

GIS를 이용한 대나무류 분포 유형 구분 및 확산 특성 평가

유병오^{1*} · 박준형¹ · 박용배¹ · 정수영¹ · 이광수¹ · 김춘식²

Assessment of Expansion Characteristics and Classification of Distribution Types for Bamboo Forests Using GIS

Byung-Oh YOO^{1*} · Joon-Hyung PARK¹ · Yong-Bae PARK¹
Su-Young JUNG¹ · Kwang-Soo LEE¹ · Choon-Sig KIM²

요 약

본 연구에서는 전국 단위의 방치되어 있는 대나무 임분을 대상으로 GIS를 이용하여 분포 유형 구분 및 확산 특성을 평가하였다. 대나무 분포 유형은 확산형, 관리형, 혼합형, 쇠퇴형, 분리형 순으로 분류되었다. 이 중 대표적인 확산 특성을 보이고 있는 대나무 임분을 대상으로 1980년~2010년 30년간 공간 시물레이션 한 결과, 사천지역의 죽종혼효 임분은 확산면적 2.5ha, 확산 속도 0.08ha/yr, 확산거리 1.1m/yr로 나타났다. 거제지역의 죽순대 임분은 확산면적 1.9ha, 확산 속도 0.06ha/yr, 확산거리 0.9m/yr로 나타났으며, 계곡, 능선을 따라 확산 이동하는 특성을 보이는 것으로 나타났다. 향후 본 결과는 대나무 확산 방지 기술 개발에 필요한 기초적인 자료로 활용될 수 있으며, 대나무 자원의 관리 기반을 구축하는데 기여할 것으로 판단된다.

주요어 : 대나무, 분포 유형, 확산 특성, 지리정보시스템

ABSTRACT

In order to assess the spatial and dynamic changes in bamboo forests, this study used the national-level spatial data between 1980 and 2010 to extract spatial information of bamboo forests through GIS technology. The results showed that the distribution types were mainly expansion, normal, mixed, damage, and separation. In case of mixed bamboo forest in the Sacheon region, the expansion characteristics were: area 2.5 ha, velocity 0.08 ha/yr, and distance 1.1 m/yr. The *Phyllostachys pubescens* forest in the Geojae region showed the following characteristics: area 1.9 ha, velocity 0.06 ha/yr, and

2017년 10월 30일 접수 Received on October 30, 2017 / 2017년 11월 25일 수정 Revised on November 25, 2017 / 2017년 12월 1일 심사완료 Accepted on December 1, 2017

1 국립산림과학원 남부산림자원연구소 Southern Forest Resources Research Center, National Institute of Forest Science

2 경남과학기술대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology

* Corresponding Author E-mail : boyoofri@korea.kr

distance 0.9 m/yr with where along from valley to ridge. This approach could provide a valuable tool for decision-making and implementations such as the bamboo forest management plan, environmental impact assessment for a preventing the bamboo expansion, and sustainable managing the bamboo resources.

KEYWORDS : *Bamboo, Distribution Type, Expansion Characteristics, GIS*

서론

대나무는 이 지구상에서 가장 빠른 번식력, 성장력, 재생산력 등의 특성을 지닌 지속가능한 산림자원으로서 잠재적 미래 가치를 가지고 있다. 그러나 대나무는 현재 방치된 상태로 산지화 및 황폐화로 인하여 덩불숲으로 변모되고 있는 현상이 나타나고 있다. 지금 우리의 대나무 숲의 현실은 어떠한지 그리고 정상적인 모습을 가지고 있는 대나무 숲은 얼마나 될까? 우리나라 전체 대나무 분포 면적은 22,067ha로 추정되며(KFS, 2016), 그 중 대나무 숲으로서 기능을 발휘할 수 있는 잠재 면적은 11,587ha로 추정된다(NIFOS, 2016). 현재 방치되고 있는 대나무 숲의 모습은 인접한 숲으로 이동·확산되는 산지화 현상을 보이고 있으며, 점차 대발화 되어가는 현상이 발생하고 있는 것이 확인되고 있다. 또한 다른 나무들이 서서히 점유하고 있으며, 옛날에 볼 수 있었던 통직하고 굵은 대나무는 거의 찾아 볼 수 없을 정도로 숲의 구조가 쇠퇴하고 있다. 이는 농가소득을 위한 무분별한 죽순 채취로 신죽(新竹)은 거의 찾아 볼 수 없고 노후죽(老朽竹)의 비율이 매우 증대되어 대나무 숲의 황폐화를 가속화 시키고 있는 실정이다. 관리된 숲과 방치된 숲의 차이는 과거에는 식용을 위한 죽순 채취, 죽재 이용을 위한 슈아베기 작업으로 자연스럽게 밀도관리가 되었지만, 죽재 및 죽순 가격의 하락으로 숲을 방치하게 됨으로서 임내가 과밀하게 되고 있다. 이로 인해 통기불량, 임내 유기물 및 수광량(受光量, 식물이 생육하는 데에 필요한 빛의 최소량) 부족에 의한 빛자루병, 대일응애 등 병해충의 만연으로 대나무가 쇠약해져 추위를 이길 수

있는 힘을 상실하게 되고 동해에 의한 피해, 한건풍에 의한 상록의 잎에 차고 건조한 바람이 불면서 수체 내 수분이 과도하게 증산하면서 피해가 발생하는 경우, 많은 적설로 인하여 수간이 할절(割切)되거나 쌓였던 눈이 녹았다가 얼고 하는 과정을 반복하면서 세포막이 파손되어 피해를 입게 되는 경우 등 기상에 의한 피해 유형이 관찰되기도 한다. 따라서 현재 대나무 숲의 산지 확산 및 황폐화로 문화재청, 국립공원, 지자체, 죽림관리자 등의 확산 방지에 대한 민원 요구가 증대되고 있어 추후 확산 주체 소관에 따른 분쟁 발생의 우려가 높을 것으로 예상된다. 이로 인해 생물다양성의 손실, 인접 숲의 구조 파괴, 경관 파괴, 산지 이용 효율성 저하 등의 문제점을 야기하고 있다.

대나무는 일반적으로 생라·생장에서 다른 식물과 차이를 보이기 때문에 대나무 숲을 조성·관리하는 방법도 차이가 발생할 수밖에 없으며, 특히 분포유형 및 피해유형에 따라 정상적인 대나무 숲 유지를 위한 관리기법과 확산 방지를 위한 관리기법 개발이 필요하다. 뿐만 아니라 현재 방치되고 있는 대나무 숲의 모습은 인접한 숲으로 이동·확산되는 산지화 현상을 보이고 있어 점차적으로 산지가 대발화 되어가는 현상이 발생하고 있는 것이 확인되고 있어 이에 대한 특성 구명 및 평가가 필요한 시점이다(NIFOS, 2005). 일본의 경우, 우리나라와 유사한 상황으로 생라생태적인 방법, GIS/RS기법을 활용한 접근 방법 등 여러 가지 측면에서 대나무 확산 방지에 대한 가이드라인을 제시하고 있는 상황이다(Isagi and Torii, 1998; Ohrnberger, 1999; Kong, 2001).

최근 여러 분야에서 GIS/RS기법을 활용하여 확산 분포 및 특성에 대한 연구를 수행한 바 있

다. 위성영상 및 수치모델을 이용한 낙동강유출 부유토사 확산범위 추정(Hwang *et al.*, 2002), GIS와 공간통계기법을 이용한 시·공간적 도시 범죄패턴 및 범죄발생 영향요인 분석(Jeong *et al.*, 2009), 원격탐사와 GIS를 이용한 도시화지역의 확산과정과 토지이용 특성에 관한 연구(Park and Baek, 2009), 공간자기상관을 활용한 농촌지역 인구 고령화의 공간적 확산 분석(Yeo and Seo, 2014) 등 공간통계학적인 방법으로 다양한 접근을 시도하고 있다. 그러나 산림분야에서는 이러한 자연적인 현상에 대한 선행적인 연구가 부족하고 기초적인 정보가 없어 이에 대한 정책적인 의사결정을 할 수 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현재 방치되어 있는 대나무의 기능 증진 및 활성화를 위하여 국내에서는 처음으로 전국 단위의 대나무 분포 유형을 구분하고 대나무 확산에 대한 공간적인 특성 구명을 통하여 대나무 확산 방지 기술 개발을 위한 가이드라인 제시를 위한 기초자료를 제공하고 최종적으로 대나무 자원의 관리 기반을 구축하고자 한다.

연구방법

1. 공간정보 자료 수집

대나무 분포 유형 및 확산 특성을 구명하기 위하여 공간정보에 대한 자료 수집을 수행하였다. 주제도의 경우 수치임상도(1:5,000, 1:25,000), 수치산림입지토양도(1:5,000, 1:25,000), 수치지형도(1:5,000), 한국토지정보시스템(KLIS: Korea Land Information System)의 연속지적도를 참고로 하였으며, 시군 자치단체의 관리대장 및 도면을 수치화하여 현행화 하였다(표 1). 또한 과거와 최근의 대나무 임분의 공간적인 특성을 비교하기 위하여 항공사진 자료를 시계열(1980년, 2000년, 2010년)로 배열하고 정리하였다.

00), 수치산림입지토양도(1:5,000, 1:25,000), 수치지형도(1:5,000), 한국토지정보시스템(KLIS: Korea Land Information System)의 연속지적도를 참고로 하였으며, 시군 자치단체의 관리대장 및 도면을 수치화하여 현행화 하였다(표 1). 또한 과거와 최근의 대나무 임분의 공간적인 특성을 비교하기 위하여 항공사진 자료를 시계열(1980년, 2000년, 2010년)로 배열하고 정리하였다.

2. 연구대상지 추출 및 현지조사

과거 및 최근의 수치임상도를 기반으로 전국 단위 모집단의 죽림을 추출하고 256개소의 현지조사 표준지(10m×10m)를 배치하여 2016년 2월부터 10월까지 조사를 실시하였다(그림 1). 표준지 256개소에 대하여 죽종(왕대, 솜대, 죽순대) 확인 및 경계를 재 구획하는데 활용하였으며, 분포 유형 구분 및 확산 특성 구명을 위하여 현지 대조 및 검증하는데 활용하였다. 이러한 일련의 과정을 통해 최종 분포도를 작성하고 확산 유형을 추출하였다. 단 접근 불가능한 지역 및 최소 관리단위 0.5ha 미만의 대나무 임분은 제외하였으며, 정확한 자료 분석을 위하여 과거 및 최근의 자료가 일치하지 않고 명확하지 않는 자료는 분석에서 제외하였다.

3. 분포 유형 구분

분포 유형 구분을 위하여 과거와 최근의 임상정보와 정사항공사진의 시계열 자료를 활용하였

TABLE 1. Description of forest spatial informations

Classification	Data format	Scale	Informations
Korea Forest Service	shp	1:5,000	Forest cover type
		1:25,000	Forest site, forest soil
National Geographic Information Institute	dxf, dwg	1:5,000	Topography
		1:25,000	
Ministry of Land, Infrastructure, and Transport	shp	-	Continuous cadastral
Local autonomous entity	shp	-	-
Korea Forest Service, National Geographic Information Institute	tiff	1:5,000	Aerial-photograph, Ortho-photo
		1:25,000	

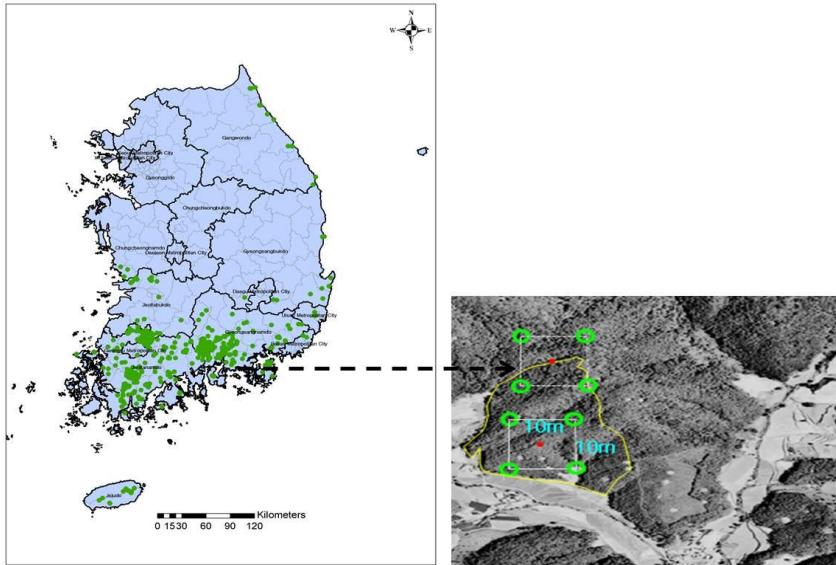


FIGURE 1. Sampling of field sample plots in bamboo forest stands

으며, 대나무 분포 유형 구분은 인위적 요인의 토지이용변화에 따른 분포 변화, 자연적 요인의 분포 변화에 따른 면적 기준으로 구분하였다. 확산형은 산지로 확산이 진행 중인 유형이며, 관리형은 현재 정상적으로 밀도가 유지되고 있거나 관리가 일정부분 이루어지고 있는 유형이다. 혼합형은 관리형과 확산형을 제외한 2가지

이상의 형태로 보이는 유형이며, 쇠퇴형은 대나무 임분이 인위적 또는 자연적인 교란으로 인해 일부가 쇠퇴하고 있는 유형이다. 마지막으로 분리형은 과거에는 하나의 임분이었다가 산지전용 등의 토지이용의 변화로 인하여 분리된 형태의 유형을 의미하는 것으로 전체적으로 5가지 유형으로 정의하고 구분하였다.

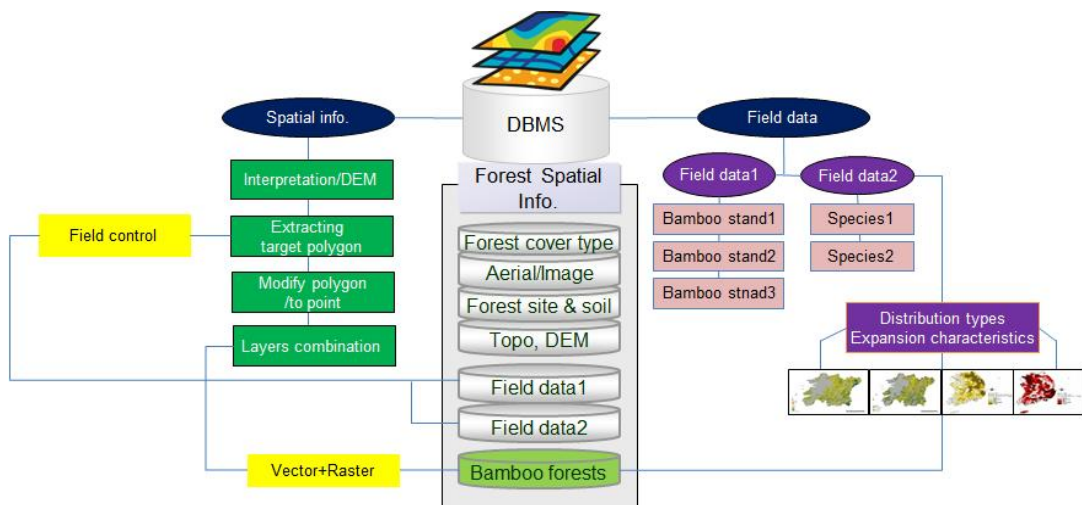


FIGURE 2. Flow-chart of analysis for classifying distribution types and expansion characteristics

4. 분석 프로세스 설정 및 확산 특성 평가

대나무의 분포 유형 및 확산 특성 평가를 위하여 수치지입상도, 수치산림입지도양도, 수치지형도, 지적도, 정사항공사진과 같은 공간정보 자료를 유형별, 시계열로 분류 및 결합하여 추출하였다. 추출된 값은 클러스터링 방법을 통해 유형별 생육공간범위를 확정하였다. 현지표준지 조사 자료를 결합하여 대나무 분포 유형별 면적, 확산면적, 확산속도, 확산거리, 이동경로를 산출하기 위한 분석 프로세스를 설정하고 산출식 (1), (2), (3) 을 이용하여 해당 특성을 평가하였다(그림 2).

$$\text{Expansion Area}(ha) : TA_{2010s} - TA_{1980s} \quad (1)$$

$$\text{Expansion Velocity}(ha/yr) = \frac{TA_{2010s} - TA_{1980s}}{\text{Period}(30year)} \quad (2)$$

$$\text{Expansion Distance}(m/yr)^* = \frac{TD_{2010s} - TD_{1980s}}{\text{Period}(30year)} \quad (3)$$

* Distance from starting point of bamboo stands to expansion point

결과 및 고찰

1. 대나무 분포 면적의 시계열 변화

대나무 분포 면적의 변화는 과거 1980년대에 6,124ha, 2000년대에는 7,665ha, 최근 2016년에는 여의도 면적(윤중로 제방 안쪽 290ha)의 76배에 달하는 22,067ha로 나타났다(그림 3). 또한 과거 1980년대에 비해 3.6배 정도 증가되었으며, 이는 인위적인 조성 보다는 자연적인 확산에 의한 면적 증가가 일부 반영된 것으로 판단된다. 일본의 경우, 약 26년 동안 원래 면적의 약 2.7배 정도 확산된 것으로 나타나 우리나라와 유사한 상황을 보이고 있다(Xu *et al.*, 2017).

2. 분포 유형 구분 및 특성

대나무 분포 유형은 관리형, 분리형, 쇠퇴형, 혼합형, 확산형으로 분류되었으며, 이 중 확산형이 8,646ha(39.2%)로 가장 많은 유형으로 나타났다(표 2, 그림 4). 대부분의 대나무 임분은 0.5ha 미만으로 소면적의 분포 형태를 보이고 있으며, 지목 상 주로 전, 답의 형태를 보이고 있지만 자연적 확산으로 대지, 임야, 도로의 형태도 보이고 있는 것으

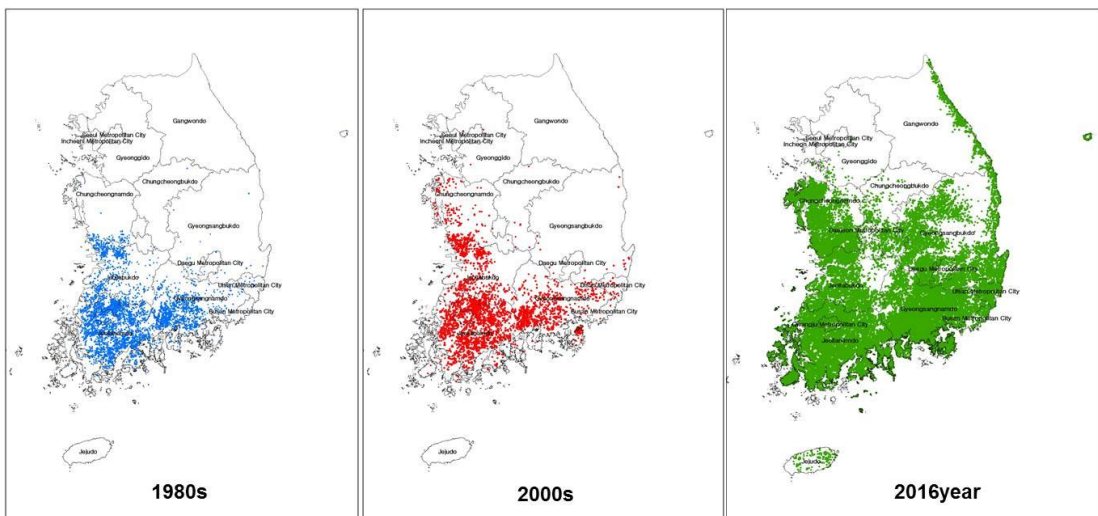


FIGURE 3. Change of distribution areas by time-series in bamboo forests

TABLE 2. Distribution types of bamboo forests

(Unit: ha, %)

Classification	Expansion type	Normal type	Mixed type	Damage type	Separation type	Sum
Area	8,646	5,105	4,642	2,447	1,227	22,067
Percentage	39.2	23.1	21.0	11.1	5.6	100

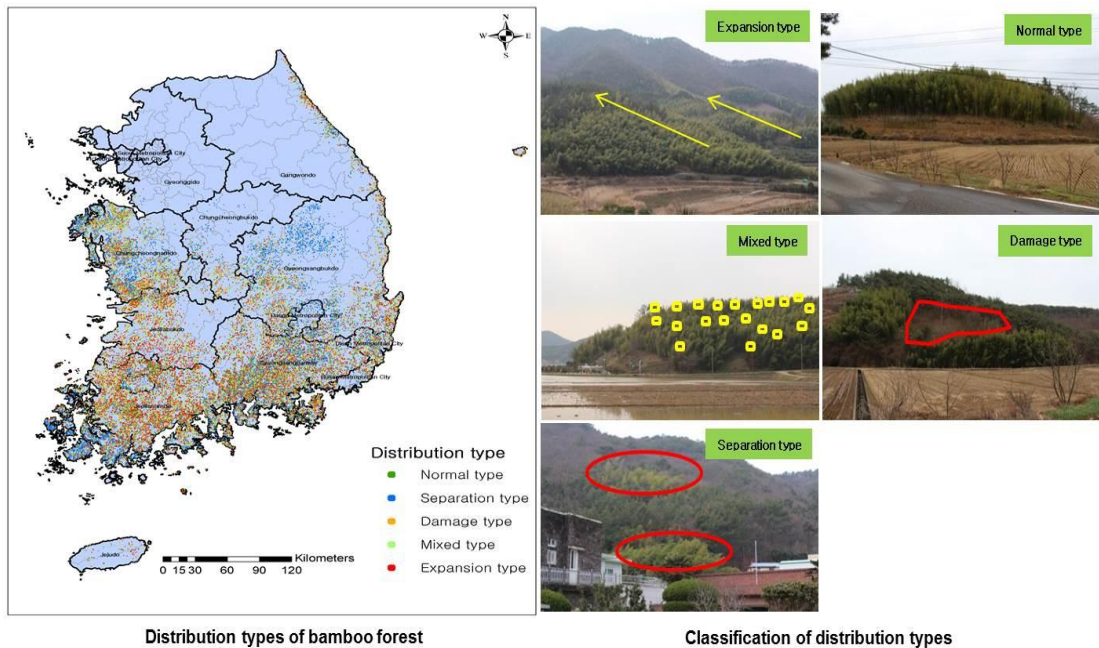


FIGURE 4. Classification by distribution types for bamboo forests

로 나타났다. 이 중 분리형, 쇠퇴형, 혼합형은 관리되고 있지 않은 임분으로 밀도가 높고 고사죽 및 노령죽이 많이 발생하는 것으로 나타났다.

3. 확산 프로세스 구명

대나무 확산은 대나무 지하경에 의해서 산지로 침입 확산하여 인접 숲의 임목을 고사시키고 산지가 대밭화 되고 황폐화 되는 형태로 변하는 프로세스를 보이고 있다(그림 5). 분석 결과, 우리나라의 경우 현재 산지로 확산이 진행되고 있는 중간 단계로서 산지(소나무, 곰솔, 활엽수, 참나무 숲)로 침입, 밤나무 재배지, 산약초 및 고사리 재배지로 침입, 주택 및 농지로 침입하는 사례가 나타나고 있으며, 이를 방지하지 못할 경우, 점차적으로 피해가 확대될 것으로 사료된다.

4. 확산 특성 평가

대나무의 확산 특성을 구명하기 위해 과거 및 최근의 자료가 일치하고 확산의 범위가 뚜렷한 지역 중 대표적인 대나무 분포 지역인 경상남도 사천과 거제지역을 대상으로 무작위로 추출하여 1980년과 2010년의 항공영상을 활용하여 공간 시물레이션을 통해 분석하였다. 사천지역 숲대(70%)+왕대(30%) 죽종 혼효림의 경우 30년간 1.2ha에서 3.7ha로 확산면적 2.5ha, 연평균 0.08ha 규모, 연평균 거리는 1.1m/yr로 계곡부에서 능선부로 이동 확산되고 있는 유형을 확인하였다. 거제지역 죽순대림의 경우, 30년간 1.9ha에서 3.8ha로 2배 정도 확산된 것으로 확인되었으며, 연평균 0.06ha 규모, 연평균 거리는 0.9m/yr로 계곡부 방향으로 이동 확산되고

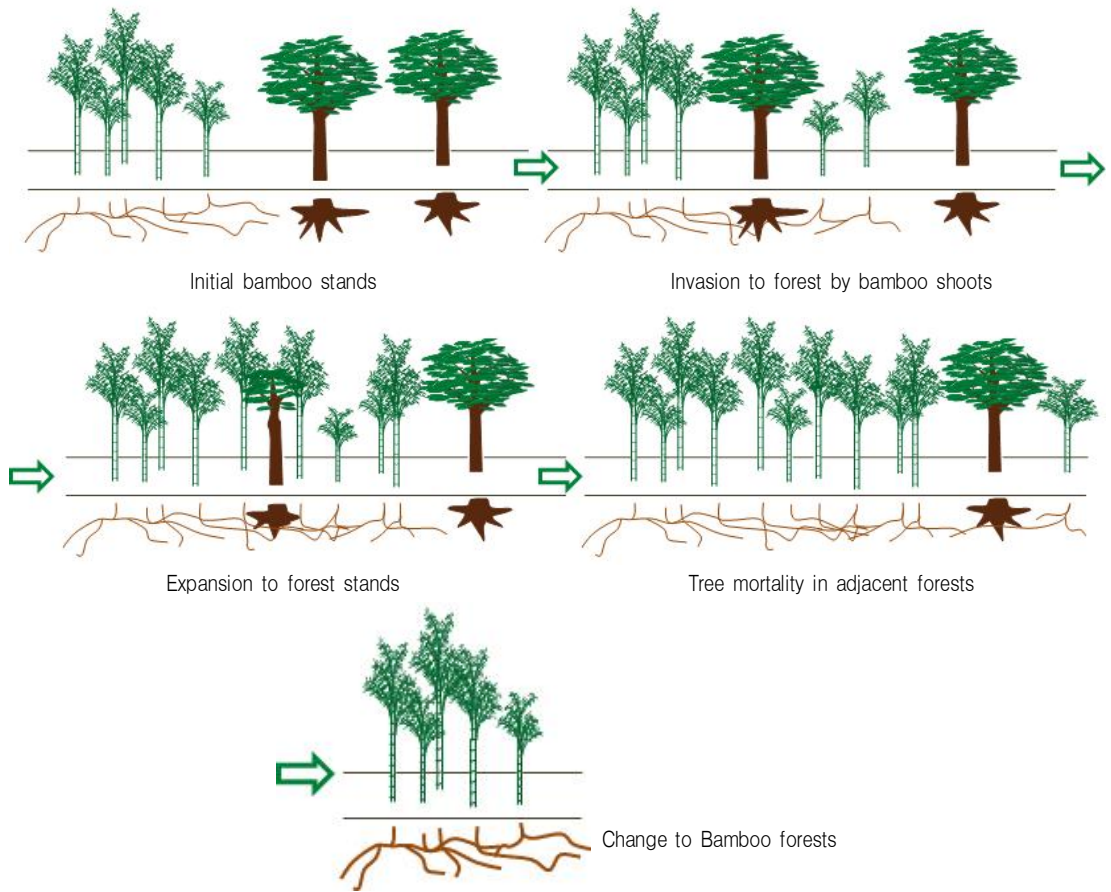


FIGURE 5. Process of bamboo invasion and expansion

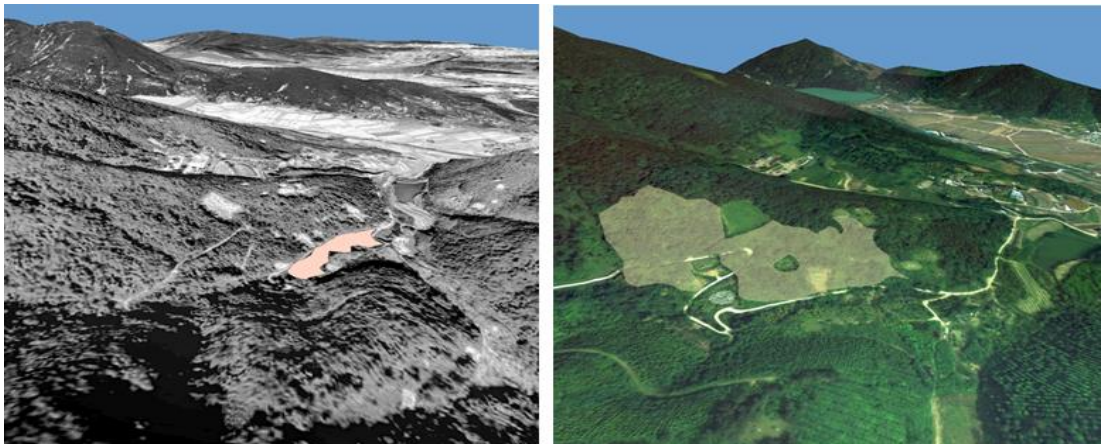


FIGURE 6. Expansion areas for bamboo forests in Sacheon(Left: 1980s, Right: 2010s)

TABLE 3. Spatial simulation of characteristics for bamboo expansions(1980s~2010s)

Region	Bamboo species	Expansion characteristics			
		Area	Velocity	Distance	Moving route
Sacheon	<i>Phyllostachys nigra</i> var.(70%) + <i>Phyllostachys bambusoides</i> (30%) mixed forest 1.2ha → 3.7ha	2.5ha	0.08ha/yr	33m (1.1m/yr)	Initial bamboo stand → Valley
Geojae	<i>Phyllostachys pubescens</i> forest 1.9ha → 3.8ha	1.9ha	0.06ha/yr	28m (0.9m/yr)	→ Ridge

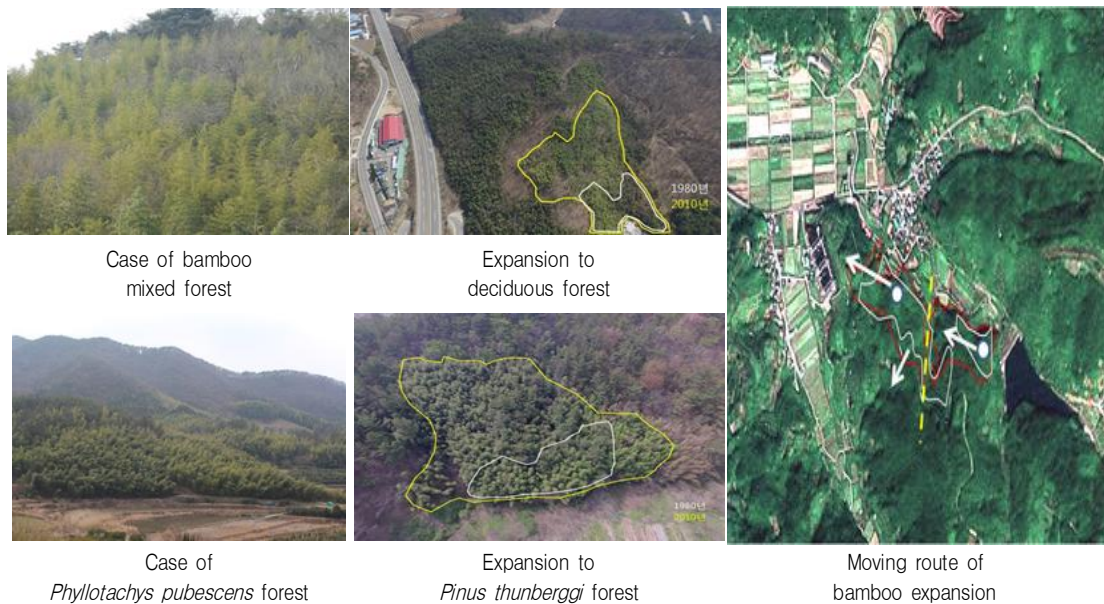


FIGURE 7. Classification of expansion types for bamboo forests

있는 유형을 확인하였다(표 3, 그림 6). 일본 가고시마 현의 경우, 15년간 죽림의 확산 조사 결과, 2.09m/yr 속도로 확산되었으며, 지하경은 6m/yr 성장하는 결과를 보였다(Okutomi *et al.*, 1996). 중국의 경우, 죽순대 임분이 인접한 전나무 임분으로 1.28m/yr, 상록활엽수 임분으로 1.04m/yr로 전나무 임분으로의 확산 속도가 빠른 것으로 나타났다(Mertens *et al.*, 2008). 사천과 거제지역의 확산 특성과는 다소 상이한 결과이지만 대상지 간의 기후 및 입지토양 환경 요소의 차이로 기인한 것으로 판단되며, 이들 요소들의 복합적인 영향이 작용한 것으로 사료된다(그림 7).

요약 및 결론

본 연구에서는 국내 처음으로 산림공간정보와 현지조사 자료를 활용하여 현재 방치되어 있는 대나무의 분포 유형 및 확산 특성을 구명하였다. 산림공간정보 및 현지표본점 조사자료 간의 데이터 유형 및 스키마를 정의하고 평가를 위한 관계형 데이터베이스로 구성하였다. 대나무 분포 유형은 관리형, 분리형, 쇠퇴형, 혼합형, 확산형으로 분류되었으며, 이 중 대표적인 대나무 분포 지역인 경상남도 사천과 거제지역에 분포하는 대나무 임분을 대상으로 무작위로 추출하여 1980년과 2010년의 항공영상을 활용하여 공간 시뮬레이션 분석한 결과, 사천지역 습대

(70%)+왕대(30%) 죽종 혼효림의 경우 30년간 확산면적 2.5ha, 연평균 0.08ha 규모로 계곡부에서 능선부로 이동 확산되고 있는 유형을 확인하였다. 거제지역 죽순대림의 경우, 30년간 2배 정도 확산된 것으로 확인되었으며, 연평균 0.06ha 규모로 계곡부 방향으로 이동 확산되고 있는 유형을 확인하였다. 일본과 중국의 사례와 유사한 상황이지만 기후 및 입지토양 등 환경요인에 대한 평가가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

그 동안 방치되고 있는 대나무의 지속성 및 건강성 확보를 위한 기초적인 자료 부족으로 민원 대응 및 정책 수립에 어려움을 겪었으나, 향후 비정상적인 대나무 임분의 관리기술 개발과 대나무 확산 방지 기술 개발을 위한 기초자료로 활용도가 높을 것으로 사료된다. 또한 향후 본 연구결과를 바탕으로 보완이 필요한 공간정보자료의 지속적인 자료 업데이트를 통해 표준화가 완료된 통합 형태의 관리 시스템 개발이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 따라서 앞으로는 기상이변, 에너지고갈 등에 대비하여 대나무 자원의 확보와 자원을 지속가능하게 하기 위한 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 여겨지며, 최종적으로 이를 전국 단위의 대나무 자원을 효율적으로 관리할 수 있도록 데이터베이스를 구축하고 대나무 자원에 대한 대중의 인식을 새롭게 하고 대나무 자원을 적극적으로 활용하기 위한 기반을 마련하여 대나무의 자원화를 위한 고밀도 바이오매스, 신재생에너지, 식·약용 등 생산 목적에 따라 숲을 조성하고 생육단계별로 관리하는 기술을 체계화 할 수 있는 시스템 구축이 필요할 것으로 판단된다. **KAGIS**

REFERENCES

- Mertens, B., L. Hua, B. Belcher, M. Ruiz-Pérez, F. Maoyi, and Y. Xiaosheng. 2008. Spatial patterns and processes of bamboo expansion in Southern China. *Applied Geography* 28(1):16-31.
- Hwang, J.D., Y.Q. Kang, Y.S. Suh, K.D. Cho, S.E. Park, L.H. Jang, and N.K., Lee. 2002. Estimation of the range of the suspended solid from the nakdong river using satellite imageries and numerical model. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 5(2): 25-33 (황재동, 강용균, 서영상, 조규대, 박성은, 장이현, 이나경. 2002. 위성영상 및 수치모델을 이용한 낙동강유출 부유토사 확산범위 추정. *한국지리정보학회지* 5(2):25-33).
- Isagi, Y. and A. Torii. 1998. Range expansion and its mechanisms in a naturalized bamboo species, *Phyllostachys pubescens* in japan. *Journal of Sustainable Forestry* 6(1/2):127-141.
- Jeong, K.S., T.H. Moon, J.H. Jeong, and S.Y. Heo. 2009. Analysis of spatiotemporal pattern of urban crime and Its influencing factors. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 12(1):12-25 (정경석, 문태현, 정재희, 허선영. 2009. GIS와 공간통계기법을 이용한 시·공간적 도시범죄패턴 및 범죄발생 영향요인 분석. *한국지리정보학회지* 12(1):12-25).
- Okutomi, K., S. Shinoda, and H. Fukuda. 1996. Causal analysis of the invasion of broad-leaved forest by bamboo in Japan. *Journal of Vegetation Science* 7:723-728.
- Kong, W.S. 2001. Spatio-temporal distributional change of bamboo. *Journal of the Korean Geographical Society* 36(4):444-457 (공우석. 2001. 대나무의 사-공간적 분포역 변화. *대한지리학회지* 36(4):444-457).
- KFS(Korea Forest Service). 2016. Statistical yearbook of forestry. p.361. (산림청. 2016. 임업통계연보. 361쪽).
- NIFOS(National Institute of Forest Science). 2005. Everything of bamboo. p.203. (국립

- 산림과학원. 2005. 대나무의 모든 것. 203쪽). NIFOS(National Institute of Forest Science). 2016. Distribution status of bamboo forest resources in Korea. p.17. (국립산림과학원. 2016. 우리나라 대나무 자원의 분포 현황. 17쪽).
- Ohrnberger, D. 1999. The bamboos of the world. Elsevier. p.596.
- Park, H.M. and T.K. Baek. 2009. Progress and land-use characteristics of urban sprawl in busan metropolitan city using remote sensing and GIS. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 12(1):23-33 (박호명, 백태경. 2009. 원격탐사와 GIS를 이용한 부산광역시 도시화지역의 확산과정과 토지이용 특성에 관한 연구. *한국지리정보학회지* 12(1):23-33).
- Xu, Q.-F., C.-F. Liang, J.-H. Chen, Y.-C. Li, H. Qin, and J.J. Fuhrmann. 2017. Running bamboo invasion in native and non-native regions worldwide. *Biological Invasions* 19(11):3459.
- Torii, A. and Isagi, Y. 1997. Range expansion of bamboo species in southern areas of Kyoto Prefecture, Japan, *Japanese Journal of Ecology* 47:31-41.
- Yeo, C.H., and Y.H. Seo. 2014. An analysis on the spatial spillover patterns of aging populations in rural areas. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 17(3):39-53 (여창환, 서윤희. 2014. 공간자기상관을 활용한 농촌지역 인구 고령화의 공간적 확산 분석. *한국지리정보학회지* 17(3):39-53). **KAGIS**