행되면 서버의 최신 버전을 검색하여 현재 설치된 버전보다 최신버전이 존재하면 자동업데이트를 수행한 후 메인 화면으로 들어갈 수 있도록 개발되었다. 메인화면은 크게 데이터를 관리하는 [파일]메뉴와 데이터를 삭제하는 [편집]메뉴, 데이터를 입력하고 검색하는 [데이터]메뉴, 임분통계 및 생장모델 분석을 위한 [분석]메뉴, 창을 배열하는 [창]메뉴, 그리고 프로그램을 설명하는 [도움말]메뉴로 구성되어 있다.

2) 사용자 관리

사용자 관리는 프로그램 메인화면에서 [사용자]-[사용자 관리] 메뉴를 선택하면 그림 5-(a)와 같은 사용자 목록 창이 표시된다. 사용자 관리 기능은 시스템 관리자 권한과 기관관리자 권한을 보유한 사용자만이 사용할 수 있는 기능인데, 시스템관리자의 경우 모든 기관의 사용자에 대해 신규생성, 수정, 삭제 등을 수행할 수 있는 반면, 기관관리자의 경우는 자신의 소속 기관의 사용자에 대해서만 신규생성, 수정, 삭제가 가능하다.

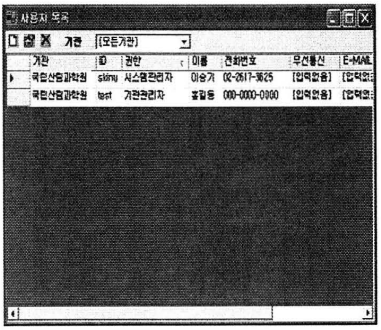
사용자 등록은 [신규 등록] 버튼(□)을 클릭하면 그림 5-(b)와 같이 신규 사용자 등록 창이 표시된다. 해당 사용자의 등록 정보를 모두 입력한 후 저장 버튼을 클릭하면 사용자가 생성되며, 이 때 사용자의 아이디는 중복될 수 없다. 또한 신규 사용자 등록 화면에서 보듯이 기관 선택이 비활성화된 경우는 현재 사용자가 기관 관리자 권한을 가지고 있는 경우이므로 타 기관의 사용자는 생성할 수 없으며, 권한 역시 일반 사용자와 기관관리자만 선택 가능하다. 사용자 정보 수정은 한 번 등록된 사용자ID는 수정이 불가능하며, 만약 현재 사용자가 시스템관리자인 경우에는 소속기관을 수정할 수 있고, 모든 정보를 수정한 후 저장 버튼을 클릭하여 수정을 완료해야 한다.

3) 데이터의 입력

데이터 입력은 조사구에 대한 물리적인 위치와 환경을 기록하는 [조사구] 데이터와 각 조사구에 대해 다수 시행되는 다수 [조사] 데이터로 구성된다. 따라서 특정 조사구에 대한 조사 데이터를 입력하기 위해서는 [조사구] 데이터를 먼저 생성한 후 [조사] 데이터를 입력하게 되며, 모든 데이터는 [조사구] 데이터를 기준으로 관리된다.

(1) 조사구 데이터 입력

조사구 데이터 입력은 조사구에 대한 기본 정보를 입력하는 [기본정보]와 [지형] 및 [위치] 등 3개 탭과 해당 조사구에 대해 등록된 조사자료의 목록을 보여주는 [조사목록] 탭으로 구성된다. 조사구 입력 항목은 기관과 조사지역,



(a) 사용자 목록 창

(b) 사용자 등록 창

그림 5. 사용자관리

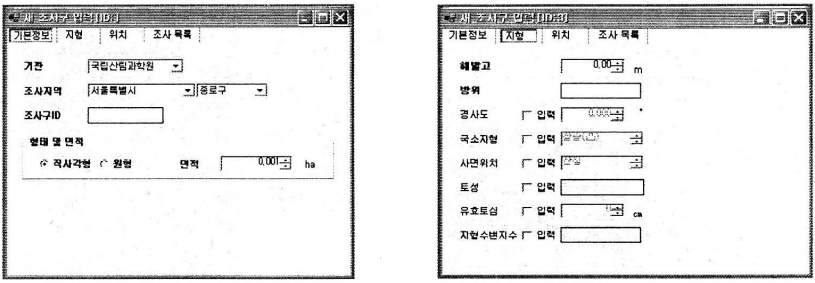


그림 6. 조사구 데이터 입력

조사구 ID, 그리고 조사구의 형태 및 면적을 입력할 수 있으며, 지형은 해발고와 방위, 경사도, 국소지형, 사면위치, 토성, 유효토심, 지형수변지위 등을 입력할 수 있도록 개발되었다. 이러한 지형은 해발고와 방위는 필수형태로 입력되어야 하며, 나머지는 선택적으로 입력할 수 있다. 위치는 세부위치와 경위도 및 TM좌표를 선택적으로 입력할 수 있도록 개발되었다.

(2) 산림조사 데이터 입력

산림조사 데이터 입력은 조사구 입력 윈도우가 활성화 된 상태에서 데이터를 입력할 수 있도록 개발되었으며, 이 때 조사구ID를 부여한 후에 데이터를 입력해야 한다.

산림조사 데이터 입력은 그림 7과 같이 시행된 조사에 대한 상세 정보를 입력하는 [조사]탭과 조사 대상인 개체목의 조사항목을 설정하는 [데이터입력 설정]탭, 개체목 데이터를 입력하는 [Data]탭으로 구성된다.

[조사] 탭의 입력화면은 조사구 ID와 조사번호, 조사일시, 수종은 필수적으로 입력해야 하며, 나머지 평균임령, 경급, 혼효율, 울폐도, 소밀도 등은 선택적으로 입력할 수 있도록 개발하였다. 또한 기록사항은 임분의 하층식생과 같은 자세한 사항을 입력할 수 있는 공간을 만들어 사용자가 여러 가지 사항을 입력할 수 있도록 하였다.

[데이터입력 설정] 탭은 산림조사에서 수행되는 개체목 데이터를 입력하기 위해 입력사항을 설정하는 것으로 수종, DBH, 수고는 필수 입력항목으로 설정되어 있으며, 수령, 지하고, 연륜폭, 수피두께, 수형급, 형질급 등은 선택 입력항목으로 설정되어 있다. [데이터입력 설정] 탭의 변경사항은 바로 [Data] 탭의 입력 테이블에 반영되며, 이렇게 설정된 조사 설계에 따라 [Data] 탭의 입력 테이블에 데이터를 입력한다.

4. 모델의 적용성 검토

1) 데이터 검색

모델 개발을 위한 데이터 검색은 조사구조건과 산림조사조건을 통해 모델 개발에 필요한 데이터를 검색할 수 있도록 개발되었다. 조사구

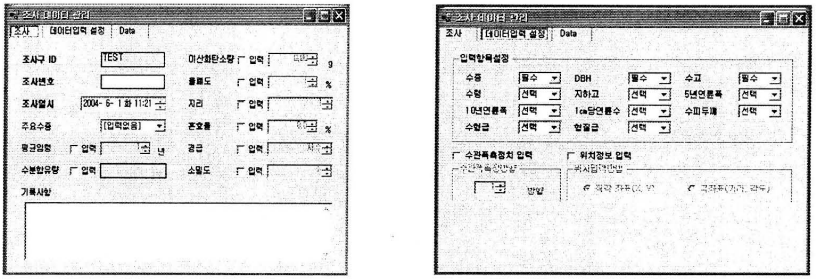


그림 7. 산림조사 데이터 입력

그림 8. 데이터 검색

조건은 조사기관과 조사지역, 조사구ID에 따라 검색이 가능하며, 산림조사 조건은 조사번호와 조사일시, 주요수종, 평균임령 그리고 조사 자료의 다른 수종까지 포함하여 검색이 가능하도록 개발되었다.

2) 모델 개발

본 연구는 그림 8과 같은 데이터 검색 결과에 따라 강원도 홍천군지역의 낙엽송 수고곡선식을 개발하기 위해 국립산림과학원에서 조사된 자료를 이용하였다. 데이터는 그림 8과 같이 다양한 조건 검색을 통해 검색된 데이터를 그림 9와 같은 엑셀의 Worksheet로 가져와 엑셀에서 추세선 추가메뉴를 이용하여 수고곡선식을 적합화 시켰다.

결과 및 고찰

지금까지 산림생장에 대한 자료는 조사 주체 기관과 시기 등에 따라 자료 수집이 다양하게 이루어졌으며, 이로 인하여 DB구축 역시 분산되어 관리되어 왔다. 따라서 이러한 자료의 통합된 관리가 현재 요구되며, 이를 위하여 본 시스템이 구축되기에 이르렀다.

본 연구에서 개발된 시스템은 그동안 누적된 산림생장 자료를 컴퓨터 시스템 내에서 체계적으로 관리할 수 있도록 하여 다양한 조건의 수종, 지역, 입지조건에 따라 생장을 예측할 수 있는 모델개발을 지원하며 산림경영의 의사결정에 필요한 정보를 제공할 수 있는 시스템이다.

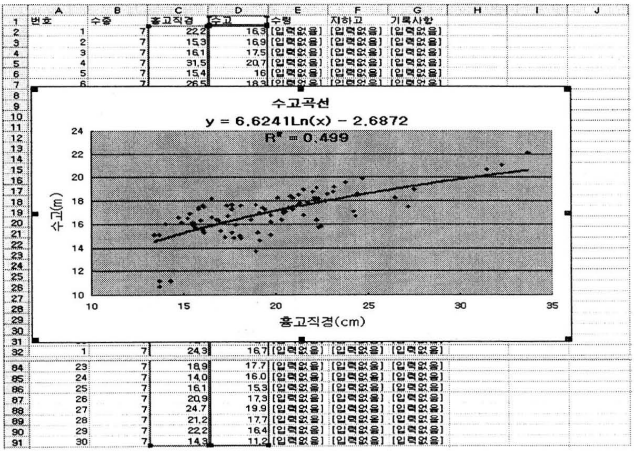


그림 9. 수고곡선모델 개발

이러한 시스템은 데이터베이스 시스템을 통해 자료를 효율적으로 관리할 수 있고 또한 인터넷을 통해 자료의 공급자나 관리자, 수요자를 효율적으로 연계시킬 수 있기 때문에 국가공무원이나 산림조합, 산림경영자, 연구자들에게 효율적으로 산림생장 분석도구로 활용될 수 있을 것이다. 또한 산림조사와 수확예측 업무의 전산화로 일선 실무자의 능률을 향상시킬 수 있으며, 친환경적 산림관리에 필요한 정보를 제공하여 환경친화적 산림경영을 지원할 수 있을 것이다.

이를 위해서는 조사기관과 조사유형 및 조사성격에 따라 다양하게 조사되고 있는 산림생장 및 조사 자료를 통합 관리할 수 있는 시스템으로 확대가 필요하며, 통합 시스템 내에 자료를 구축하기 위해서는 조사방법의 가이드라인을 마련하여 입력되는 자료를 표준화하는 것이 필요하다. 또한 임업에 종사하는 다양한 사람들에게 자료를 제공해 주기 위해서는 자료 및 정보 수요자의 분석을 통해 시스템에 접근할 수 있는 권한을 설정해야 한다. 그리고 지금까지 개발되어 온 다른 산림관련 통계시스템과 연계시켜 앞으로 산림청을 중심으로 한 자료의 수집 및 관리, 배분, 감독이 필요하다.

인 용 문 헌

1. 김성일. 1990. 산림휴양계획을 위한 지리정보체계의 이용에 관한 소개. 한국임학회지 79(2) : 205-215.
2. 산림청. 1994. 국유림 영림계획 정보시스템 개발보고서(I).
3. 산림청. 2000. 산림자원 및 임업통계정보시스템 개발완료 보고서.
4. 산림청. 2004. 국유림 영림계획 작성 및 운영요령. 산림청. 208p
5. 정주상 · 박은식 · 오동하. 1998. 지리정보시스템을 이용한 실무형 산림경영전산모델의 개발. 한국임학회지 78(2) : 300-307.
6. Lowe, J. J., K. Power. and S. L. Gray. 1994. Natural Resources Canada-Canada's forest inventory 1991. Canadian Forest Service, Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, ON. Information Report PI-X-115. 67p.
7. USDA. 2002. Forest Inventory and Analysis Program : Explore the Possibilities. USDA-Forest Service, Forest Inventory and Analysis Program, North Central Research Station, 1992 Folwell Ave. St. Paul, MN 55108.

한국산림측정학회지 7(2) : 55~62. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 55~62. 2004

왕대림의 현존량과 양분함량에 관한 연구[1]

이상태[2] · 황재홍[2] · 김병부[2] · 이경재[2] · 신현철[2] · 박규종[2]

A Study on the Biomass and Nutrient Contents of *Phyllostachys bambusoides* Stands[1]

Sang Tae Lee[2], Jae Hong Hwang[2], Byoeng Bu Kim[2], Kyung Jae Lee[2], Hyun Chul Shin[2] and Kyu Jong Park[2]

요 약

본 연구는 경상남도 진주시에 위치하고 있는 왕대 임분의 죽령 및 경급별 분류에 따라 5m×5m 크기의 방형구 3개를 조사하였다. 물질생산량 추정을 위하여 logY=logA+logDBH의 흉고직경 변수의 모형식을 적용하여 현존량을 추정하였다. 왕대의 지상부 생중량과 건중량에 대한 현존량은 죽간 151.4(71.9%), 97.6(75.3)ton/ha, 잎 27.3(13%), 16.9(13%)ton/ha, 가지 31.7(15%), 15(11.5%)ton/ha 그리고 고사지 0.3(0.1%), 0.2(0.2%)ton/ha로 각각 조사되었으며, 전체 생중량과 건중량은 각각 210.7, 129.7ton/ha으로 분석되었다.

질소와 마그네슘 농도는 1년생 엽과 가지가 2년생 이상의 엽 및 가지보다 높았으며, 2년생 이상의 가지 내 칼륨 농도는 1년지 보다 상당히 감소하였다. 칼슘과 나트륨 농도는 2년생 엽과 가지 모두 1년생보다 높았다. 고사지 내 질소, 인산, 칼륨 및 마그네슘 농도는 생지보다 낮았으나, 칼슘 농도는 오히려 증가하였으며 나트륨 농도는 큰 변화가 없었다. 엽과 가지 전체의 양분 함량은 질소, 칼륨, 칼슘, 인산, 마그네슘 및 나트륨 순으로 높았다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate biomass of *Phyllostachys bambusoides* stands in Jinju, Gyeongnam Province. Three 5m×5m quadrats were set up and culms were harvested by each DBH and age. Estimate equation of biomass was used logY=logA+logDBH model. The aboveground green and dry weight were estimated to be culms 151.4(71.9%), 97.6 (75.3)ton/ha, leaves 27.3(13%), 16.9(13%)ton/ha, live twigs 31.7(15%), 15(11.5%)ton/ha and dead twigs 0.3(0.1%), 0.2(0.2%)ton/ha, respectively.

The N and Mg concentrations of current-year leaves and live twigs were higher than those of leaves and live twigs over 1-yr-old. Potassium concentration of live twigs over 1-yr-old considerably decreased compared with that of current live twigs. However, the Ca and Na concentrations of leaves and live twigs over 1-yr-old were higher than those of current leaves and live twigs. Nitrogen, P, K and Mg concentrations of dead twigs were lower than those

[1] 接受 2004年 8月 13日 Received on August 13, 2004.
[2] 국립산림과학원 남부산림연구소 Korea Forest Research Institute, Southern Forest Research Center.

of live twigs except for Ca and Na concentrations. Nutrient contents of leaves and twigs were highest in N and followed by K, Ca, P, Mg and Na.

Key words : biomass, green weight, dry weight, Phyllostachys bambusoides, nutrient distribution, nutrient contents

서 론

산림에서 발생되는 수확물은 인류의 일상생활 변화에 큰 도움을 주었으며, 특히 벌채 수확된 원목 및 목재자원은 주거 및 생활방식 등의 다양한 형태로 이용되고 변화 되었다. 과학 및 산업기술의 발달로 목재자원이 가지고 있는 역할과 기능을 대체하는 자원의 발전은 이루어지고 있다. 그러나 뛰어난 과학기술의 발전이 뒷받침되고 있지만 목재자원이 가지는 그 특유의 특성을 충분히 소화해 내지 못하고 있으며, 대나무 자원의 경우도 목재와 더불어 현재의 과학기술이 흉내 내지 못하는 독특함과 경제적 가치가 충분히 있는 자원이다.

대나무는 예부터 인류의 발전과 더불어 실생활에 유용한 자원으로 이용된 수종 중의 하나로서, 전 세계에 널리 분포되어 있는 종이다. 대나무는 화본과 식물로 우리나라를 포함하여 동남아시아에 주로 분포 하고 있으며, 남미, 호주, 남아프리카 그리고 북미와 유럽 등에도 일부 분포하고 있는 수종이다. 우리나라에 자생하고 있는 대표적인 수종은 왕대, 맹종죽, 조릿대, 신의대 등 3속 11종이 분포 하고 있다(이창복, 1973). 대나무의 지역적 분포는 종류에 따라 다소 다르나, 죽순대의 경우 거제도와 전라북도 익산이 북방한계선이다. 왕대와 솜대의 경우 동해와 서해의 북쪽에도 분포하며, 동해안이 서해보다 더 북쪽으로 위치하여 강원도 고성군 현내면이 북한계선이다. 이 한계선은 당진, 천안, 옥천, 김천, 대구, 영천, 강릉을 잇는 선이 그어지는데 1월 평균기온 -2℃인 등온선과 일치하며 한계선에 가까울수록 키가 낮고 줄기가 가늘어지는 성질이 있다.

왕대는 맹종죽과 달리 죽순의 생산적 측면보다는 죽재생산을 목적으로 재배되어져 왔으며, 그 용도 또한 우리의 일상생활과 밀접한 관계가 있다. 대나무류의 자원적 가치는 김철(1992)이 대나무 펄프를 활용하여 화선지 개발에 왕대를 이용하는 연구를 발표하였으며, 대나무의 물질생산에 의한 대체자원 측면에서 김갑덕(1984) 등이 교목림의 하층식생을 이루는 조릿대에 대한 연구를 통하여 그 가치를 평가하였다. 그리고 박인협과 류석봉(1996) 등이 왕대속 대나무림의 물질생산과 무기영양물의 분배에 대한 연구에서 왕대속 대나무류 3종의 물질생산량 구명과 양분함량을 연구 발표하였다. 백종원 등(2002)은 대나무 줄기와 잎에서 에탄올 추출물 분석을 통하여 항균활성에 대한 종간의 비교를 실시하였으며, 임진아 등(2004) 은 대나무 에탄올 추출물의 항산화 효과와 아질산염 소거작용 등에 대한 연구를 발표하였다. 이와 같이 대나무는 약용 및 식품 등의 분야에서 널리 이용되는 유용한 산림자원으로서 일반 수목과 달리 단기간에 형성되어, 연년보속수확이 가능한 수종이다.

본 연구는 연년 생산되는 왕대의 물질생산에 죽령에 따른 왕대의 현존량 추정 및 죽령에 따른 엽과 가지의 양분 함량 차이를 검증하고자 수행하였으며, 이를 통하여 왕대의 자원적 가치평가에 도움을 주고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

연구 조사대상지는 경상남도 진주시 명석면에 위치하고 있는 왕대순림 지역으로 하층식생의 분포는 높은 입죽밀도에 의한 영향으로 거의 없는 것으로 나타났다. 최근 10년간 1월과 8월의 평균 기온은 각각 0.3℃, 26.0℃이고, 평균 강수량은 1,503mm이었다. 조사대상지는 5m×5m 크기의 3개 plot를 설정, 입죽 및 매목조사를 실시하였다. 매목조사는 대나무의 경우 당년에 발생한 죽순이 그 해에 죽간이 형성되므로 가을철에 거의 모든 생장이 이루어진다. 따라서 당년에 발생한 죽순을 1년생 그리고 2년생 이상의 대

Table 1. Stand characteristics for *Phyllostachys bambusoides* stand in Jinju, Gyeongnam Province. Values in parenthesis are one standard error of the mean

	Age		Total
	current	≥ 1-yr-old	
No. culms/ha	3,600	17,800	21,400
Mean DBH (cm)	5.07 (0.48)	5.17 (0.13)	5.15 (0.14)

Table 2. Characteristics of soils(0~15 cm depth, n=6) for *Phyllostachys bambusoides* stands in Jinju, Gyeongnam Province. Values in parenthesis are one standard error of the mean

Soil texture	pH (1 : 5,H_2O)	Org. C. (g/kg)	T-N (g/kg)	Avail. P_2O_5 (mg/kg)	C.E.C	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
					($cmol_c$/kg)				
loam	4.76 (0.13)	63.6 (3.85)	1.21 (0.19)	16.87 (4.77)	5.86 (0.46)	0.20 (0.01)	0.06 (0.01)	1.63 (0.11)	0.35 (0.01)

나무를 각각 분류하여 조사를 실시하였다. 식생 조사 결과를 바탕으로 벌채 대상죽을 경급에 따라 벌채하였으며, 왕대 임분 개황 및 토양에 관한 주요 특성은 Table 1, 2와 같다.

2. 조사방법 및 자료분석

선정된 표본죽은 벌근부 20cm 지점에서 벌채하여 수간석해에 의한 방법으로 각 죽간과 가지 그리고 잎 부위 등으로 각각 분리 채취하였다. 부위별로 채취된 시료는 현장에서 생중량을 측정하였으며, 건중량 측정을 위하여 생중량 시료의 일부를 실험실로 운반한 후 건조기에서 80℃로 항량이 될 때 까지 건조하였다. 건조된 시료는 각 부위별 건중량대 생중량 비에 의하여 기관 부위별 건중비를 산출하였으며, 이에 따라 전체 건중량을 환산 추정하였다. 채취된 시료를 바탕으로 왕대의 생중량과 건중량의 추정식을 검정하였으며, 식의 적용은 현재 상대생장식 중 비교적 적합도가 높은 대수회귀식 중에서 흉고직경변수 모형을 적용하였다(이정석과 김춘식, 1988; 이도형과 황재우, 2000). 생·건중량 추정에 적용된 대수회귀식의(logY=logA+blogD : D는 흉고직경) 검정은 결정계수 값인 R^2(coefficient of determine)와 추정치표준오차(SEE : standard error of estimate)의 통계량 값을 적용하였다(국립산림과학원, 2004). 도출된 현존량 추정식을 이용하여 왕대의 ha당 지상부 생체량을 산출하였다.

3. 양분 분석

왕대 임분의 양분 관계를 분석하기 위하여 현장에서 분리한 1년생과 2년생 이상의 엽과 가지 일부를 채취하여 양분 분석용 시료로 활용하였다. 질소는 비색법의 일종인 indophenol-blue 법, 인산은 ammonium vanadate법으로 분석하였으며, 양이온(K, Ca, Mg, Na) 분석은 ICP (optima 4300D, Perkin Elmer)를 이용하였다. 분석 완료된 양분 농도는 각 부위의 건중량 값을 곱하여 부위별 전체 양분 함량 계산에 활용하였다.

결과 및 고찰

1. 기관별 생체량

왕대의 기관별 생체량은 대나무류의 경우 죽순이 발순 된 뒤, 당해연도에 거의 모든 죽간, 가지, 잎 등의 생장이 이루어지므로 죽령을 고려한 경급별 생체량을 분석하였으며, 표본죽에 대한 생중량은 Table 3과 같다.

Table 3에서, 부위별 생중량 분포는 전체 죽령급에서 죽간이 평균 10.99kg으로 전체 생중량의 76.84%의 비율을 차지하고 있으며, 가지의 분포가 1.63kg 그리고 잎의 경우 1.38kg으로 나타났으며, 그 비율은 각각 12.45, 10.70%

Table 3. Green weight(kg) of each component for *Phyllostachys bamsusoides* by DBH

Age	DBH(cm)	Culms	Leaves	Live twigs	Dead twigs	Total
Current	4	5.48 (75.15)	0.59 (8.12)	1.22 (16.74)	-	7.30 (100)
	6	9.37 (76.79)	1.07 (8.75)	1.76 (14.46)	-	12.20 (100)
	8	16.67 (82.47)	1.34 (6.61)	2.21 (10.92)	-	20.21 (100)
≥1-yr-old	4	5.70 (68.86)	1.51 (18.24)	1.07 (12.90)	0.003 (0.04)	8.28 (100)
	6	9.35 (73.57)	1.52 (11.92)	1.84 (14.50)	0.091 (0.71)	12.71 100
	8	16.62 (83.40)	1.85 (9.30)	1.46 (7.30)	0.020 (0.10)	19.94 (100)
Average		10.99 (76.84)	1.38 (10.70)	1.63 (12.45)	0.04 (0.28)	14.04 (100)

이다. 또한 고사지의 경우 0.04kg으로 평균 0.28%를 차지하고 있으며, 표본죽 전체 평균 왕대의 생중량은 14.04kg으로 나타났다. 기관 분포에 따른 생중량은 죽간, 가지, 잎 그리고 고사지 순으로 조사되었으며, 본 조사에서는 고사지의 경우 2년생에서만 나타났고, 1년생의 경우 고사지가 없는 것으로 조사되었다. 그리고 죽령이 높고 경급이 클수록 부위별 생체량도 증가하는 추세였으며, 죽령에 따른 동일 경급의 부위별 분포에서 고사지를 제외한 전체 기관에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

한편, 왕대의 죽령에 따른 경급별 건중량은 Table 4와 같다.

Table 4에서, 건중량의 분포는 전체 죽령급에서 죽간이 평균 5.98kg, 중량비율은 78.01%로 가장 높았으며, 가지와 잎 등의 순으로 각각 0.92, 0.63kg으로 나타났으며 중량비율은 각각 13, 8.69%로 조사되었다. 고사지의 경우 2년생에서 0.031kg, 중량비율은 0.3%를 차지하고 있었다. 건중량의 경우 생중량에서는 죽령의 차이가 있어도 동일 경급일 경우 죽간의 생중량이 비슷한 수준으로 조사되었으나, 건중량의

Table 4. Dry weight(kg) of each component for *Phyllostachys bamsusoides* by DBH

Age	DBH(cm)	Culms	Leaves	Live twigs	Dead twigs	Total
Current	4	2.91 (75.80)	0.27 (7.1)	0.66 (17.1)	-	3.83 (100)
	6	4.98 (78.82)	0.50 (7.86)	0.84 (13.33)	-	6.31 (100)
	8	8.10 (80.76)	0.65 (6.43)	1.28 (12.81)	-	10.03 (100)
≥1-yr-old	4	3.76 (73.36)	0.71 (13.80)	0.66 (12.80)	0.002 (0.043)	5.12 (100)
	6	6.01 (75.42)	0.73 (9.20)	1.15 (14.47)	0.072 (0.905)	7.97 (100)
	8	10.10 (84.39)	0.93 (7.75)	0.92 (7.71)	0.018 (0.147)	11.97 (100)
Average		5.98 (78.01)	0.63 (8.69)	0.92 (13.00)	0.031 (0.300)	7.54 (100)

Table 5. The ratio of dry and green weights of each component for *Phyllostachys. bamsusoides* by age

Age	Culms	Leaves	Live twigs	Dead twigs	Total
Current	0.52	0.47	0.53		0.51
≥1-yr-old	0.64	0.48	0.62	0.79	0.62
Average	0.58	0.48	0.58	0.79	0.56

경우에는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 대나무류의 경우 죽간의 경화에 따른 물질생산량의 차이가 있는 것으로 판단된다. 또한 대나무는 1년생과 2년생 가지의 구분이 모호한 실정이며, 따라서 연간 생산되는 대나무의 순생산량 추정시 많은 어려움이 발생한다. 본 조사에서 나타난 이러한 차이를 응용할 경우 좀 더 손쉬운 방법으로 대나무의 순생산량을 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

왕대의 생중량과 건중량에 대한 건중비를 분석한 결과는 Table. 5와 같다.

Table 5에서, 1년생 죽과 2년생 이상죽의 죽간 건중비는 0.52, 0.64로 나타나 수령에 따른 큰 차이를 보이고 있으며 전체 죽간의 평균 건중비는 0.58로 나타났다. 가지도 죽간의 경우와 마찬가지로 죽령에 따른 건중비가 0.53에서 0.62로 증가하는 것으로 나타났으며, 잎은 0.47과 0.48로 거의 유사한 경향을 보였다. 그리고 죽령에 따른 전체 평균 건중비는 0.51과 0.62로 나타났다. 이러한 결과는 앞서 언급된 건중량에서와 마찬가지로 대나무류의 죽령 경과에 따른 경화의 정도가 생체량에 많은 영향을 미치는 것으로 사료된다.

2. 현존량

현존량의 추정은 해당 자원의 연구와 이용에 있어서 중요한 문제 일 것이다. 현재 이러한 문제들로 과연 어떠한 추정식이 가장 적절한지 여부에 대한 연구는 많은 학자들간에 이루어져 왔으며, 그 틈바구니에서 대나무 임지의 특성상 정확한 수고의 측정이 어려운 점을 감안하여 현실적으로 많이 적용될 수 있는 흉고직경 단일변수에 의한 방법을 적용하였다. 왕대의 생중량 및 건중량에 대한 추정식 모형 분석결과는 Table 6, 7과 같다.

Table 6. Estimated equation of green weight by DBH variable

	Components	a	b	SEE	R^2
Green weight	Culms	5.221	2.169	0.042	0.996
	Leaves	6.595	0.436	0.066	0.840
	Twig	6.271	0.544	0.337	0.240
	Dead twig	-2.954	3.204	2.113	0.218
	Total	6.224	1.777	0.053	0.993

Table 7. Estimated equation of dry weight by DBH variable

	Components	a	b	SEE	R^2
Green weight	Culms	5.070	2.004	0.050	0.995
	Leaves	5.619	0.574	0.061	0.914
	Twig	5.698	0.600	0.344	0.270
	Dead twig	-3.956	3.627	2.137	0.259
	Total	5.853	1.711	0.067	0.987

Table 6, 7에서 생중량과 건중량에 대한 흉고직경변수에 의한 현존량 추정식 분석 결과 죽간과 잎의 경우 추정된 모형에서 결정계수와 추정치 표준오차 값을 고려해볼 때 유의한 결과를 보였다. 그리고 전체모형에서도 앞선 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 가지와 고사지에서는 유의적인 결과를 얻지 못하였다. 이러한 결과는 이번 조사대상지의 경우 입죽 밀도가 상당히 높은 관계로 가지의 생장이 죽령간에도 서로 차이가 있으며 이에 다른 영향인 것으로 판단된다.

추정된 생중량과 건중량 식을 바탕으로 조사지의 현존량을 분석한 결과는 Table 8과 같다.

Table 8에서, 왕대의 지상부 생중량과 건중량에 대한 현존량은 죽간 151.4(71.9%), 97.6 (75.3)ton/ha, 잎 27.3(13%), 16.9(13%)ton/ha,

Table 8. Biomass(ton/ha) for *Phyllostachys bambusoides* stands

P. bambusoides	Green weight(%) Dry weight(%)	
Culms	151.4(71.9)	97.6(75.3)
Leaves	27.3(13.0)	16.9(13.0)
Live twigs	31.7(15.0)	15.0(11.5)
Dead twigs	0.3(0.1)	0.2(0.2)
Total	151.4(100)	97.6(100)

가지 31.7(15%), 15(11.5%)ton/ha 그리고 고사지 0.3(0.1%), 0.2(0.2%)ton/ha로 각각 조사되었으며, 전체 생중량과 건중량은 각각 210.7, 129.7ton/ha으로 분석되었다. 이러한 결과는 박인협과 류석봉(1996)이 발표한 왕대 임분의 지상부 ha당 생체량인 24.68ton/ha 보다 높았는데, 이러한 차이는 입죽 본 수의 차이에서 기인하는 것으로 판단된다.

3. 양분 농도

죽순대 발생연도에 따른 부위별 양분 농도의 분석결과는 Table 9와 같다.

Table 9에서 질소와 마그네슘 농도는 당년생 엽과 가지가 1년생 이상의 엽 및 가지보다 높았으며, 인산 농도는 그 차이가 명확하지 않았다. 1년생 이상의 가지 내 칼륨 농도는 당년지보다 상당히 감소하였으며, 칼슘과 나트륨 농도는 1년생 이상 엽과 가지 모두 당년생보다 높았다. 고사지 내 질소, 인산, 칼륨 및 마그네슘 농도는 생지보다 낮았으나, 칼슘 농도는 오히려 증가하였으며 나트륨 농도는 큰 변화가 없었다. 본 연구에서 얻은 양분 농도는 박인협과 류석봉(1996)이 보고한 죽순대 엽의 양분 농도 (N : 1.314%, K : 0.660, Ca : 0.426, Mg : 0.248)보다 질소와 칼륨은 높게, 칼슘과 마그네슘은 낮게 나타났다. 1년생 이상 엽과 가지의 질소 농도가 당년생보다 감소하는 것은 다른 침엽수의 경우에서도 나타나는데, Son 등 (2000)은 리기다소나무의 당년생 엽과 가지 및 1년이 경과한 엽과 가지의 질소 농도를 비교한 결과 그 농도의 감소를 보고한 바 있다.

왕대의 현존량과 양분 농도값으로 추정한 엽과 가지의 발생 연도별 양분 함량을 분석한 결과는 Figure 1과 같다.

Fig. 1에서, 질소와 인산의 함량은 각각 269.2 kg/ha 및 28.5 kg/ha로 나타났는데, 김종성 등 (1996)이 중부지방 리기다소나무와 낙엽송을 대상으로 조사한 질소(리기다소나무 : 132kg/ha,

Table 9. Nutrient concentration (%) of leaves and twigs for *Phyllostachys bambusoides* by ages

		N	P	K	Ca	Mg	Na
Leaves	age						
	current	2.083 (0.097)	0.137 (0.002)	0.987 (0.102)	0.266 (0.019)	0.077 (0.006)	0.018 (0.004)
	≥1-yr-old	1.601 (0.062)	0.132 (0.006)	0.972 (0.197)	0.346 (0.067)	0.064 (0.007)	0.029 (0.003)
	Total	1.842 (0.119)	0.135 (0.003)	0.980 (0.099)	0.306 (0.036)	0.070 (0.005)	0.023 (0.003)
Twigs							
	current	0.292 (0.037)	0.063 (0.005)	0.809 (0.149)	0.032 (0.003)	0.036 (0.001)	0.026 (0.003)
live	≥1-yr-old	0.250 (0.017)	0.061 (0.013)	0.394 (0.021)	0.039 (0.006)	0.022 (0.004)	0.028 (0.009)
	Total	0.271 (0.020)	0.062 (0.006)	0.601 (0.115)	0.035 (0.003)	0.029 (0.004)	0.027 (0.004)
dead		0.208 (0.072)	0.049 (0.006)	0.289 (0.031)	0.043 (0.001)	0.018 (0.003)	0.028 (0.005)

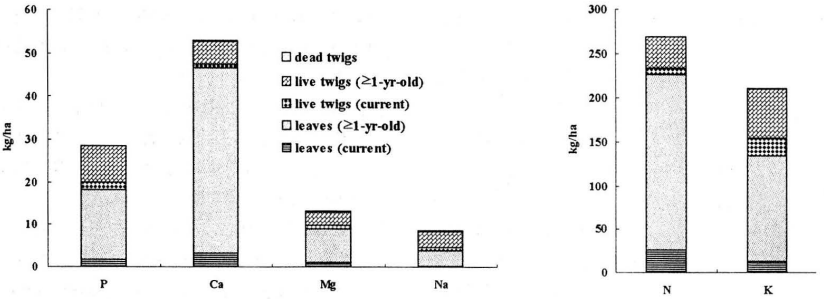


Fig. 1. Distribution of nutrients in the leaves and twigs for *Phyllostachys bambusoides*

낙엽송 : 133kg/ha) 및 인산 함량(리기다소나무 : 14kg/ha, 낙엽송 : 15kg/ha) 보다 약 2배 높았다. 엽과 가지 전체의 양분 함량은 질소, 칼륨, 칼슘, 인산, 마그네슘 및 나트륨 순이었는데. 박인협과 류석봉(1996)이 보고한 양분 함량 조사 결과와 유사하였으며, 우리나라 중부지방 굴참나무와 신갈나무 천연 임분을 대상으로 Son 등(2004)이 조사한 지상부 양분 함량 분포와 비교하면 인산의 함량이 높음을 알 수 있다.

결 론

본 연구는 과거 우리 조상들의 일상생활에서 밀접하게 자리 잡고 임산자원으로 활용되었던 왕대 자원의 가치적 평가 및 경제적 가치라는 현실속에서 외면되고 버려지는 우리 자원에 대한 인지와 관심을 갖고자 하는 목적으로 수행되었다. 비록 다른 교목성 임목에 비해 그 물질생산의 양적 평가는 떨어질지 모르나 종의 자원화라는 큰 대세의 흐름에서 결코 쉽게 포기할 수 없는 임산자원으로서의 가치를 인식할 수 있는 바램으로 조사 결과를 요약하면 아래와 같다.

먼저 기관의 부위별 생중량 분포는 전체 죽령급에서 죽간이 평균 10.99kg으로 중량의 76.84%의 비율을, 가지와 잎이 각각 1.63, 1.38kg으로 나타났으며, 부위별 비율은 각각 12.45, 10.70%이다. 또한 고사지의 경우 0.04kg으로 평균 0.28%를 차지하고 있으며, 전체 평균 왕대의 생중량 분포는 14.04kg으로 나타났다. 죽령에 따른 동일 경급의 부위별 분포에서 고사지를 제외한 전체 기관간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

건중량의 분포는 전체 죽령급에서 죽간이 평균 5.98kg, 중량비율은 78.01%로 가장 높았으며, 가지와 잎 등의 순으로 각각 0.92, 0.63kg으로 나타났으며 중량비율은 각각 13, 8.69%로 조사되었다. 고사지의 경우 2년생에서 0.031kg, 중량비율은 0.3%를 차지하고 있었다.

1년생 죽과 2년생 이상죽의 죽간 건중비는 0.52, 0.64이며 가지는 0.53과 0.62로 나타났으며, 잎은 0.47과 0.48로 거의 유사하게 나타났으며, 죽령 및 전체 평균 건중비는 0.51, 0.62 그리고 0.56으로 각각 나타났다.

왕대의 지상부 생중량과 건중량에 대한 현존량은 죽간 151.4, 97.6ton/ha, 잎 27.3, 16.9 ton/ha, 가지 31.7, 15.0ton/ha 그리고 고사지 0.3, 0.2ton/ha 로 각각 조사되었다.

질소와 마그네슘 농도는 1년생 엽과 가지가 2년생 이상의 엽 및 가지보다 높았으며, 2년생 이상의 가지 내 칼륨 농도는 1년지보다 상당히 감소하였다. 칼슘과 나트륨 농도는 2년생 엽과 가지 모두 1년생보다 높았다. 고사지 내 질소, 인산, 칼륨 및 마그네슘 농도는 생지보다 낮았으나, 칼슘 농도는 오히려 증가하였으며 나트륨 농도는 큰 변화가 없었다. 엽과 가지 전체의 양분 함량은 질소, 칼륨, 칼슘, 인산, 마그네슘 및 나트륨 순으로 높았다.

인 용 문 헌

1. 국립산림과학원. 2004. 주요 수종의 임목자원 평가 및 예측시스템. 125pp.
2. 김갑덕 · 김재생 · 박인협. 1984. 백운산지

역 조릿대의 죽간형질 및 물질생산에 관한 연구. 임산에너지 4 : 19-25.
3. 김종성 · 손요환 · 임주훈 · 김진수. 1996. 리기다소나무와 낙엽송 인공조림지의 지상부 생체량, 질소와 인의 분포 및 낙엽에 관한 연구. 한국임학회지 85(3) : 416-425.
4. 김 철. 1992. 대나무펄프를 이용한 화선지 개발에 관한 연구. 목재공학 20(2) : 43-50.
5. 박인협 · 류석봉. 1996. 왕대속 대나무림의 물질생산 및 무기영양물 분배에 관한 연구. 한국임학회지 85(3) : 453-461.
6. 백종원 · 정숙현 · 문갑순. 2002. 국내산 대나무 줄기와 잎의 에탄올 추출물의 항균활성. 한국식품과학화지. Vol. 34, No. 6, 1073-1078pp.
7. 이도형 · 황재우. 2000. 회귀식에 의한 잣나무 물질 생산성 추정. 자원문제연구논문집 19(1) : 77-82.
8. 이정석 · 김춘식. 1988. 후박나무림의 물질생산량에 관하여. 한국임학회지 77(1) : 10-16.
9. 이창복. 1973. 한국수목도감. 임업시험장. 237pp.
10. 임진아 · 나영순 · 백승화. 2004. 대나무 에탄올추출물의 항산화 효과 및 아질산염 소거작용. 한국식품과학화지. Vol. 36, No. 2, 306-310pp.
11. Son, Y., I. K. Lee. and S. R. Ryu. 2000. Nitrogen and phosphorus dynamics in foliage and twig of pitch pine and Japanese larch plantations in relation to fertilization. Journal of Plant Nutrition 23(5) : 697-710.
12. Son, Y., I. H. Park., M. J. Yi., H. O. Jin., D. Y. Kim., R. H. Kim. and J. O. Hwang. 2004. Biomass, production and nutrient distribution of a natural oak forest in central Korea. Ecological Research 19 : 21-28.

한국산림측정학회지 7(2) : 63~69. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 63~69. 2004

Fire History in the Pine Forests of the East Coast Region of Korea[1*]

- Focused on Samcheok Fire Long Term Ecological Research Site -

Soocheol Shin[2], Joo-Hoon Lim[2※], Young-Ho Kang[2] and Myung-Bo Lee[2]

동해안지역 소나무림의 산불연대기[1*]

- 삼척 산불장기생태연구조사지를 중심으로 -

신수철[2] · 임주훈[2※] · 강영호[2] · 이명보[2]

ABSTRACT

Analysis of fire scars has been used to examine temporal and spatial patterns of past forest fires in many ecosystems. Fire history chronologies were reconstructed during the period of 1822 to 2002 using fire-scared pine and oak trees in the Samcheok Fire LTER site of the east coast region of Korea. There were 39 fire event years and the mean fire return intervals were 8.6~19.0 years at each plot. Most of the fire scar formations were directed towards the up-hill side of the stem at each plot. Based on the position of fire scars within annual rings, most fires usually occurred in the early spring season.

Key words : fire scar, fire history chronologies, mean fire return intervals

요 약

동해안지역의 삼척 산불장기생태연구조사지(Samcheok Fire LTER Site)를 대상으로 소나무와 참나무류의 수간에 형성된 산불피해 흔적을 이용하여 1822~2002년 동안의 산불연대를 복원하였다. 조사기간 동안 산불발생은 총 39개년으로 나타났으며 각 조사구별 평균 산불발생주기는 8.6~19.0년으로 나타났다. 수간부에 형성된 산불피해 흔적은 대부분이 사면 상부를 향하여 형성되었으며, 산불발생 시기는 대부분이 이른 봄철에 발생한 것으로 나타났다.

주요어 : 산불피해흔적, 산불연대기, 평균산불발생주기

INTRODUCTION

Fire is a significant component of the disturbance regime of pine dominated forests in the east coast region of Korea. The forests of South Korea are classified into 16 eco-regions. Among the 16 eco-regions, the Kangwon coastal and Yoolyoung coastal eco-

[1] 接受 2004年 8月 30日 Received on August 30, 2004.
[2] 국립산림과학원 산불연구과 Division of Forest fire, Korea Forest Research Institute, Seoul, 137-712.
* This research was funded by technology development program for agriculture and forest, the Ministry of Agriculture and Forestry(Item No. 301008-3)
※ 연락저자(Corresponding author) : forefire@foa.go.kr

regions, which are located in the east coast region of the Korean peninsular are vulnerable to forest fire because of warm and dry wind in the spring(Shin et al., 1999). In April 1996, 3,762ha of forests in the Kangwon coastal eco-region were burnt down and subsequently in April 2000, 23,794ha of forests were burnt which had never been reported on a large scale as well as severe forest fires in South Korea(Forest service, 2000).

Fire scars on the stem result from the death of the vascular cambium by forest fire. Fire scar analysis is an important tool in understanding the forests stand dynamics, as fire scars record the timing, frequency and spatial extent of fire within a forest stand. Fire scars have been used to examine temporal and spatial patterns of past fires in many forest ecosystems.

Brown et al.(1994) have reported the mean fire interval(MFI) of cost redwood near Redwood National Park, California, in which using all fire-associated ring features is a more complete representation of past fire frequency than fire scar only. Brown et al. (1996) reported that the MFI in the pine communities of the south-central Black Hills, South Dakata, was 16 years(±14 SD) for the period of 1388 to 1990. Stephens et al.(2003) reconstructed fire history during the period of 521 to 1980 of the Jeffery pine-mixed conifer forest in Sierra San Pedro Martin, Mexico, and there were significant differences between mean fire return interval and precipitation of the year before the fire. Guyette et al.(2003) presented the fire frequency and expansion over the last 320 years of oak-pine forest on the lower Boston Mountains, Arkansas. Fire frequency and human population density were positive correlated during the early period of 1680~1880 with low levels of population, but negatively correlated during the later period of 1881~1910 with high levels of population. Carprio et al.(1999) reconstructed the fire history chronology and estimated the extents of area burned annually in the East Fork drainage Sequior and Kings Cayon National Park, during the period 1700 to 1899.

Little information on past forest fire regime currently exists for the pine forests in the east coast region of Korea. Reconstruction of long term fire history using fire scar data can provide valuable information on the season and frequency of past fires.

The objective of this study is to present the precise calendar years of past fire history in the Samcheok Fire LTER site using fire scars. This preliminary fire history information will be helpful for forest managers and ecologists to evaluate the effects of forest fire on the region. In addition, fire frequency and fire-free intervals will provide information on the vegetation dynamics of pine forest in the east cost region of Korea.

MATERIALS AND METHODS

1. Study area

The Samcheok Fire LTER site is located in the east coast region of the Korean peninsular which belongs to the Kangwon coastal eco-region of the cool temperature forest zone (Fig. 1). About 4,000ha of fire damaged forest in 2000 is in the process of registration in ILTER for forest fire research and rehabilitation monitering of the ecosystem.

Before the fire, 72.6% of the forest was composed of coniferous species in this site, 25.1% was pine-oak mixed forest and 1.4% was deciduous forest. The dominant tree species was pine(*Pinus densiflora* for. *erecta*), and some conifers such as *Pinus thunbergii*, *Pinus koraiensis*, *Pinus rigida* and *Larix kaemferi* had been planted for the forest rehabilitation after fire in the 1980s. Most of the oaks(*Quercus* spp.) in this region have

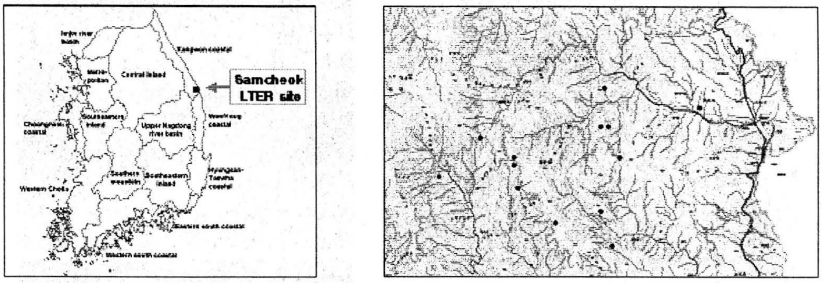


Fig. 1. The location of Samcheok Fire LTER site(left) and sampling plots of fire scared disks(right).

been regenerated naturally after fire.

2. Sample collection

The cross-sectional disks were sampled to determine fire data and tree-ring patterns at 13 plots within the Samcheok Fire LTER site area during the period of 2002 to 2003(Fig. 1). The location, aspect, slope and elevation of each fire-scarred disk was recorded on the topographic map. All disks were cut from the stumps and standing trees of pine and oak, approximately 20cm above the ground surface. The surface of each disk was smoothed by belt sander with two progressively finer belt grits from 100 to 400.

3. Fire scar analysis

Annual rings were dated using the skeleton plot technique(Stokes and Smiley, 1968) and graphic methods(Pumijumnong and Eckstein, 1995) to determine the fire year. The rings were counted by every tenth ring from the outer ring to pith, and every fire scar was marked. To insure the accuracy of cross-dating and fire scar chronologies, intervals between fire scars were cross-checked with intervals on nearby cross sectional disks. The master fire chronology of Samchuk Fire LTER site was developed using the technique summarized by Arno and Sneck(1977).

Annual ring width was measured within 0.01mm using DTRS-2000 and Snasys^{TM} to analysis the tree-ring growth pattern of each fire scared specimen.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Fire scar formation

Once a tree has a fire scar, the tree is more easily scarred in subsequent fires compared to an unscared tree, because the cambium is not well protected by bark at the edges of an existing fire scar and can be scorched in subsequent fires causing new scars(Gray and Riccius, 1999). Fire-related plant tissue mortality is dependent upon both the temperature reached and the duration of time. The lowest thermal death point at which plant cells die is considered to be between about 50 to 55℃ (Write and Bailey, 1982).

But susceptible plant tissue is protected by other tissues such as bark or bud scale, it may not be directly exposed to fire heat. The time taken for the cambium to reach the assumed lethal temperature is exponentially related to bark thickness and flammability of the outer layer of bark(Whelan, 1995). Cambium injury in shortleaf pine showed that 15~20 minutes of exposure was required to kill the cambium under 4cm of bark when exposed to air temperature of 532℃(Guyette and Speitich, 2003).

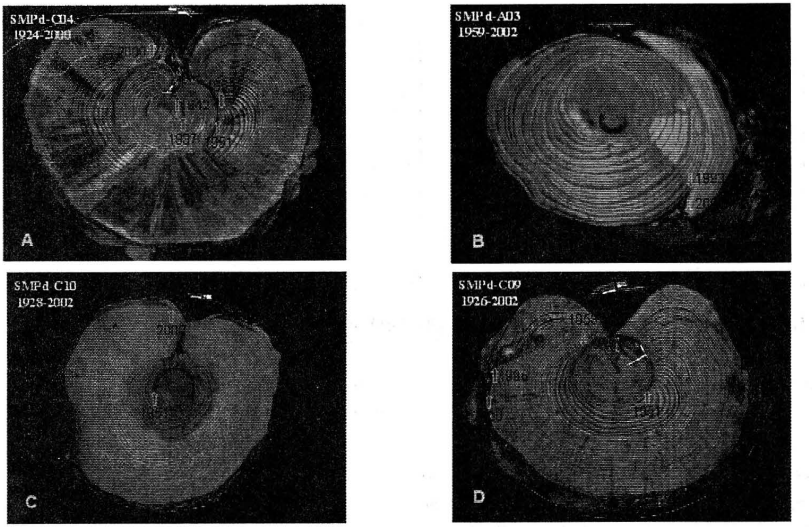


Fig. 2. Cross-sectional disks of fire-scared trees in the Samcheok Fire LTER site. (A) The cross-sectional disk of a tree stem shows a series of fire scars from fires in 1937, 1946, 1951, 1953 and 2000. Part of the cambium has been killed and the living portion of the stem has grown over and buried some of the scarred tissue. A series of fire scars were formed on the up-slope side; (B) A fire in 1993 killed all the cambium except for the small areas, and the fire year's tree ring growth was abruptly reduced; (C) After a fire in 1951 rapid tree ring growth occurred, and in 30 years the new growth encircled and healed over the original scarred stem; (D) After a fire in 1951 tree ring growth was accelerated for several years after injury and the new tissue expanded around the stem. In the area of wounding, the tree ring may be anomalously large after the fire. Fire may destroy competition in a stand of trees, remove the shade, release minerals, and make more soil area available to the roots.

Tapering scars on pine trees from forest fire can be seen in the Samcheok Fire LTER site(Fig. 2). Fire scars are most likely to form in areas where fires burn with even low intensity. A fire scar is caused when heat from a fire penetrates the bark and kills the cambium, and after the injury the adjacent live cambium expands slowly over the surface of the scarred area and may eventually enclose it. Fire scars in which the tree has not completely healed over will be visible from the outside of the tree.

2. Fire frequency

Fire scars are commonly used to reconstruct the frequency of past forest fires. Fire dates for the chronology were cross-dated using both fire scars and other fire associated features such as fire ring, growth release and double rings. Use of cross-dating or cross-counting methods for determining the number of years between fire scars may also lead to differences in fire frequency. Cross-dating is more accurate than ring counting for determining dates of past fires and estimation of past fire frequency(Mandany et al. 1982).

Fire rings were usually observed within the cross-sectional disks of pine tree, ring series were narrow rings that represented the next year's growth after the fire. The possible explanation for the formation of fire ring is that foliar recovery the year after a crown-

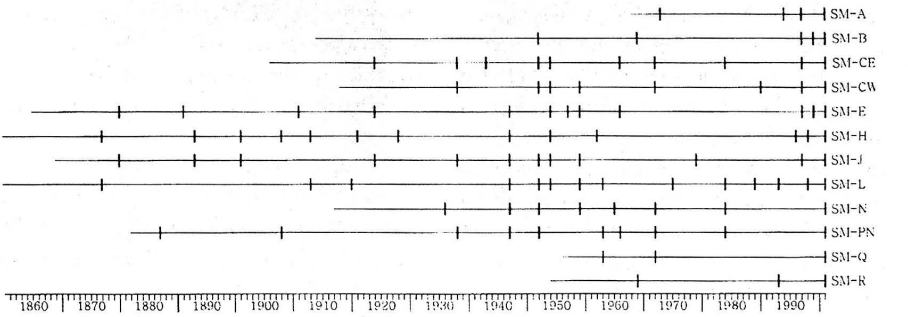


Fig. 3. Fire history chronology of the Samcheok Fire LTER site shows fire years at each plot. The short vertical bars are fire scar years and the horizontal lines represent the tree-ring record of each plot.

damaging fire could lead to reduction in cambial growth(Brown and Swetnam, 1994), and/or if flames reach the branches and foliar, the fire damaged the tree's crown and this may reduce the photosynthate production the year after fire(Schweingruber, 1996).

In other cases, growth release were found which abrupt increased in ring width lasting from several years after fire, These extend much farther around the ring circumference and sometimes heal at scar boundaries. Fire-associated growth releases were common in pine trees in the surveyed area. This may be due to the release of nutrients or reduced competition in the surrounding individuals killed by fire(Brown and Swetnam, 1994).

A total of 270 fire scars from 60 cross-sectional disks were identified and cross-dated to the calendar year of fire dates. During the 181 years from 1822 to 2002, 39 fire event years were recorded at the 13 plot within the Samcheok Fire LTER site(Fig. 3). The fire chronology of the Samcheok Fire LTER site shows repeated fires about two centuries, 1946, 1951, 1953 and 2000 fire years had a significantly severe fire record than other past fire years. Fire scar dates of individual trees were combined into composite fire scar chronologies for each plot. Mean fire return intervals(MFRI) varied from 8.6 to 19.0 year at each plot, and pine dominated forests were shorter MFRI than pine-oak mixed forest of Q, R plots. Fire-free intervals were from 2 to 36 years at each plot(Table 1).

3. Fire scar orientation

In sloping forest land, it is common for fire scars to form on the uphill side of stems. The

Table 1. Fire chronology and frequency data at each plot

plot name	A	B	CE	CW	E	H	J	L	N	PN	PS	Q	R
Number of sample trees	3	3	6	6	5	5	3	4	4	3	3	3	5
Total years of record	92	211	480	429	466	501	282	401	296	250	128	132	250
Total years with fire	3	5	10	8	12	13	13	15	7	8	5	3	3
Total number of fire scar	8	11	29	20	26	24	16	22	16	12	11	10	12
Mean fire return interval	9.3	12.3	8.6	9.0	11.0	10.3	10.1	10.4	9.3	16.3	9.5	19.0	16.0
Min. fire interval	3	2	2	2	2	2	2	2	5	2	3	9	8
Max. fire interval	21	28	14	18	31	34	33	36	17	36	15	29	24

accumulation of leaf litter and twigs against the uphill side of stems results in a higher fire intensity and duration on the uphill side of the trees(Whelan, 1995). When a fire moves to the uphill side, fire scarring tends to be concentrated on the uphill side. As wind eddies, a back-fire burning into the wind causes elevated temperature at the bark and it continues in the cambium layer for some time, whereas a head-fire may produce greater peak temperatures in the outer bark for a much shorter duration than back-fire(Whelan, 1995).

Seventy-three of datable fire scar directions were measured from the 270 number of fire scars, and the direction of the fire scar relative to the downslope of the terrain was plotted. Three slope categories were defined : upslope ($\geq 135°$ and $\leq 180°$ of downslope direction), sideslope($45° \geq$ and $135°$ on either side of the downslope direction) and downslope($45°$ of downslope direction). As the result of fire scar direction in the Samcheok LTER area shows that, 58(79.5%) of fire scars occurred in the upslope direction, 15(20.5%) of fire scars were in the side slope, and there were no fire scars in the downslope direction(Fig. 4).

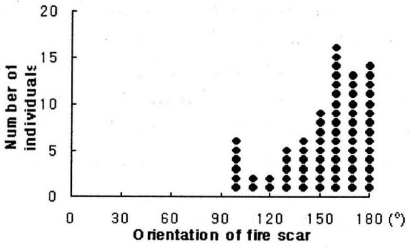


Fig. 4. Orientation of fire scar relative to downslope side of stem.

4. Fire seasonality

The relative position of fire scar within rings can reveal seasonal patterns of fire occurrence at a given site. Two-hundred and seventy individual fire scars in 60 cross-sectional disks were examined and the relative position of fire scar within the rings were classified. The season of the fire scar were classified into three types according to the position of the fire scar in the annual ring. Scars in the earlywood(E), which were formed at almost the ring boundary occurred just in the beginning of the growing season. Scars in the late-earlywood(LE) occurred in the late spring and early summer, and in such cases false-ring were usually formed. Scars in the latewood(L) most likely occurred in the late fall season(Fig. 5). However it can be limited to classify seasonal fire by position of the scar within rings because the initiation and cessation of cambial growth may vary by year, tree age, micro-site, and species (Stephens, 2003). Seasonal position of 270 fire scars were determined the 39 of fire year from the Samcheok Fire LTER Site fire chronology. Of these, 77.8% were identified as earlywood scars, 15.6% as late-earlywood scars and 6.7% as latewood scars.

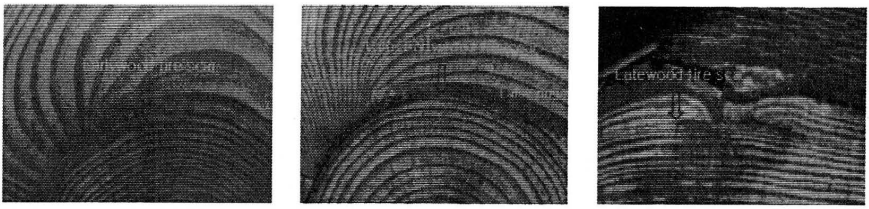


Fig. 5. Intra-annual ring position of fire scars of three types. (A) Earlywood fire; (B) Late-Earlywood fire; (C) Latewood fire.

These percentages confirm that fire season runs from early to late spring, which is nearly consistent with the modern fire occurrence data. In the recent years of 1991~2002, 54 forest fires were recorded in Samcheok provnce. Of these, 75.9% of fires were recorded in the spring(March to May), 11.1% of fires were in the fall season(September to November), and 13.0% of fires were in the winter season(December to next year's February).

REFERENCE

1. Arno S. F. and K. M. Sneck. 1977. A method for determining fire history in coniferous forests of the Mountain West. Gen. Tech. Rep. INT-42. 28p.
2. Brown, P. M. and H. S. Carolyn. 1996. Fire History in Interior Ponderosa Pine Communities of the Black Hills, South Dakota, USA. Int. J. Wildland Fire 6(3) : 97-105.
3. Brown, P. M. and T. W. Swetnam. 1994. A Cross-dated fire history from coast redwood near redwood National Park, California. Can. J. For. Res. 21 : 21-31.
4. Carprio A. C., Brain Knaus and Dylan Keris. 1999. Annual Fire Report. Sequior and Kings Canyon National Park. pp.60-77.
5. Forest service. 2000. The precise investigation report of the 2000' east coast fire (I). 533p.
6. Gray R. and E. Riccius. 1999. Historical fire regime for the Pothole Creek interior Douglas-fir research site. British columbia. p.32.
7. Guyette R. P. and M. A. Spetich. 2003. Fire history of oak-pine forest in the Lower Boston Mountains, Arkansas, USA. Forest Ecology and Management 180 : 464-474.
8. Madany M. H., T. W. Swetnam and N. E. West. 1982. Comparison of two approaches for determining fire dates from tree scars. For. Sci. 28 : 856-861
9. Pumijumnong, N. and D. Eckstein. 1995. Tree-ring research on *Tectona grandis* in northern Thailand. IAWA Journal 16 : 385-392.
10. Schweingruber F. H. 1996. Tree Rings and Environment Dendrology. Paul Haupt Berne. pp.217-239.
11. Shin, J. H., C. M. Kim., J. H. Lim. and J. S. Oh. 1999. Forest vegetation zone and ecosystem classification of the Korean peninsular. Proceedings of 1999 International symposium on environmental monitering in the East Asia. pp.68-77.
12. Stephens S. L., C. N. Skinner and S. J. Gill. 2003. Dendrochronology-based fire history of Jeffery pine-mixed conifer forests in the Sierra San Pedro Martir, Mexico. Can. J. For. Res. 33 : 1090-1101.
13. Stokes M. A. and T. L. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
14. Whelan R. J. W. 1995. The Ecology of Fire. Cambridge University Press. pp.45-67.
15. Wright H. A. and A. W. Bailey. 1982. Fire ecology; United States and southern Canada. John Wiley & Sons. pp.16-19.

한국산림측정학회지 7(2) : 70~78. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 70~78. 2004

산지이용구분방법의 문제점 및 개선방안[1]

박영규[2] · 권순덕[2] · 성규철[2]

Problems of Forest Land Use Classification Methods and their Improvements[1]

Young Kyu Park[2], Soon Duk Kwon[2] and Kyu Chul Sung[2]

요 약

본 연구는 산지이용구분방법과 관련한 현행산지이용구분방법의 문제점을 분석하고 효율적인 산지이용구분방법을 구명함으로서 차기 산지이용구분타당성조사시 산지이용관리체계 정비 및 산지개발정책수립시 활용할 수 있는 자료를 제공할 목적으로 수행되었다.

우리나라는 전국의 산지를 보전 및 준보전산지로 구분하고 있는데 산지이용구분방법이 수작업에 의해 비과학적인 방법으로 이루어지기 때문에 많은 문제점을 내포하고 있어 민원이 제기되는 등 일선 산림행정의 비효율성을 초래하고 있다. 그러나 국토연구원에서 구축한 연속지적도를 바탕도면으로 기구축된 용도지역지구도 · 수치산림이용기본도 · 임상도 · 입지도 · 수치지형도 등 6종의 지리정보자료를 이용하여 GIS기법으로 산지이용구분도를 작성하면 효율적으로 산림이용기본도 작성할 수 있다.

GIS기법에 의한 산지이용구분방법은 도면작성기간을 단축시킬 수 있으며, 도면작성후 전산화하는 현행의 이원적 방식을 개선하여 일원화함으로서 효율적으로 도면을 이용 · 관리 할 수 있으며, 1ha 이하의 소규모면적까지 구분할 수 있어 정밀성을 향상시킴으로서 산지이용구분도에 대한 신뢰성을 회복하고 일선산림행정에 효율성을 제고시킬 수 있을 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This study was carried out to analyze the problems of the current forest land use schemes and to identify efficient measures for forest land use zoning. The results of the study will provide the bases for re-structuring forest land use system and establishing forest land development policy.

Korean forest lands are divided into permanent and conversion forests. The criteria for forest land use classification and the manual mapping for this forest classification, which are non-scientifical methods, caused many problems incurring a lot of public grievance and resulted in inefficiencies of local forest administration. In terms of forest land use mapping, using the continuous cadastral maps digitized by the Korea Research Institute of Human Settlements as a base map while overlapping six kinds of digital maps such as use district map, forest land use base map, forest cover map, forest soil map and topographical map through GIS will improve the process of drawing up the forest land use base map and the efficiency of using

[1] 接受 2004年 9月 9日 Received on September 9, 2004.
[2] 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.

the digital map.

The forest land use classification by GIS will shorten the period of drawing up the map, compared to the current two-step approaches which are digitizing the map after the manual mapping which takes a long time to complete, and increase precision of the map by accommodating small areas less than 1 ha. These aspects will improve the credibility of the forest land use base map and the efficiency of local forest administration due to less expectations of the public grievance.

Key words : Forest land use system, Decentralization, sustainable forest management(SFM), Korea

서 론

우리나라는 전국의 산지를 생산, 공익, 준보전임지로 구분하고 있다. 생산임지는 집약적인 임업생산기능의 증진, 공익임지는 산림의 공익기능과 임업생산기능의 증진, 준보전임지는 임업생산 및 농림어민의 소득기반확대 및 산업용지로도 이용할 수 있도록 하고 있다. 현행 산지이용구분은 산림법의 규정에 의해 구분되었으나 2002년 산지관리법이 제정되면서 산림법상의 산지이용구분에 관한 규정이 산지관리법으로 분리되었다.

산지이용구분에 관한 산림법상의 법·규정에서는 전국의 산지를 생산임지, 공익임지, 준보전임지로 구분하는데 산림청장은 매 10년마다 산지이용에 관한 조사를 실시하고 조사결과에 따라 산림이용기본도를 작성하도록 되어있다. 이 경우 산림청장이 산림이용구분조사지침을 작성해야하며, 시·도지사·지방산림관리청장은 조사지침에 의하여 임지별 구분조사를 실시하도록 되어 있다. 한편, 산림청장은 국립산림과학원장에게 산림이용기본도의 작성을 위임할 수 있는데, 국립산림과학원장이 기본도를 작성할 경우 시·도지사·지방산림관리청장에게 통지하고, 시·도지사·지방산림청장은 시장·군수·국유림관리소장에게 임지별 구분내역 등을 현지 확인·조사하도록 되어있다. 그리고 시장·군수·국유림관리소장은 현지를 조사하여 기본도안을 수정·보완하고 이를 시·도지사·지방산림관리청장을 거쳐 국립산림과학원장에게 제출하며 원장은 기본도안을 수정·보완하여 산림청장에게 보고하고 산림청장이 기본도안을 검토하여 확정하도록 되어있다.

산림청장이 보전임지를 지정·고시 할 경우 도면번호, 도면명칭, 대표적인 행정구역 명칭, 보전임지구역을 표시하여 시·도지사·지방산림관리청장에게 통지하며, 시·도지사·지방산림관리청장은 행정구역별 면적을 확정하기 위해 시장·군수·국유림관리소장에게 세부조사를 지시하고, 시장·군수·국수·국유림관리소장은 임야도에 임지별 경계를 표시한 후, 행정구역별 면적조사 후 확정해야 한다.

제정된 산지관리법에서는 산지의 합리적인 보전과 이용을 위하여 전국의 산지를 공익용산지, 임업용산지, 준보전산지로 구분하며, 산림청장은 지형, 자연경관, 산림생태계조사를 실시하며, 조사결과에 의해 산지이용구분도를 작성하도록 되어 있다. 산림청장은 국유림관리소장·시장·군수·구청장에게 현지조사를 위임할 수 있는데, 국유림관리소장·시장·군수·구청장이 현지를 확인하여 산림청장에게 산지이용구분도(안)을 제출하면 산림청장이 산지이용구분도(안)을 검토하여 확정한다. 국유림관리소장·시장·군수·구청장은 확정된 산지이용구분도에 의하여 대장을 작성하여 비치해야 한다. 한편, 산지관리법에서는 산지이용구분타당성조사를 실시하도록 하고 있는데 산림청장은 10년마다 산지이용구분이 타당한지여부를 조사하고 그 결과를 산지이용구분도에 반영하도록 규정하고 있다.

산지이용구분기준

1. 산림법상 산지이용구분기준

현행 산림이용기본도는 산림법상의 산지이용

구분기준으로 작성되었는데 생산임지의 구분기준은 요존국유림, 채종림, 시험림, 임업진흥촉진권역 등 법정용도지역, 경사 21도 이상 및 소밀도 중 이상의 산림과 인공조림지로서 20ha 이상으로 단지화 되어 있는 산림, 토양비옥도 Ⅲ급지 이상의 산림과 불요존국유림으로서 10ha 이상으로 단지화된 산림, 지방자치단체의 장이 임업생산목적으로 사용하고자 하는 산림, 기타 생산임지와 생산임지 사이에 개재 또는 연접되어 있거나 산능선 부위에 위치하여 생산임지의 보호 또는 단지화된 산림경영에 필요하다고 인정되는 산림으로 되어 있다.

공익임지의 구분기준은 보안림·천연보호림·휴양림·사방지·조수보호구·공원·문화재보호구역·사찰림·상수원보호구역·개발제한구역·보전녹지지역·자연생태계보전지역 등 개별법률에 의하여 특정목적으로 보전하기 위해 지정·결정된 산림과 국토이용계획도상 자연환경보전지역 안의 산림, 5대강유역의 수자원보전을 위하여 산림청장이 지정한 산림 중 국유림과 환경정책기본법 제22조의 규정에 의하여 수질보전을 위하여 지정된 특별대책지역안의 산림 중 산림청장이 지정하는 5대강유역 수자원보전림 지정기준에 맞는 국유림, 산림이 자연상태 및 이에 가까운 녹지이거나 생태계가 우수하고 생물다양성이 풍부하여 이의 보호가 필요한 국유림으로서 환경부장관과 산림청장이 협의하여 정하는 산림, 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장이 공익임지의 용도로 사용하고자 하는 산림으로써 산림청장과 협의된 산림, 기타 산림청장이 산림의 공익기능 증진을 위하여 필요한 산림이다.

준보전임지의 구분기준은 도시지역, 농지개발촉진지역, 개간지역, 도로 및 철도, 전원개발구역, 공업지역, 산업기지개발구역, 공업단지, 공업유치지역, 공업개발장려지구, 수몰지역 등 개별법률에 의하여 특정목적으로 이용·개발하기 위한 산림, 국가 또는 지방자치단체에서 특정목적으로 이용·개발하고자하는 산림 중 필요하다고 인정되는 산림, 산림의 형상(토지임야 등)과 국토이용계획상 준농림지역, 준도시지역 등 임업이외의 용도로 이용할 가능성이 높은 산림이다.

2. 산지관리법상 산지이용구분기준

제정된 산지관리법상의 기준은 산림법과 유사하지만 용어에 있어서 약간의 차이가 있다. 임업용산지의 구분기준으로는 요존국유림, 채종림, 시험림, 임업진흥촉진권역의 산지와 형질이 우량한 천연림 또는 인공조림지로서 집단화되어 있는 산지, 산림토양이 비옥하여 임목생육에 적합한 산지, 요존국유림 외의 국유림으로서 산림이 집단화된 산지, 지방자치단체의 장이 임업생산목적으로 사용하고자 하는 산지, 기타 임업의 생산기반조성 및 임산물의 효율적 생산을 위한 산지로 되어 있다.

공익용산지의 구분기준은 보안림, 산림유전자원보호림, 사방지, 산지전용제한지역, 조수보호구, 공원, 문화재보호구역, 상수원보호구역, 개발제한구역, 국토의계획및이용에관한법률에 의한 녹지지역 중 대통령령이 정하는 녹지지역, 자연생태계보전지역, 독도 등 도서지역의생태계보전에관한특별법에 의한 특정도서의 산지, 사찰림, 법률에 의하여 환경보전 등의 목적으로 보전하기 위한 지역 등으로 지정 또는 결정된 산지, 수질 및 수자원보전을 위하여 필요한 산지, 도시주변 또는 산업단지의 환경오염방지 등을 위하여 필요한 산지, 산림생태계·자연경관 또는 생활환경보호를 위해 필요한 산지, 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체장이 공익임지의 용도로 사용하고자 하는 산지이며, 준보전산지는 임업용산지 및 공익용산지 외의 산지로 되어있다.

산지이용구분타당성조사방법 및 기준절차로는 지형, 입지, 보전 또는 이용가능성 등 산지의 특성이 합리적으로 반영되었는지 여부와 다른 법령의 규정에 따라 산지를 특정용도로 이용하기 위해 지정 또는 결정된 지역·지구 및 구역 등이 산지의 구분에 반영되었는지 여부, 산지관리의 정책방향과 산지이용수요전망 및 사회·경제적 여건 변화에 따라 산지이용구분이 필요한지 여부 등이다.

산림이용기본도 작성방법

산림이용기본도는 국립지리원 발행 축척 1/25,000 지형도상에 작성하였으며, 1/25,000 지

형도가 발행되지 않은 도서지방은 1/50,000 지형도에 작성하였다. 최소구분단위는 1ha 이상, 폭 25m 이상이며 산림이용기본도 작성자료는 시·군·관리소 보유자료 및 관련부처 자료와 임업연구원에서 보유하고 있는 임상도 및 입지도, '85년 및 '91년 고시한 산지이용기본도 등이다.

1. 산림이용기본도 작성절차

1) 임경지구분

산림이용기본도를 작성하기 위해 가장먼저 임지와 경지를 구분하는데 임경지구분은 임업연구원에서 발행한 임상도와 1/25,000도면의 지류선을 활용하여 투시대를 이용하여 구분한다.

2) 법정 생산·공익임지 및 산업임지구분

개별법에 의해 보전목적의 용도지역으로 지정·관리되고 있는 요존국유림·채종림·시험림·임업진흥촉진권역 등 생산임지와 공원·보안림·천연보호림·휴양림 등의 공익임지, 초지·택지·온천개발지 등 개발목적의 산업임지 등의 자료를 임야도에 지번별로 표시한 후 투시대를 이용하여 구분한다.

3) 기타생산 및 준보전임지구분

기타 생산임지 및 준보전임지를 구분하기 위하여 임지별 세부구분기준 등 기본도 작성요령에 의거, 임업연구원에서 보유하고 있는 '85년 및 '91년에 고시한 산지이용기본도면, 임상도, 입지도를 근간으로 국가 및 지방자치단체의 산지이용수요와 임지별 용도조정 요청수요를 검토하여 생산 및 준보전임지로 구분한다.

4) 산림이용기본도 확정

기본도안이 완성되면 시·군·국유림관리소의 현지확인을 거쳐 수정·보완하여 확정한다.

2. 보전임지대장작성 절차 및 방법

산림청장이 산림이용기본도를 고시하면 시장·군수 또는 관리소장은 임야도에 임지별 경계를 표시하고 행정구역별 면적을 조사하여 확정한다.

1) 필지별 지적현황 발췌

시·군에서 보전임지대장을 작성하기 위해서는 지적부서의 협조를 받아 관내 임야에 대한 필지별 지적현황을 발췌하여 행정구역별, 필지별 면적을 작성한다.

2) 임야도상 임지별 경계구분

고시된 산림이용기본도에 임업연구원에서 배부한 임야도(1/25,000)를 투시대를 사용하여 임야도를 일치시킨 후 능선, 계곡, 도로 등 지형도상의 자연경계를 활용 임지별 경계를 구분한다.

3) 면적확정

임야도상에 구분된 경계에 의해 대장을 작성하는데 1개 필지가 보전임지와 준보전임지로 구분될 경우 격자판이나 구적기 등을 이용하여 임지별 면적을 확정하여 대장을 작성한다. 보안림이나 상수원보호구역 등 개별법률에 의거 지번·지적이 확정된 법정용도지역은 임지별로 확정된 것으로 보고 대장작성을 작성한다.

산지이용구분방법의 문제점

1. 주변임지구분과의 형평성 결여

현행 산림이용기본도는 '85년도에 고시한 산지이용도면을 근간으로 작성되었다. '85년 고시당시 개간촉진지역, 산업유치지역 등 개발목적의 개별법에서 지정한 개발목적의 용도지역은 준보전임지로 구분되었는데 '97년 고시당시 그대로 준보전임지로 구분하였다.

또한, '97년 고시당시 중앙부처나 지방자치단체에서 요구한 개발수요를 대부분 반영하여 준보전임지로 구분하였는데 현재까지 그대로 방치되고 있다. 이들 개발수요는 면적이 광대할 뿐 아니라 경사나 산림의 형상을 불문하고 수용하였기 때문에 주변임지구분과의 형평성이 결여되어있다.

2. 위치표기의 부정확성

산림이용기본도를 작성하기 위해서는 임야도에 필지별로 위치를 표시한 후 투시대를 이용하여 산림이용기본도와 일치시켜야하는데 산림이

용기본도는 등고선과 능선, 계곡 등 곡선형태로 구성되어 있으며, 임야도는 평면형태의 직선이기 때문에 일치시키는데 상당한 숙련을 요한다. 특히 임야도의 경우 시 · 군에서 보유하고 있는 1/6,000 축척의 임야도를 산림이용기본도면과 동일한 축척인 1/25,000으로 축소한 것으로 사진 촬영시의 오차, 인화단계에서 발생하는 오차 등으로 정확하게 일치시키는 것은 사실상 불가능하다. 또한, 산림이용기본도 작성에 필요한 자료들의 축척이 1/1,200, 1/5,000, 1/6,000, 1/50,000 등 다양하여 산림이용기본도(1/25,000)에 위치를 표기하는데 기술과 숙련을 요한다.

3. 대장작성시 오차발생

시 · 군에서 고시된 산림이용기본도에 의해 대장을 작성하는데 대장작성방법이 수작업으로 이루어지기 때문에 정확한 대장작성이 사실상 불가능하여 산지이용업무의 비효율성을 초래하고 있다. 상기한바와 같이 산림이용기본도와 임야도를 투시하여 일치시키는 과정에서 오차가 발생하고, 1/25,000 임야도에서 1/6,000 임야도에 이사하는 과정에서 오차가 발생하며, 격자판에 의해 면적을 구적하는 과정에서 오차가 발생한다. 또한, 구적한 면적을 대장에 이기하는 과정에서 오차가 발생할 수 있으며, 산림이용기본도상에서 임야도상에 위치를 표시하는 과정상 누락으로 인한 오차가 발생할 수 있다.

4. 다수 민원 발생

산림이용기본도는 1/25,000축척으로 작성되어 최소구분단위가 1ha 이상, 25m 이상의 선상지이기 때문에 개발 가능한 소규모면적을 준보전임지로 반영하지 못함에 따른 민원과 격자판에 의한 면적구적으로 사실상 정확한 면적산출은 불가능함에도 불구하고 정확한 위치 및 면적산출을 요구하는 다수민원이 발생하고 있다.

5. 장시간 소요

산림이용기본도 작성방법이 수작업으로 이루어지기 때문에 장시간이 소요된다. '85년 고시당시 약 15명 작업으로 5년, '97년 고시당시 10명 작업으로 4년이 소요되었다.

GIS기법에 의한 산지이용구분도 작성방법

산지이용구분도 작성에 따른 여러 가지 문제점을 해결하기 위해서는 GIS기법을 이용하면 위와 같은 문제점을 해결할 수 있다. GIS기법에 의한 산지이용구분도 작성방법은 국토연구원에서 구축한 연속지적도를 바탕도면으로 하

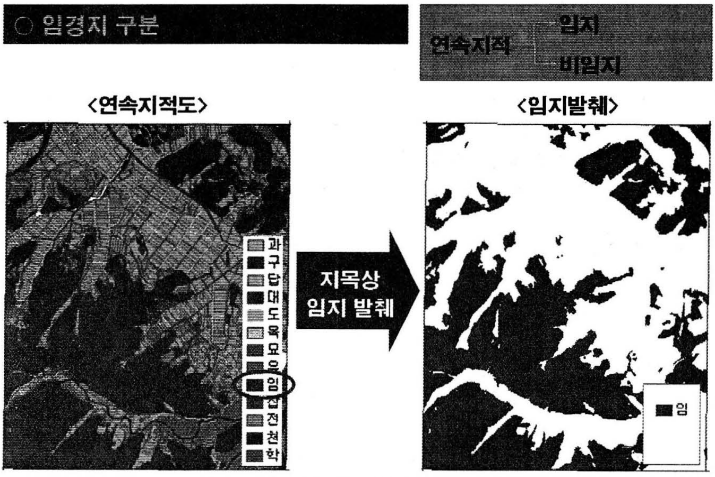


그림 1. 연속지적도를 이용한 임경지 구분

그림 2. 용도지역지구도를 이용한 법정용도지역 구분

여 기 구축된 지리정보자료를 이용하였다. 본 연구에서 사용된 수치자료는 국토연구원에서 구축된 연속지적도와 용도지역지구도, 국립산림과학원의 수치산림이용기본도와 임상도, 입지도, 그리고 국립지리원의 수치지형도 등 6종의 수치화된 지리정보자료이다.

1. 임경지구분

임경지구분은 국립지리원에서 구축한 연속지적도를 이용하여 구분하였다. 연속지적도는 지적도 전산파일을 TM 평면직각좌표계로 변환하여 연속된 형태의 GIS데이터를 출력한 도면이다. 그리고 연속지적도는 지목이 "임"뿐만이 아니라 전, 답, 도로, 하천 등 비임지도 포함되어 있기 때문에 이중 지목이 "임"만을 발췌하면 임경지를 구분할 수 있다. 또한 연속지적도는 필지별 경계는 물론 지번별로 속성정보를 이용할 수 있어 정밀성 향상과 업무시간단축 등 산지이용업무의 효율성을 제고할 수 있다.

2. 법정용도지역 구분

법정용도지역 구분은 국토연구원에서 구축한 용도지역·지구도를 활용하여 구분할 수 있다. 용도지역·지구도란 국토의계획및이용에관한법률, 농지법 및 산림법 등 법령의 규정에 의해 토지이용과 관련하여 작성된 자료 및 관련법령에 의해 위임받아 지방자치단체조례로 정하는 용도지역지구자료, 또한 용도지역·지구와 유사한 성격의 토지이용규제를 수반하는 각종계획경계 또는 구획경계를 표시한 도면을 말한다. 용도지역·지구지정은 국토의계획및이용에 관한법률 등 개별법에서 다양한 축척형태의 도면으로 제작되었으며, 자료의 관리에 있어서도 각 부서별로 관련업무의 특성에 따라 관리하고 있다.

그러나 현재의 용도지역·지구 관련 자료들은 구체적인 작업방법과 절차 없이 경험과 주관에 의존하여 생산되고 있기 때문에 관련용도지역·지구의 공통경계선이 불일치하거나 논리적 불부합 문제가 발생하고 있어 일선행정기관에서는 많은 민원이 발생하고 행정업무처리에 비효율성을 초래하고 있다. 따라서 국토연구원에서는 일선행정업무의 효율성을 제고하기 위하여 기존의 용도지역·지구 관련 자료들이 내포하고 있는 불부합문제 등 각종 문제점을 개선하여 용도지역·지구도를 구축하였다. 용도지역·지구도는 산지관리법에서 규정하고 있는 요존국유림 및 임업진흥촉진권역 등 법정 임업용산지와 공원 및 보안림 등 법정 공익용산지, 그리고 도시계획구역 등이 포함되어 있어 연속지적도에 용도지역·지구도를 중첩하여 법정용도지역을 구분할 수 있다.

그림 3. 산지전용자료를 이용한 타용도 전용지역 구분

3. 타용도 전용지역 구분

타용도 전용지역 구분은 시 · 군 · 구 · 국유림 관리소에서 초지, 택지, 공장 등 타용도로 전용된 자료를 수집하여 구분한다. 구분방법은 1개 필지 전체가 전용된 것은 연속지적도상에서 직접 표기하면 되고, 1개의 필지중 일부가 전용된 필지에 대해서는 위치도를 수집하여 디지타이징(digitizing)하여 구분한다.

4. 기타 임업용산지 및 준보전산지 구분

기타 임업용산지 및 준보전산지 구분은 '97년도에 고시한 수치 산림이용기본도를 활용하며 '85년도 개별법에 의한 개발예정지구로 구분된 산지 중 방치된 산지와 '97년 지방자치단체의 개발수요로 구분된 산지 중 계발계획이 취소되어 방치된 산지 등 주변임지구분과의 형평성이 결여된 산지를 경사도 및 주변임지구분

그림 4. 산지이용구분 기준을 반영한 산지이용구분도 작성

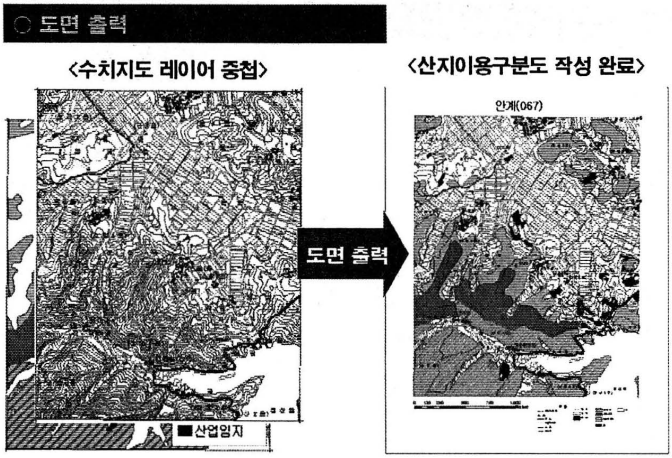


그림 5. 산지이용구분도의 출력

과의 형평성, 지형여건 등을 고려하여 디지타이징(digitizing)하여 구분한다. 또한 국토이용관리법과 도시계획법이 통합됨에 따라 '97년 준보전임지로 구분되었던 도시계획구역에 대해서도 경사도 및 주변임지구분과의 형평성, 지형여건 등을 고려하여 디지타이징(digitizing)하여 구분한다.

5. 산지이용구분도 출력

완성된 산지이용구분도에 국립지리원발행 1/5,000 수치지도 레이어를 중첩하여 출력한다.

결론 및 고찰

우리나라는 전국의 산지를 생산, 공익, 준보전임지로 구분하고 있으며, 생산임지는 집약적인 임업생산기능의 증진, 공익임지는 산림의 공익기능과 임업생산기능의 증진, 그리고 준보전임지는 임업생산 및 농림어민의 소득기반확대 및 산업용지로도 이용할 수 있도록 하고 있다.

이와 같은 용도구분은 매 10년마다 이루어지는데 산지의 개발가능성과 제약성을 결정짓는 중요한 요인으로 작용한다. 그러나 산지이용구분방법이 수작업에 의해 비과학적인 방법으로 이루어지기 때문에 많은 문제점을 내포하고 있어 민원이 제기되는 등 일선산림행정의 비효율성을 초래하고 있다. 따라서 본 연구에서는 10년을 경과하는 현시점에서 지방자치제도하에 지속가능한 산림경영(SFM) 도모와 산지이용의 효율성 증진 및 합리적인 산지이용구분방법을 모색하였으며 주요 내용은 다음과 같다.

1. 우리나라는 산림법에 의해 매 10년마다 전국의 산지에 대해 산지이용에 관한 조사를 실시하고 그 결과를 바탕으로 새롭게 산림이용기본도를 작성하도록 규정하고 있다. 이와같은 규정은 산지관리법이 제정되면서 산지관리법으로 분리되어 그 내용이 변화되었다. 산지관리법에서는 전국의 산지에 대하여 임업용, 공익용, 준보전산지로 구분하도록 하고 있으며, 매 10년마다 현행 산지이용구분이 타당한지의 여부를 조사하여 그 결과를 바탕으로 산지이용구분도를 수정·보완하도록 되어 있다.

2. 현행 산림이용기본도는 '85년도에 고시한 산지이용도면을 바탕으로 작성되었다. 고시당시 개별법에서 지정한 개발목적의 용도지역은 준보전임지로 구분되었으며, '97년 고시당시 그대로 준보전임지로 구분하였다. 이러한 준보전임지는 '97년 고시당시 중앙 및 지자체에서 요구한 개발수요를 대부분 반영하기 위해 구분되었기 때문에 면적이 광대할 뿐만 아니라 경사나

산림의 형상을 불문하고 수용하여 주변임지구분과의 형평성이 결여되어 있다.

3. 산림이용기본도를 작성하기 위해서는 임야도에 필지별로 위치를 표시하고 투시대를 이용하여 산림이용기본도와 일치시켜야 한다. 그러나 산림이용기본도면은 곡선형태로 평면 · 직선형태의 임야도를 일치시키는데 상당한 숙련을 요하며 오차가 발생할 수 있다. 또한 임야도의 제작 단계상의 오차와 임야도에 위치표시 과정상의 오차, 면적구적 과정상의 오차 그리고, 대장에 면적을 이기하는 과정상의 오차 등 비과학적인 산지이용구분방법상의 문제로 인해 구조적으로 오차가 발생하고 있다. 또한 수작업으로 이루어지기 때문에 장시간이 소요된다.

4. 개선방안으로는 GIS기법을 이용하여 산지이용구분도를 작성하면 산림이용기본도 작성에 따른 문제점을 모두 해결할 수 있다. GIS기법에 의한 산지이용구분도 작성방법은 국토연구원에서 구축한 연속지적도를 바탕도면으로 하여 기 구축된 지리정보자료를 이용하였다.

본 연구에 사용된 자료로는 국토연구원의 연속지적도, 용도지역지구도, 국립산림과학원의 수치산림이용기본도, 임상도, 입지도, 그리고 국립지리원의 수치지형도 등 6종의 지리정보자료이다.

5. GIS기법에 의한 산지이용구분방법은 도면작성기간을 단축시킬 수 있으며, 산지이용구분도 작성 후 전산화하는 현행 이원적 방식을 개선하여 도면작성 및 전산화를 일원화 할 수 있고 전산화된 도면을 효율적으로 이용 · 관리 할 수 있다. 또한 산지이용구분도를 1/5,000 축척으로 작성함으로서 1ha 이하의 소규모 면적까지 구분 가능하고, 정밀성을 향상시켜 산지이용구분도에 대한 신뢰성 회복 및 일선산림행정에 효율성을 제고시킬 수 있다.

인 용 문 헌

1. 건설교통부. 2001. 국토기본법 제정을 위한 기초연구. p.436.
2. 건설교통부. 2003. 토지종합정보망사업에 관한규정. p.158.
3. 국토개발연구원. 1988. 산지관련법제연구. p.127.
4. 박영규. 2001. 환경친화적 산지개발의 기준과 지표설정에 관한 연구. p.198.
5. 박영규. 2002. 자연친화적 산지개발에 관한 연구. 산림과학논문집 제65호. pp.56-69.
6. 산림청. 2001. 산림법령편람. pp.43-61.
7. 산림청. 2000. 산지전용타당성 평가기준 정립에 관한 연구. p.194.
8. 산림청. 2002. 산지전용허가기준 법제화 방안에 관한 연구. p.191.
9. 산림청. 2003. 산지관리법편람. p.243.
10. 산림청. 2003. 산지관리업무편람. p.191.
11. 유병일. 2000. 한국과 일본의 산지관리 제도. 임업연구원 연구자료 제169호. p.717.
12. Krystof Obidzinski and Christopher Barr. 2003. The Effects Decentralization on Forests and Forest Industries in Berau District, East Kalimantan, p.33.
13. Byoung Il Yoo. 1997. South Korea : Reforestation for Timber and Conservation, J. of Forestry Vol.95, No.10, pp. 38-39.
14. Ahmad Dermawan and Ida Aju Pradnja Resosudarmo. 2002. Forests and Regional Autonomy : The challenge of sharing the profits and pains, pp. 325-357, In Which Way Forward?, People, Forests, and Policymaking in Indonesia, Edited by Carol J. Pierce Colfer & Ida Aju Pradnja Resosudarmo, Resources for the Future, Washington, DC, USA.

한국산림측정학회지 7(2) : 79~87. 2004
Korean Journal of Forest Measurements 7(2) : 79~87. 2004

GIS기법을 이용한 도시림 휴양공간 적지평가[1]

- 경기도 포천지역에 대한 사례연구 -

유리화[2] · 함보영[3] · 박찬우[2] · 윤은용[2]

Accessing Suitability of Recreational Area in Urban Forests by the GIS Technique[1]

- A Case Study on Pocheon City in Gyeonggi Province -

Rhee Hwa Yoo[2], Bo Young Ham[3], Chan Woo Park[2] and Eun Yong Youn[2]

요 약

본 연구는 경기도 포천시 화현면 소재 국유림을 대상으로 지리정보시스템에 의하여 도시림 휴양공간의 적지로 평가되는 입지를 선정함으로써, 향후 도시림 휴양공간 조성을 위한 적지평가에 GIS기법을 도입하는 방안을 모색하는데 목적을 두고 수행하였다. 도시림 휴양공간 적지를 평가하기 위한 인자로 영급, 임상, 소밀도, 임종, 수계(계곡), 경사, 표고 및 도로접근성 등 8인자를 선정하고, 인자별 점수 및 중요도를 고려한 가중치를 부여하여 최적지를 분석하였다.

이와 같이 도시림 휴양공간 적지평가을 위해 GIS기법을 활용함으로써 식생 인자, 입지 인자 및 접근성 인자 등을 고려하여 합리적이고 효율적으로 적지를 선정할 수 있었다. 다만, 도시림 휴양공간 조성을 위해서는 도시림이라는 공간적 특수성을 고려한 사회 · 경제적 인자의 검토가 요구되는 바, 향후 적지평가를 위해서는 이에 대한 선행검토가 있어야 할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the suitable area for recreational region in urban forests at Pocheon City in Gyeonggi Province using GIS technique. The eight factor made a selection of evaluating the suitable area for recreational region in urban forests, that is, age class, forest cover type, crown density, water, slope, altitude and the accessibility from road. And the final suitable region was analyzed to give a score by the factor and the weight. The results showed that it was suitable technique for GIS that evaluate the recreational function by regarding for biological, geomorphological and accessibility factor. But, it was required that previously investigate the social and economic factors that related with the characteristics of urban area.

Key words : evaluation of suitable area for forest recreation, urban forests, GIS technique, forest recreational function

서 론

도시화 및 소득 증가, 그리고 주5일 근무제 도입에 의한 여가시간의 증대는 산림휴양수요의 폭발적 증가라는 사회적 변화를 불러일으키는 요인이 되었다. 자연공원을 비롯한 자연휴양

[1] 接受 2004年 9月 18日 Received on September 18, 2004.
[2] 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute.
[3] (주)비엔티솔루션 B & T Solution.

림, 산림욕장 등 여러 형태의 산림휴양공간이 국민들의 야외휴양 욕구를 만족시키는 장소로 각광받고 있으며, 특히 원거리에 위치한 산림공간에서 뿐만 아니라 거주지 근처의 산림, 즉 도시림에서의 휴양수요가 크게 증대되고 있는 추세에 있다.

도시림은 환경친화적 도시 조성을 위한 노력의 시발점으로서 그 기능 및 역할은 매우 크다고 할 수 있으며, 이미 중앙정부나 지방자치단체 차원에서 도시림의 다양한 공익적 기능제고를 위한 노력을 경주하고 있다. 특히, 도시림은 인구가 밀집된 도시생활권에 조성되어 있음으로써 도시민의 다양한 휴양욕구를 만족시킨다는 측면에서 매우 중요한 기능을 한다.

따라서, 이와 같은 도시림의 휴양기능을 제고하기 위해서는 우선, 증대되는 도시림의 휴양적 이용수요를 충족시킬 수 있는 공간을 확대하는 것이 필요하다. 한국관광연구원 연구결과(2001), 주5일 근무제가 도입됨으로써 당일 · 숙박 여가활동 수요가 2007년까지 연평균 약 6.8% 증가할 것으로 예상하고 있으나 공급측면에서 이를 수용할 수 있는 공간이 매우 부족한 것이 현실이다. 특히, 인구가 밀집된 도시지역 주변은 더욱 심각한 실정으로 국토연구원 연구결과(2002), 2007년에는 수도권 여가수요의 26.9%, 2011년에는 36.0%의 과부족이 발생하고 부족현상은 점차 심화될 것으로 전망하였다. 따라서, 증대되는 휴양수요에 대처하는 새로운 휴양공간의 조성이 시급하다고 할 수 있으며, 이를 위한 공간으로서 도시생활권 가까이에 존재하는 도시림의 활용방안을 모색하는 것이 필요하다.

또한, 휴양공간의 양적 확충과 함께 고려해야 하는 것이 이용자의 만족도를 높일 수 있는 질 높은 휴양공간의 조성이다. 이와 같이 질 높은 휴양공간을 제공하기 위해서는 적지평가기준에 의한 휴양지 조성이 필수적인데(김재준 등, 2003), 휴양공간 적지평가는 대상지역의 토지이용에 있어서의 타당성 뿐만 아니라 휴양지가 가지는 특성에도 부합되는가를 평가하는 것이어야 한다(김대권, 2001). 최근에는 컴퓨터 과학의 급속한 발전과 방대한 관련 기초 자료의 전산화로 인해 다양한 분야에서 지리정보시스템(Geographic Information System)을 활용한 적지평가 분석이 이루어지고 있다. 이미 지리정보시스템이나 컴퓨터 매핑(Mapping) 체계는 개인 컴퓨터를 활용하여 다양한 정보자료의 분석은 물론, 복합적인 산림공간분석을 쉽게 수행할 수 있도록 해주고 있다.

산림분야에서도 산림의 다양한 기능 평가를 통한 구분에 있어서 보다 쉽게 접근할 수 있는 여건이 조성되고 있으며, 이러한 지리정보시스템은 산림의 목재생산기능 뿐만 아니라 산림의 공익적 기능의 평가에까지 이용되는 등 산림관리 전반에 효율적인 공간분석도구로 활용되고 있다(최조룡 등, 2003).

이와 같은 배경에 따라 본 연구는 경기도 포천시 화현면 소재 국유림을 대상으로 지리정보시스템에 의하여 도시림 휴양공간의 적지로 평가되는 입지를 선정함으로써, 향후 도시림 휴양공간 조성을 위한 적지평가에 있어 GIS 기법을 도입하는 방안을 모색하는데 목적을 두고 수행하였다.

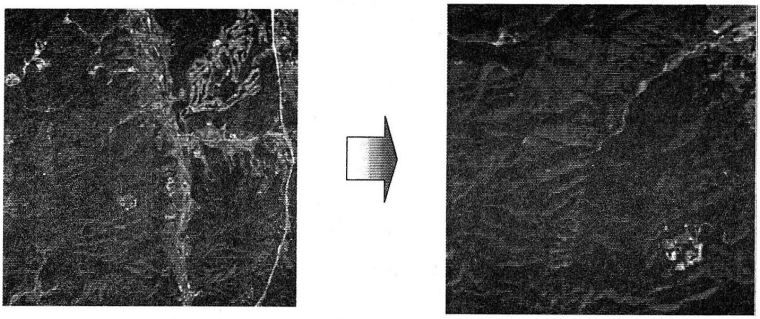


그림 1. Spot5 인공위성 영상으로 알아본 연구대상지역

연구자료 및 방법

1. 연구자료

연구대상지역은 행정구역상 경기도 포천시 화현면 지현리 및 명덕리 일대 산림청 소관 국유림으로, 동경 127°15′~127°16′, 북위 37°54′15″~37°52′50″에 위치하고 있으며, 총 면적은 약 277ha에 이른다(그림 1).

연구대상지역은 산림식물대상으로 온대 중부림에 속하며, 천연림이 약 199.52ha로 전체 사례지역 면적의 72.03%를 차지한다. 주요 임상은 혼효림, 활엽수림, 소나무 등이며 각 임상별 해당면적 및 비율은 표 1과 같다.

표 1. 연구대상지의 주요 임상 분포 (단위 : ha, %)

임 종	임 상	면 적	비 율
합 계		277.0	100.0
천연림	소 계	199.52	72.03
	혼효림	115.35	41.64
	활엽수림	84.17	30.39
인공림	소 계	72.99	26.35
	잣나무	52.05	5.44
	낙엽송	5.88	2.12
	소나무	15.06	18.79
미립목지·제지		4.49	1.62

표 2. 평가인자 선정을 위한 선행연구의 검토

연구자	평가인자 (고려인자)	카테고리						
최조룡 등 (2003)	경 사 도	41도 이상	31~40	21~30	11~20	10도 미만		
	도로접근성	400m 이상	300~400m	200~300m	100~200m	100m 미만		
	수계접근성	400m 이상	300~400m	200~300m	100~200m	100m 미만		
	임 상	미입목지	–	침엽수림	–	활엽수림		
	영 급	Ⅰ	Ⅱ~Ⅲ	Ⅳ~Ⅴ	Ⅵ~Ⅶ	Ⅷ		
	표 고	200m미만	200~400m	400~600m	600~800m	800m 이상		
성규철 등 (2003)	임 령	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
	임 상	침엽수림		혼효림		활엽수림		
	소밀도(%)	<50%		50~70%(중)		>70%(밀)		
	임 종	무입목지		인공림		천연림		
	수계(계곡)	없음		다소 있음		적절함		
	경 사	<10	10~20		20~30		>30	
	표고(100m)	<2	2~4	4~6	6~8	8~10	>10	
	도로접근(㎞)	<5	5~10	10~20	20~30	>30		
	배후시장 및 규모(만명)	<10	10~50	50~100	100~200	>200		
김재준 등 (2003)	○경 관 : 경관저해인자, 관망지점의 유무, 환경파괴 오염정도, 수계(계곡, 시냇물) 경관, 지형의 다양성 ○식 생 : 식생경관, 상층목 수령, 생육상태(울폐도), 침엽수림의 다소 ○수계(물) : 계곡·시냇물·폭포의 유무, 계곡 등의 수질 ○개발여건 : 토지소유권, 예상개발비(지형변경), 토지이용 제한요인, 지역주민의 이해도 및 요구도 ○접근성 : 인접도시와의 거리지수, 주차장 확보 ○휴양유발 : 휴양기회의 다양성, 다양한 산책(등산)코스							
안기완 등 (2002)	○지형, 임상, 접근성, 토지이용							
정주상 등 (1999)	○경관 및 자연성 : 임상, 임종, 임형, 임령, 울폐도, 종다양성, 경사도, 고도, 야생동물 출현빈도 ○접근성 : 고속도로, 자동차도로, 배후시장규모 ○휴양유발성 : 역사문화유적, 특산물, 현재이용수준, 숙박 및 교육시설, 산책로 및 등산로, 희귀동식물							

2. GIS를 이용한 도시림 휴양공간 적지 평가

1) 도시림 휴양공간 적지 평가 인자

휴양공간 적지평가를 위한 인자선정과 관련된 선행연구로 최조룡 등(2003)은 경사도, 도로접근성, 수계접근성, 임상, 영급 및 표고 등 6인자를 제시하였고, 성규철 등(2003)은 임령, 임상, 소밀도, 임종, 수계(계곡), 경사, 표고, 도로접근 및 배후시장 규모 등을, 정주상 등(1999)은 경관 및 자연성, 접근성 및 휴양유발성 등 3항목별 18인자를 제시한 바 있다(표 2). 또, 김재준 등(2003), 안기완 등(2002)은 유사 휴양공간이라 할 수 있는 산림욕장 적지를 평가하기 위한 인자로 경관, 식생, 수계, 개발여건, 접근성 및 휴양유발 인자를 제시하였다.

이와 같은 선행연구의 검토를 통해 본 연구에서는 도시림 휴양공간 적지를 평가하기 위한 인자로 영급, 임상, 소밀도, 임종, 수계(계곡), 경사, 표고 및 도로접근성 등 8인자를 선정하고, 인자별 카테고리를 표 3과 같이 분류하였다. 즉, 대상지의 식생 분석을 위해 영급, 임상, 소밀도, 임종의 인자를 고려하였고, 입지분석을 위해 경사, 표고, 수계를, 접근성 분석을 위해 포천 시내에서 대상지까지의 거리를 분석하였다.

또한, 도시림 휴양공간 적지 평가 인자별 중요도를 고려한 가중치를 부여하였다. 선행연구에서는 표 4와 같이 인자별 가중치를 부여한 바 있는데, 본 연구에서는 최근 자료인 성규철 등(2004)의 연구결과를 바탕으로 가중치를 적용하였다. 또, 이를 바탕으로 각 인자에 대한 가중치 및 순위를 선정하였으며 그 값은 표 5와 같다.

표 3. 적지평가 인자별 카테고리 분류

평가인자	카 테 고 리 분 류				
영 급	I	II	III	IV	V이상
임 상	무립목지	침엽수	활엽수	혼효림	
소밀도(%)	소 (50% 이하)	중 (50~70%)	밀 (70% 이상)		
임 종	무립목지	인공림	천연림		
수 계(m)	≦ 100	100 ~ 400	≧ 400		
경 사(°)	≦ 10	10 ~ 30	≧ 30		
표 고(°)	≦ 200	200 ~ 400	≧ 400		
도로접근성 (㎞)	≦ 4.5	4.5 ~ 5.5	≧ 5.5		

식생 인자에서는 영급, 임상에, 입지 인자에서는 수계에 우선순위를 두어 인자별로 가장 높은 가중치를 부여하였다. 단, 접근성 인자의 경우, 본 연구는 도시지역을 대상으로 하므로 배후시장의 규모는 고려하지 않아도 될 것으로 판단하여 평가인자에서 제외하고 도로접근성만을 평가항목으로 선정하였다.

2) 평가인자별 카테고리 점수 부여

도시림 휴양공간 적지평가 인자별 카테고리의 점수부여 방식은 정량적인 평가인자인 경우 쾌적한 환경과 휴식처를 제공하여 인간의 정신 · 육체적 건강증진에 기여를 가장 크게 하는 카테고리를 '1'로 하고, 그 반대의 경우를 '0'으로 하였고, 그 사이의 값은 그 성질에 따라

표 4. 선행연구에서의 휴양기능 평가 인자별 가중치

구 분	인자 및 가중치
정영관 등(1996)	영급(3) > 임상(2) > 수계, 도로접근성, 경사, 표고 (1)
정주상 등(2002)	임령, 임상(0.307) > 수계(0.187) > 도로접근성(0.141) > 경사(0.058)
최조룡 등(2003)	영급(3) > 임상(2) > 경사도, 도로접근성, 수계접근성, 표고(1)
성규철 등(2004)	도로접근(0.547) > 배후시장 및 규모(0.453) > 수계(0.401) > 경사(0.317) > 임령(0.292) > 표고(0.282) > 임상(0.273) > 소밀도(0.231) > 임종(0.204)
자연휴양림 예정지 적지 평가 기준(산림청)	수계(35) > 경관, 개발여건(30) > 생물(25) > 접근성, 휴양유발(20)

표 5. 휴양공간 적지평가인자에 대한 가중치 및 순위

기 준	평가인자	가중치	순 위
식생인자 (0.292)	영 급	0.2825	1
	임 상	0.2825	1
	소밀도(%)	0.2175	2
	임 종	0.2175	2
입지인자 (0.343)	수 계(m)	0.401	1
	경 사(°)	0.317	2
	표 고(°)	0.282	3
접근성인자 (0.365)	도로접근성(㎞)	1	1

Cosine 및 Sine 함수를 이용하여 [0~1]로 정규화 하였다(표 6). 정성적인 평가인자인 경우는 선행 연구사례를 고찰하여 카테고리별 점수를 부여하였다(표 7).

이와 같이 분류된 점수는 각 인자에 대한 적합성을 나타내는데, 즉, 점수가 높을수록 그 적합성은 높으며, 점수가 낮을수록 그 적합성은 낮아진다. 선정된 인자들에 부여된 점수와 가중치에 대해 다음과 같은 함수식을 이용하여 도시림 휴양공간 조성을 위한 적지를 평가하였다.

표 6. 정량적인 인자의 카테고리 구분에 따른 점수부여

평 가 인 자	카테고리별 점수				가중치
	0	Sine*	Cosine*	1	
수 계(m)	≧ 400	-	100 ~ 400	≦ 100	0.401
경 사(°)	≧ 30	-	10 ~ 30	≦ 10	0.317
표 고(°)	≦ 200	200 ~ 400	-	≧ 400	0.282
도로접근성(Km)	≧ 5.5	-	4.5 ~ 5.5	≦ 4.5	1

주) * : Sine은 $\mu = \sin^2(\frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times \frac{\pi}{2})$을,

Cosine은 $\mu = \cos^2(\frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times \frac{\pi}{2})$을 이용하여 [0~1]로 정규화 된 값을 의미함

표 7. 정성적 인자의 카테고리 구분에 따른 점수부여

평가인자	카테고리 점수					가중치
	0	0.25	0.5	0.75	1	
영 급	I	II	III	IV	≧V	0.2825
임 상	무립목지	침엽수림	-	활엽수림	혼효림	0.2825
소 밀 도	-	치수	소	중	밀	0.2175
임 종	무립목지	-	인공림	-	천연림	0.2175

$f(x) = \iota \cdot (\alpha \cdot X_1 + \beta \cdot X_2 + \gamma \cdot X_3 + \delta \cdot X_4) + \varkappa \cdot (\varepsilon \cdot X_5 + \zeta \cdot X_6 + \eta \cdot X_7) + \lambda \cdot \theta \cdot X_8$

여기에서,

X_1 : 영급의 점수, X_2 : 임상의 점수, X_3 : 소밀도의 점수,
X_4 : 임종의 점수, X_5 : 수계(계곡)의 점수, X_6 : 경사의 점수,
X_7 : 표고의 점수, X_8 : 도로접근성의 점수, α : 영급의 가중치,
β : 임상의 가중치, γ : 소밀도의 가중치, δ : 임종의 가중치,
ε : 수계(계곡)의 가중치, ζ : 경사의 가중치, η : 표고의 가중치,
θ : 도로접근성의 가중치 ι : 식생인자의 가중치 $\varkappa$: 입지인자의 가중치
λ : 접근성인자의 가중치이다.

3) GIS를 이용한 분석방법

본 연구에 사용된 GIS자료 중 경사, 도로접근성, 표고, 수계 등은 국립지리원 제작 1 : 5,000 축척의 수치지형도를 이용하여 구축하였으며, 임상, 영급, 소밀도 및 임종 등은 국립산림과학원 제작 1 : 25,000 축척의 수치임상도를 이용하여 구축하였다. 자료의 구축 및 공간분석은 Arcview ver.3.3, Spatial Analysis 및 3D Analyst의 제품군을 이용하여 수행하였다.

또, GIS분석 시 공간분석 단위는 임 · 소반 등의 특정경계나 읍, 면 동리 등의 행정구역 단위 또는 경사나 사면 단위를 기준으로 cell 면적을 구획할 수 있는데, 본 연구에서는 대상면적이 좁기 때문에 10m×10m(0.01ha)의 크기를 한 Cell 면적으로 구획하여 Grid 단위로 공간분석을 시행하였다.

분석은 크게 두 단계를 거쳐 진행되는데, 우선 도시림 휴양공간 적지평가 인자들을 분석하여 주제도를 작성하는 과정과 이를 토대로 중첩된 값의 평균값을 비교하여 도시림 휴양공간의 최적 입지를 선정한 후 이에 대한 주제도를 작성하는 과정으로 나눌 수 있다. 이와 같은 일련의 분석과정은 그림 2와 같다.

표 8. 평가자료의 종류 및 내용

자료명	자 료 내 용	자료형태
수치지형도	경 사	Polyline
	도 로	Polyline
	표고(등고선)	Polyline
	수계(계곡)	Polyline
수치임상도	임상(침엽수림, 활엽수림, 혼효림)	Polygon
	임상에 따른 영급구분	Polygon
	소 밀 도	Polygon
	임종(무립목지, 인공림, 천연림)	Polygon

결과 및 고찰

1. 식생 분석

식생분석은 임상, 영급, 소밀도 및 임종의 카테고리로 분류하여 국립산림과학원에서 제작한 1 : 25,000 축척의 수치임상도를 이용하여 구축하였다.

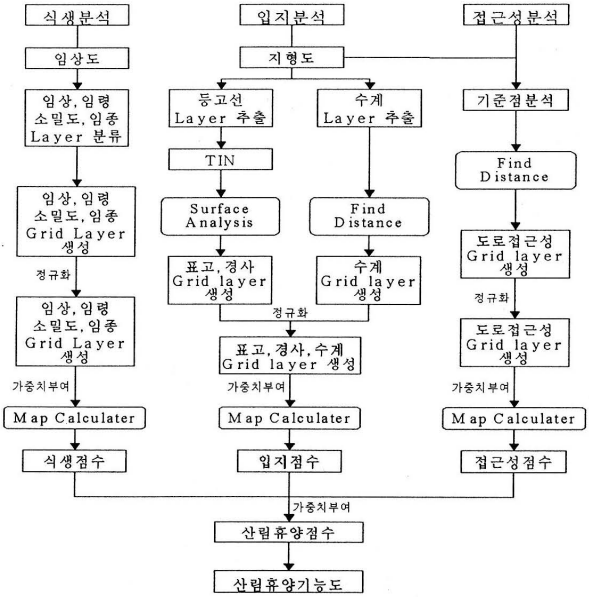


그림 2. GIS를 이용한 도시림 휴양공간 적지평가 분석 흐름도

영급분포는 Ⅲ영급이 162.79ha로 전체면적의 71.71%를 차지하며, 다음으로는 Ⅰ영급이 39.55ha(17.42%), Ⅱ영급이 22.81ha (10.04%) 순으로 나타났다. 임상의 분포는 침활혼효림이 115.35ha로 전체면적의 41.64%를, 활엽수림이 84.17ha로 30.39%를 각각 차지하고, 다음으로 소나무, 잣나무, 낙엽송 순으로 나타났다. 밀도는 전체면적의 41.50%인 94.22ha가 50%~70%의 울폐율을 나타내는 중밀도를 차지하고 있었다. 또 임종의 경우에는 천연림이 전체면적의 72.03%인 199.52ha를 차지하고 있었다.

그림 3은 임상, 영급, 소밀도 및 임종 등 각 인자별로 카테고리 점수를 부여하여 최종적으로 식생인자 분석도를 나타낸 것이다.

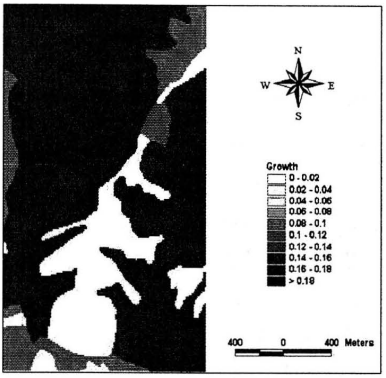


그림 3. 식생인자 분석도

2. 입지 분석

입지분석은 표고, 경사 및 수계의 카테고리로 분류하여 국립지리원에서 제작한 1 : 5,000 축척의 수치지도를 이용하여 구축하였다.

표고의 분포는 ≦ 200m이 17.26ha (7.60%), 200~400m가 149.06ha (65.66%)로 나타났고, ≧ 400m이 4.49ha로 대상지 면적의 1.97%를 차지하는 것으로 나타났다. 경사의 분포는 ≦ 10° 9.74ha (4.29%), ≧ 30° 37.38ha (16.46%)로 나타났고, 10°~30° 123.68ha(54.48%)로 대상지 면적의 반 이상을 차지하는 것으로 나타났다.

수계는 100m 이내에 분포하는 면적이 94.30ha로 41.54%를 차지하며, 100m~400m와 400m 이상의 거리에 분포하는 면적이 각각 122.39ha, 10.29ha인 것으로 나타났다.

각각의 인자에 카테고리별 점수를 부여하여 정량화한 결과, 그림 4와 같은 입지인자 분석도를 얻었다.

3. 접근성 분석

접근성분석은 포천시내의 한점을 기준으로 대상지까지의 거리를 국립지리원에서 제작한 1 : 5,000 축척의 수치지도를 이용하여 구축하였다.

접근성분석은 일반적으로 도로접근성 분석과 배후시장규모 분석을 통하여 이루어지지만 본 연구에서는 배후시장분석을 배재하고 도로접근성만을 고려하여 실시하였다.

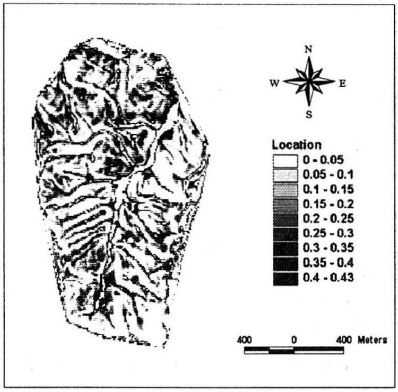


그림 4. 입지인자 분석도

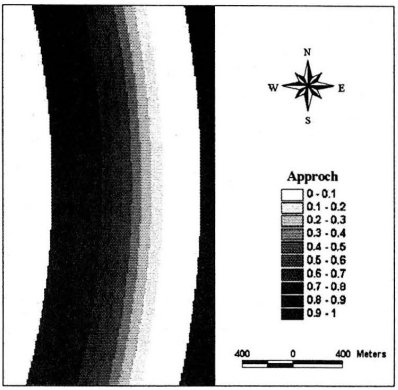


그림 5. 접근성인자 분석도

본 연구대상지는 포천시내에서 최대 5.7km 거리에 위치하였으며 전체면적의 71.62%인 162.59ha의 면적이 4.5~5.5km 에 위치하는 것으로 나타났다.

접근성분석도 역시 입지분석과 같은 방법으로 수치지도를 이용하여 위치를 파악한 후 정량화하여 0~1 사이의 값으로 나타냈다. 접근성 인자 분석도는 그림 5와 같다.

4. 휴양공간 적지평가

휴양공간 적지평가는 식생 인자, 입지 인자, 접근성 인자로부터 각각의 세부인자별로 점수를 부여한 후 정규화 과정을 거쳐 생성된 인자들로부터 본 연구에서 고려한 인자들간의 가중치를 부여하였다. 이를 Arcview의 Map Calculater를 이용하여 계산하고, 최종 산출물로부터 level을 3단계로 분류하여 휴양기능을 평가하였다.

이와 같은 과정을 통해 최종적으로 분석된 도면은 그림 6과 같고, 본 연구대상지에서 휴양기능의 최소값은 0.09에서 최대값은 202.83으로 나타났다. 또, 전체 대상지의 평균은 106.75이며, 표준편차는 58.66으로 나타났다.

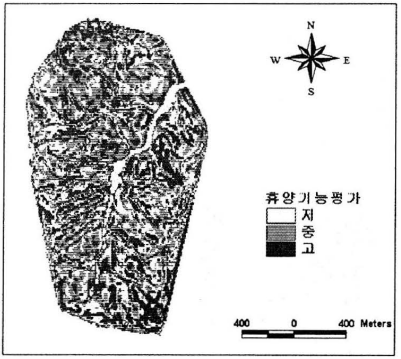


그림 6. 휴양공간 적지평가도

결 론

경기도 포천시 화현면 소재 국유림을 대상으로 도시림 휴양공간 적지를 평가하기 위한 인자로 영급, 임상, 소밀도, 임종, 수계(계곡), 경사, 표고 및 도로접근성 등 8인자를 선정하였다. 인자별 점수 및 중요도를 고려한 가중치를 부여하여 최종적으로 최적지를 분석한 결과, 그림 7의 ㉮, ㉯지역이 선정되었다.

이와 같이 도시림 휴양공간 적지평가를 위해 GIS기법을 활용함으로써 식생 인자, 입지 인자 및 접근성 인자 등을 고려하여 합리적이고 효율적으로 적지를 선정할 수 있었다. 다만, 도시림 휴양공간 조성을 위해서는 도시림이라는 공간적 특수성을 고려한 사회 · 경제적 인자의 검토가 요구되는 바, 향후 적지평가를 위해서는 이에 대한 선행검토가 있어야 할 것으로 판단된다. 즉, 사유재산권, 토지이용 제한요인 등은 개발압력이 높은 도시림 지역에서의 적지선정에 있어 중요한 인자로 작용하므로 이에 대한 평가가 별도로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

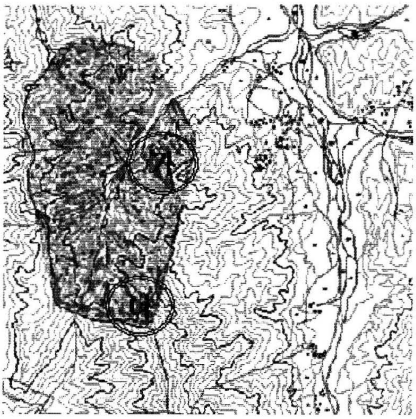


그림 7. 휴양공간 최적 입지

인 용 문 헌

1. 김재준 · 유리화 · 성규철 · 윤은용. 2003. 산림욕장 예정지 적지평가 기준 설정. 산림과학논문집 제66호, pp.77-93.
2. 산림청예규 제489호. 1999. 자연휴양림조성 · 관리및운영요령.
3. 성규철 · 박영규 · 정주상 · 김종호 · 권순덕 · 김형호. 2004. 산림기능구분도 작성. 국립산림과학원 연구보고 '04-03. pp.62-68.
4. 안기완 · 김은일 · 박문수 · 최태수. 2002.

장성군 홍길동 Woodland 산림욕장 기본계획. 한국산림휴양학회지 6(3), pp.31-42.
5. 윤양수 · 김의식. 2002. 레져행태변화와 여가공간 조성방안 연구. -수도권지역을 중심으로-. 국토연구원 국토연 2002. 4.
6. 정영관 · 손영모 · 이광수 · 강진택 · 정수영 . 1996. GIS기법을 이용한 산림의 다목적 기능 개발. 산림경제연구 4(2), pp.15-28.
7. 정주상 · 김의경 · 이헌호 · 신원섭. 1999. 산림기능평가에 관한 연구. 산림청(용역기관 : 서울대학교 농업생명과학대학).
8. 최조룡 · 최정기 · 우종춘. 2003. 산림휴양적지평가를 위한 GIS 기법에 관한 연구. 산림경제연구 11(1), pp.60-67.
9. 한국관광연구원. 2001. 주5일 근무제 도입에 따른 관광여행 변화 전망.
10. David G. Rossiter. 1994. Land Evaluation. Cornell Univ. pp.18-23.

韓國山林資源測定學會 會則

第 1 條 本 會는 韓國山林資源測定學會라 稱한다.

第 2 條 本 會의 事務室은 山林廳 國立山林科學院 內에 둔다.

第 3 條 本 會는 山林測定에 關한 硏究와 會員 相互間의 親睦을 圖謀하며 林業 및 林學 發展에 寄與함을 目的으로 한다.

第 4 條 本 會는 第 3 條의 目的을 達成하기 위하여 다음 事業을 한다.

1. 學會 開催
2. 共同硏究의 企劃 및 遂行
3. 學會, 其他 有關 團體와의 協力 및 交流
4. 會誌, 會員名簿의 發刊
5. 其他, 本 會의 目的 達成에 必要한 事業

第 5 條 本 會의 會員은 名譽會員, 定會員 및 機關會員으로 한다. 會員은 山林測定 分野에 關心을 갖고 本 會의 趣旨에 贊同하는 사람 또는 機關으로 한다. 名譽會員은 本 會의 發展에 功績이 있는 사람으로서 理事會의 推薦으로 總會의 認准을 받은 사람으로 한다.

第 6 條 本 會는 다음 任員을 둔다.

1. 會長 1名
2. 副會長 약간명
3. 理事 약간명
4. 監事 2名
5. 幹事 약간명

第 7 條 會長, 副會長, 理事, 監事는 總會에서 選出하고 幹事는 會長이 委囑한다.

第 8 條 任員의 任期는 2年으로 한다. 단 連任할 수 있다. 補選任員의 任期는 前任者의 殘餘期間으로 하고 모든 任員은 任期 終了 後일지라도 後任者의 就任時까지는 그 職務를 管掌한다.

第 9 條 會長은 本 會를 代表하며 總會 및 理事會의 議長이 된다. 副會長은 會長을 補佐하며 會長 有故時는 그 職務를 代理한다. 그리고 副會長으로 國立山林科學院 山林調査科長은 當然職으로 한다. 理事는 會務執行에 關한 事項을 審議한다. 監事는 本 會의 財産 및 會務 執行狀況을 監査하고 總會에 報告한다.

第10條 會長은 每年 1回 定期總會를 召集한다. 단 必要時는 臨時總會를 召集할 수 있다. 總會에서는 다음 事項을 審議決定한다.

1. 會則의 變更
2. 事業報告 및 會務報告
3. 事業計劃
4. 其他 必要한 事項

第11條 理事會는 必要에 따라 會長이 召集한다. 理事會는 會長, 副會長, 理事, 監事로 構成하며 總會에서 委任받은 事項과 本 會 運營에 關한 重要事項을 議決한다.

第12條 本 會의 財政은 會費, 寄與金, 贊助金, 其他 收入으로 充當한다.

第13條 本 會의 會計年度는 每年 1月 1日부터 當年 12月 31日까지로한다.

附 則

(1) 本 會則은 1987年 2月 12日부터 施行한다.

(2) 本 會則 第 9 條는 1996年 1月 31日부터 效力을 發生한다.

(3) 改正된 會則은 1997年 7月 1日부터 效力을 發生한다.

韓國山林資源測定學會 原稿投稿規定

1. 투고자격은 회원에 한하여 공동연구시 비회원을 포함할 수 있다. 단, 공동 또는 비회원 단독으로 투고할 경우 편집위원회의 심의를 거쳐 게재할 수 있다.
2. 본 학회지에는 연구논문(Research Articles), 총설(Review)로서 다른 일반 공개간행물에 발표하지 않은 것이어야 하며, 원고의 종별은 저자가 원고 표지에 명시하여야 한다.
3. 논문은 국문 또는 영문으로 작성할 수 있고, 어느 경우에나 반드시 제목과 요약(Abstract)은 국문과 영문 두 가지로 작성되어야 한다.
4. 원고 작성은 제목, 저자의 소속기관을 국문으로 적고, 이어서 영문으로 반복한 후, 국문요약, 영문 ABSTRACT, 서론, 재료 및 방법, 결과, 고찰(또는 결과 및 고찰), 감사의 글, 인용문헌의 순으로 한다. 영문의 경우 제목, 저자, 소속기관을 영어로 적고, 이어서 국문으로 반복한 후, ABSTRACT, 국문요약, INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION(RESULTS AND DISCUSSION), ACKNOWLEDGEMENT, LITERATURE CITED의 순으로 함을 원칙으로 한다. 단, 속보, 총설, 논설 등은 저자의 편의상 위의 순서를 변경할 수 있다. 주요어(KEY WORDS)는 5구절 이내로 하며 국문요약 다음에 고딕체로, 그리고 영문 ABSTRACT 다음에 이탤릭체 대문자로 표기하되 학명은 고딕으로 표기한다.
5. 제목, 저자명, 저자의 소속기관명은 국문과 영문으로 모두 표기하며, 가급적 저자의 전자우편(e-mail)주소를 포함시키도록 한다.
6. 표(Table)과 그림(Figure)은 영문으로 작성하되 표 제목은 표 상단에, 그림 제목은 그림 하단에 적으며 별지에 첨부하고 본문에 표와 그림의 위치를 표시한다. 그림은 Tracing paper에 그리거나 컴퓨터로 출력하되, Tracing paper의 그림내 활자는 별지(그림의 복사지)에 적고, 컴퓨터 프린터 출력은 Lazer 프린터나 이에 준하는 프린터를 사용한다.
7. 인용문헌의 순서는 맨 앞의 저자명에 의해 국내, 국외순으로 하며 국내 문헌은 가나다순, 국외 문헌은 언어별 자순으로 한다. 정기간행물의 경우 저자명, 연도, 논문제목, 잡지명, 권수(호수), 쪽순으로 적고, 단행본의 경우는 저자명, 연도, 책명, 출판사명, 출판지명, 쪽순으로 한다. 저자와 편집자가 서로 다른 경우, 저자명, 연도, 논문제목, 쪽, 편집자명, 단행본명(논문집 등), 출판사명, 출판지명을 차례로 적는다. 영문으로 쓰여진 단행본을 인용할 때는 단어 첫자만 대문자로 표시해 주되 전치사는 예외로 하고, 쪽은 pp로 한다. 인용한 문헌의 저자나 편집자가 여럿일 때는 모두 적는 것을 원칙으로 한다.
8. 본문에 논문 및 저서를 인용할 때에는 국내 저자의 경우(홍길동, 1993), (홍길동과 박문수, 1993), (홍길동 등, 1993)의 방법으로, 그리고 국외 저자의 경우(Smith, 1993), (Simth and Baker, 1993), (Smith *et al.*, 1993) 등으로 표시한다.
9. 투고는 본학회 투고규정과 인용문헌 작성 규정에 따라 한글로 작성하고 프린터된 원고 3부(그림 원본 포함)를 투고료 및 심사료와 함께 제출하고 디스켓 1부는 논문심사결과 수정시 수정본과 동봉하여 제출한다.
10. 별쇄는 50부를 무료로 증정하며 그 외의 부수는 투고자가 실비를 부담한다.
11. 논문 및 논설 투고자는 1편당 기본 투고료 100,000원을 부담하여야 하며, 인쇄 후 8면을 초과할 경우 초과 면당 20,000원의 초과게재료를 부담하고, 칼라사진을 게재할 경우 1면당 현재 실비로 부담한다.

韓國山林資源測定學會 任員

顧 問 : 박재욱 이광남 이여하 이종락 정영관 한갑준

會 長 : 이동섭 (상주대 교수)

副會長 :

노대균 (국립산림과학원 산림조사과장) 안종만 (순천대 교수)
이우균 (고려대 교수) 신만용 (국민대 교수)
정주상 (서울대 교수) 정보통계과장 (산림청)

理 事 :

공지수 (국립산림과학원 연구관) 김동근 (상주대 교수)
박남창 (국립산림과학원 연구관) 이영진 (공주대 교수)
이규성 (인하대 교수) 이상현 (전북대 교수)
이경학 (국립산림과학원 산림경영과장) 이승호 (국립산림과학원 연구관)
조현서 (진주산업대 교수) 최정기 (강원대 교수)

編輯委員長 : 신만용 (국민대 교수)

編 輯 委 員:

김동근 (상주대 교수) 이경학 (국립산림과학원 연구관)
정주상 (서울대 교수) 최정기 (강원대 교수)

監 事 : 서옥하 (강원대 교수) 김철민 (국립산림과학원)

幹 事 :

김종찬 손영모 정영교 (국립산림과학원)
김택동 (경북 의성군청)

한국산림측정학회지 제 7 권 제 2 호

2004년 9월 27일 인쇄
2004년 9월 30일 발행

발행인 이 동 섭
편집인 신 만 용
발행처 한국산림자원측정학회

130-712 서울시 동대문구 청량리2동 207번지
국립산림과학원 산림경영과내
전 화 : 02-961-2537
FAX : 02-961-2530
E-mail : pine21c@hanmail.net
농협계좌 : 031-01-341485(김철민)

인 쇄 처 : 정민사 2278-0199