

Land Use, Land-Use Change and Forestry 매트릭스 작성을 위한 공간정보 특성 고찰*

황진후¹ · 장래익² · 전성우^{1*}

Analysis of Spatial Information Characteristics for Establishing Land Use, Land-Use Change and Forestry Matrix*

Jin-Hoo HWANG¹ · Rae-Ik JANG² · Seong-Woo JEON^{1*}

요 약

기후변화에 대응하기 위한 정책 수립과 이행을 위해 온실가스 인벤토리 작성의 중요성이 대두되고 있다. 이에 따라, 토지이용 항목과 변화들에 대해 공간 명시적으로 나타낸 Approach 3 수준의 Land Use, Land-Use Change and Forestry(LULUCF) 매트릭스 구축 필요성이 제기되고 있다. 본 연구에서는 LULUCF 매트릭스의 산림 항목을 중심으로 연속지적도, 중분류 토지피복지도, 임상도, 도시생태현황지도를 활용하여 LULUCF 매트릭스 구축에 적합한 공간정보를 검토하였다. 각 공간정보에 대한 분류 속성 비교를 실시하였고 충청남도 보령시를 대상으로 양적(면적) 비교, 질적(특성) 비교를 실시하였다. 양적 비교 결과 산림의 면적이 임상도에서 최고 50.42%(303.79 km²), 지적도에서 최저 46.09%(276.65km²)의 차이를 보였다. 질적 비교 결과 자료 구축 범위 차이, 자료 구축 목적 차이, 분류 항목 차이, 일필일목의 원칙 적용 여부의 차이, 자료구축 시기 차이 등 5가지 질적 특성의 차이를 확인하였다. 연구 결과 도시생태현황지도가 LULUCF 매트릭스 구축에 가장 적합한 공간 정보로 판단되었으나 전국구축이 되어있지 않은 한계로 토지피복지도가 가장 적합한 것으로 검토되었다. 또한, 도시생태현황지도, 임상도, 토지피복지도 등을 서로 종합하여 LULUCF 매트릭스를 구축하게 될 경우 각 공간정보의 한계를 보완할 수 있을 것으로 사료된다. 추후 전국토를 대상으로 하는 1:5,000 수준의 세분류 토지피복지도 및 도시생태현황지도가 완료 될 경우 LULUCF 매트릭스 작성의 정밀도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 환경공간정보, 산림 변화, 기후 변화, 정보 적합성, 양적 · 질적 비교

2018년 2월 13일 접수 Received on February 13, 2018 / 2018년 6월 15일 수정 Revised on June 15, 2018 / 2018년 6월 15일 심사완료 Accepted on June 15, 2018

* 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 ' (2017045A00-1720-BB01) ' 의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

1 고려대학교 환경생태공학과 Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University

2 고려대학교 환경GIS/RS 센터 Environmental GIS/RS Center, Korea University

* Corresponding Author E-mail : eepss_korea@korea.ac.kr

ABSTRACT

The importance of establishing a greenhouse gas inventory is emerging for policymaking and its implementation to cope with climate change. Thus, it is needed to establish Approach 3 level Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) matrix that is spatially explicit regarding land use classifications and changes. In this study, four types of spatial information suitable for establishing the LULUCF matrix were analyzed – Cadastral Map, Land Cover Map, Forest Map, and Biotope Map. This research analyzed the classification properties of each type of spatial information and compared the quantitative and qualitative characteristics of the maps in Boryeong city. Drawn from the conclusions of the quantitative comparison, the forest area showed the maximum difference of 50.42% (303.79km²) in the forest map and 46.09%(276.65km²) in the cadastral map. The qualitative comparison drew five qualitative characteristics: data construction scope difference, data construction purpose difference, classification standard difference, and classification item difference. As a result of the study, it was evident that the biotope map was the most appropriate spatial information for the establishment of the LULUCF matrix. In addition, if the LULUCF matrix is made by integrating the biotope, the forest map, and the land cover map, the limitations of each spatial information would be improved. The accuracy of the LULUCF matrix is expected to be improved when the map of the level-3 land cover map and the biotope map of 1:5,000 covering the whole country are completed.

KEYWORDS : *Environmental Spatial Information, Forest Change, Climate Change, Information Suitability, Quantitative & Qualitative Comparison*

서론

기후변화에 대응하여 정책을 수립하고 이행하기 위해서 국내 온실가스 배출원 및 흡수원을 파악하고 각 배출원과 흡수원에서의 배출량과 흡수량을 정확하게 산출하는 것이 매우 중요하다(Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2016). 우리나라에서는 2020년까지 Business As Usual(BAU) 대비 30% 감축 목표를 대내외에 발표하였으며, 배출권거래제 시행, 파리협정 비준 등으로 인해 국가 인벤토리 산정이 더욱 중요해지고 있다(Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2016). 이에 국내 저탄소 녹색성장 기본법 제45조에도 온실가스 종합정보관리체계의 구축에 대해 언급하고 있다.

Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) 지침에서는 온실가스 국가 인벤토리 산정에 있어 에너지(Energy), 산업공정(Industrial Processes), 용제 및 기타 제품사용(Solvent and Other Product Use), 농업(Agriculture), Land Use, Land-Use Change and Forestry(LULUCF), 폐기물(Waste)의 6개 분야를 구축하도록 하고 있다(Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2016). 본 연구에서는 LULUCF 분야의 인벤토리 구축에 필요한 기초 자료 제공을 목적으로 한다.

LULUCF란 토지이용과 목적, 형태에 따라 6개의 범주(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)로 구분하여 각 토지이용 범주별 인위적인 활동에 따른 온실가스 배출·흡수량과 토지이용변화에 따른 온실가스 배출·흡수량을 산출하는 분야이다(Greenhouse Gas Inventory

and Research Center, 2015). LULUCF 분야 매트릭스를 작성하는 방법에 대해서 IPCC 지침에서는 3개의 접근방법을 제시하고 있다. Approach 1은 정의된 공간 단위 이내 토지이용 면적의 합계를 반영한 것으로, 시간에 따른 토지이용의 순 면적 변화만을 추적할 수 있다. 하지만, 토지이용의 정확한 변화 탐지가 불가능하다는 한계가 있다. Approach 2는 주로 표본 추출을 통해 작성되며, 특정한 토지이용 카테고리 간의 변화에 대한 정보를 포함하는 매트릭스의 형태로 나타난다. Approach 3은 토지이용 카테고리 및 그 변화들에 대해 공간 명시적으로 나타난 것이다. 이는 특정한 지점의 위성영상 자료와 공간자료를 이용하여 변화를 추적한다 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006).

Approach 2 관련 선행 사례와 연구로는, 영국, 일본, 핀란드에서 NFI(National Forest Inventory)와 Sampling 방법을 이용하여 LULUCF 매트릭스를 구축하였고, Sampling과 Model Error를 이용한 접근을 시도한 Stahl, G *et al.*(2014)의 연구가 있다. 뉴질랜드에서는 Approach 2 방법과, 위성영상을 이용한 Approach 3 방법을 혼합하여 1990년도에서 2008년까지 토지이용 면적을 산출한 사례가 있으며, Miphokasap(2017)는 태국을 대상으로 Approach 3 수준의 매트릭스를 구축한 바 있다. 국내의 경우 Yu *et al.*(2015)가 경기도를 대상으로 KLIS(Korea Land Information System), UPIS(Urban Planning Information System) 등의 정보를 이용하여 Approach 3 수준의 매트릭스를 구축한 바 있다.

IPCC 지침에 따르면, 토지면적을 유지된 토지이용과 타토지로 전용된 토지이용면적으로 구분하여 산정하는 것을 원칙으로 하고 있다. 하지만 현재 우리나라는 통계자료에 기반한 Approach 1을 사용하고 있기 때문에 전용 면적 파악에 한계가 있다(Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2015). 따라서 본 연구에서는 공간정보를 반영하는 Approach 3 수준에서의 LULUCF 매트릭스 구

축을 위한 기초 자료 검토를 수행하였다.

Approach 3 수준의 LULUCF 매트릭스를 구축하기 위해서는 어떤 공간정보를 이용할 것 인지를 결정하는 것이 중요하다. 우리나라에서는 다양한 기관에서 토지피복지도, 연속지적도, 임상도, 스마트 팜 맵, 도시생태현황지도 등 다양한 공간정보를 제공하고 있다. 하지만 각 공간정보는 제작 목적과 토지이용범주별 분류 기준에 차이가 있어 정합성에 차이가 있다 (Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2015).

본 연구에서는 산림 분야를 중심으로 LULUCF 작성에 적합한 공간정보를 검토하였다. 산림은 국토의 64%를 차지하고 있으며, 산림면적은 개발 등으로 인한 산림 전용으로 인해 면적이 감소하고 있는 추세이다(임업통계연보, 2017). 또한 산림은 이산화탄소의 주요 흡수원으로 작용하기 때문에, 산림 지역의 변화는 LULUCF 매트릭스 작성에 있어 중요하다 (Fuchs *et al.*, 2009).

본 연구에서는 각 공간정보를 3가지 방법으로 비교하였다. 첫째, 각 공간정보에서 토지이용 범주 중 산림에 대한 분류기준을 살펴보았다. 둘째, 각 공간정보에서 산림을 추출하여 면적을 비교(양적 비교)하였다. 셋째, 그 차이에 대해 정성적 분석(질적 비교)을 수행하였다. 3가지 비교 방법을 통하여 각 환경정보의 LULUCF 매트릭스 구축에 대한 적합성을 평가하며, 향후 Approach 3 수준의 LULUCF 매트릭스 작성을 위한 공간 정보 구축 시 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

연구 방법

1. 연구 재료

국가·지자체·민간 등에서 생산되는 공간 정보 중 정보의 신뢰성, 갱신의 연속성, 인문·사회적 특성과 물리적 특성의 비교 등을 바탕으로 본 연구에서는 연속지적도(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2017), 중분류

토지피복지도(Ministry of Environment, 2013), 5차 임상도(Korea Forest Service, 2010), 도시생태현황지도(Boryeong-si, 2011)를 검토하였다.

연속지적도란, 공간정보 구축 및 관리 등에 관한 법률 제2조에 따르면, 지적측량을 하지 아니하고 전산화된 지적도 및 임야도 과일을 이용하여, 도면상 경계점들을 연결하여 작성한 도면으로서 측량에 활용할 수 없는 도면을 말한다. 연속지적도는 토지이용규제 기본법의 지역·지구 등의 지정 시 이용된다.

토지피복지도란, 환경부 토지피복지도 작성지침 제2조에 따르면, 지구표면 지형지물의 형태를 과학적 기준에 따라 분류하고 동질의 특성을 지닌 구역을 지도형태로 표현한 환경주제도를 말한다. 토지피복지도는 자연환경, 수질, 대기 분야의 GIS 시스템 구축 및 모델링 프로그램을 위한 필수 정보로 활용되며, 수질오염물질 부하량 계산, 대기오염모델링 등에서도 활용 가능하다(Korea Environment Institute, 1999).

임상도란, 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 제8조의2에 따르면, 산림의 효율적인 경영·관리에 활용하기 위하여 전국의 산림에 대하여 수목의 종류·지름·나이 등 산림의 현황을 종합적으로 표시한 도면을 말한다. 임상도는 국가산림통계 산출을 위한 기초 자료로 활용되며(Korea Forest Research Institute, 2011) 산림관리계획, 도시관리계획 등 각종 계획 수립의 기초자료와 국토환경성평가지도 제작 등과 같은 타 주제도를 제작하는 데 기초 자료로 사용되고 있다(Korea Forest Research Institute, 2008).

도시생태현황지도란, 자연환경보전법 제34조에 따르면, 환경부장관이 작성한 생태·자연도를 기초로 하여 관할 도시지역의 상세한 생태·자연도를 말한다. 도시생태현황지도 작성지침에서는 토지이용 형태를 기반으로 공간(비오톱)유형을 구분하고 각 비오톱의 생태적 특성을 조사·평가하여 비오톱의 가치를 등급화한 지도로 정의된다. 도시생태현황지도는 지역의 자연환경보전, 생태네트워크 조성, 지역의 환경친화적인 공간 관리를 위한 기초자료로 활용하기 위해 구

축되었다(Ministry of Environment, 2013). 도시생태현황지도는 환경부 장관 권고사항으로, 각 지자체별로 작성하도록 하고 있다(Park *et al.*, 2016).

2. 연구 대상지

본 연구의 대상지인 보령시는 산림, 해안, 도시 등 다양한 토지이용 범주를 포함하고 있으며 지자체에서 자체적으로 생산한 도시생태현황지도를 보유하고 있어 본 연구의 수행에 적합한 지역으로 볼 수 있다. 보령시는 충청남도의 서부 중앙에 위치하며 동으로는 청양군, 북으로는 홍성군, 남으로는 서천군, 부여군에 접하고 있으며, 서편에는 서해와 접하고 있으며 면적은 569.40km²이다(Boryeong-si, 2016)(그림 1).

3. 연구 방법

본 연구는 각 공간정보의 속성 특성, 양적 특성, 질적 특성에 대해 고찰하였다. 첫째, 속성 특성 비교에서는 각 공간정보에서의 산림의 정

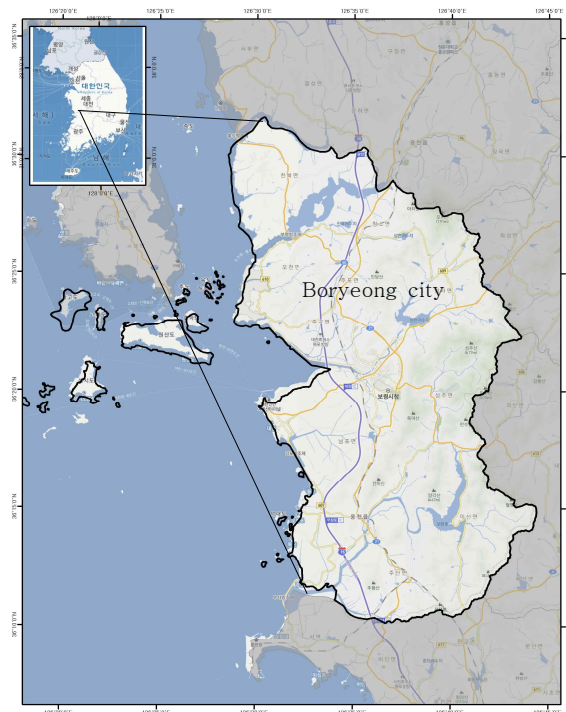


FIGURE 1. Research Area

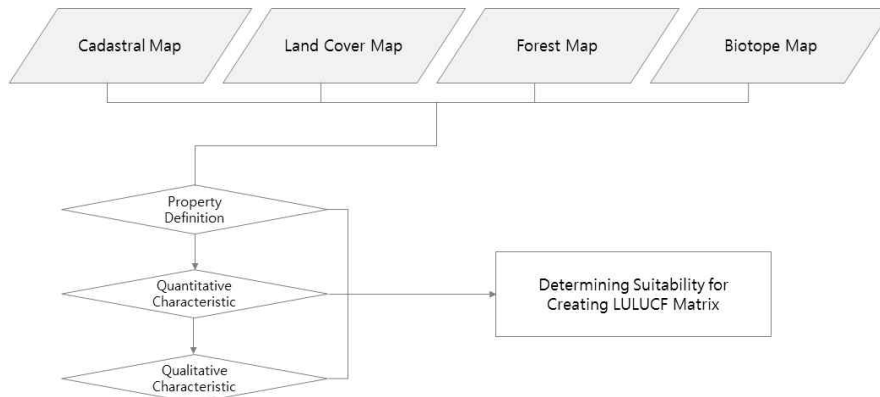


FIGURE 2. General job flow for determining Suitability for Creating LULUCF Matrix

의를 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 산림의 정의와 비교하였다. 둘째, 양적 특성 비교에서는 각 공간정보에서 산림에 해당하는 지역을 추출하여 면적을 비교하였다. 각 공간정보 상호간의 면적 비교와, 지적통계, 산림통계 등 통계자료와의 비교를 실시하였다. 셋째, 질적 특성 비교에서는 각 공간정보 상에서의 산림 경계의 차이를 확인하고, 불일치 이유를 유형화하여 분석하였다. 또한, 각 비교 결과를 종합하여 어떤 공간정보가 LULUCF 매트릭스의 구축에 적합한지를 판단하고 가장 적합한 공간정보를 선정하였다(그림 2).

결과 및 고찰

1. 결과

1) 속성 비교

IPCC Guideline에서 임지(Forest)는 목본식생으로 된 모든 지역을 포괄하는 개념이며, 현재 산림으로 정의될 수 있는 한계 이하의 식생을 가졌지만, 현장에서 잠재적으로 산림으로 포함될 수 있는 지역을 포함한다.

공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령에서 정의하고 있는 연속지적도는 28개의 지목으로 구성되어 있다. 이 중 산림에 해당하는 임야는 산림 및 원야를 이루고 있는 수림지·죽림지·암석지·자갈땅·모래땅·습지·황

무지 등의 토지를 말한다. 토지피복지도 작성지침에서는 7개의 대분류, 22개의 중분류, 41개의 세분류 항목으로 분류하고 있는데 토지피복지도에 해당하는 산림지역은 수목이 집단적으로 생육하고 있는 토지를 말하며, 활엽수림, 침엽수림, 혼효림을 포함한다. 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에 따르면 임상도에서 산림이란 집단적으로 자라고 있는 입목·죽과 그 토지, 집단적으로 자라고 있던 입목·죽이 일시적으로 없어지게 된 토지, 입목·죽을 집단적으로 키우는 데에 사용하게 된 토지, 산림의 경영 및 관리를 위하여 설치한 도로를 포함한다. 도시생태현황지도 작성지침에 따르면 도시생태현황지도에서 산림지역은 크게 조림지와 자연림으로 나뉜다. 조림지는 인공 조림한 수목이 일정 기간 이상 자라고 있는 토지를 의미하며, 자연림은 수목이 자연적으로 자라고 있는 토지 및 그에 속한 나지, 토지 등을 의미한다.

속성 비교를 통해 도출해 낼 수 있는 사실은 다음과 같다. 첫째, 잠재적으로 산림으로 포함될 수 있는 지역에 관련된 개념이다. 임상도에서는 입목·죽을 집단적으로 키우는 데 사용하게 된 토지를 산림의 정의에 포함시켰다. 하지만 다른 공간정보에서는 잠재적으로 산림으로 포함될 수 있는 지역에 대해서는 산림의 정의에 포함시키지 않았다.

둘째, 수목 외 지역에 대한 분류 기준에 대한 차이가 있다. 연속지적도에서는 암석지·자갈

땅·모래땅·습지·황무지 등을 포함하고 있으며, 임상도에서는 산림의 경영 및 관리를 위하여 설치한 도로를 포함하고 있다. 도시생태현황도에서도 나지와 토지 일부를 산림지역에 포함하고 있다. 이에 반해 토지피복지도에서는 산림 내 수목 외 지역을 다른 분류항목으로 분류하고 있다.

2) 양적 비교

충청남도 보령시를 대상으로 연속지적도, 중분류 토지피복지도, 임상도, 도시생태현황지도에서 산림에 해당하는 부분을 추출하여 그 면적을 비교하였다. 연속지적도에서 임야에 해당하는 면적은 276.65km²(46.09%), 중분류 토지피복지도에서 산림에 해당하는 면적은 300.24km²(49.84%), 임상도에서 산림에 해당하는 면적은 303.79km²(50.42%), 도시생태현황지도에서 산림에 해당하는 면적은 290.47km²(48.41%)로 나타났다. 정부 통계인 지목통계(2015)에서는 산림의 면적을 329.93km²(57.94%), 산림통계(2016)에서는 임야의 면적이 316.77km²(55.63%)로 나타났다(표 1).

임상도에서 가장 넓은 면적 및 비율이 산림으로 표현되었으며, 연속지적도에서 가장 적은 면적이 산림으로 표현되었다. 정부 통계인 지목통

계 및 산림통계와 비교해 보았을 때, 통계자료와 공간정보 면적 간에 상당한 차이를 보였으며, 공간정보에서 산림의 면적이 작게 나타났다. 각 주제도 및 통계에서 다루는 산림 면적의 차이는 이전 항에서 분석한 산림 정의의 차이 및 다음 항에서 다룰 질적 요소에 따른 차이에서 기인한 것으로 추정된다.

3) 질적 비교

각 주제도가 나타내는 산림 간의 차이를 몇 가지 유형으로 나누어 질적 비교를 시행하였다. 각 주제도가 차이가 나는 원인으로는 자료구축 범위의 차이, 자료구축 목적의 차이, 분류항목 차이, 일필일목의 원칙 적용 여부, 자료구축 시기의 차이 등이 있다.

① 자료구축 범위의 차이

366013 도엽(호도, 1:25,000)의 경우, 연속지적도, 도시생태현황지도에서는 정상적으로 도엽이 구축되었지만, 중분류 토지피복지도, 임상도의 경우 도엽 자체가 구축되지 않았다(그림 3). 그리하여 본 도엽에 분포하는 삽시도 등 지역에 분포되어 있는 산림의 경우 연속지적도와 도시생태현황지도에서만 표현되고 토지피복지도, 임상도에서는 누락됨을 볼 수 있다. 대상 지

TABLE 1. The area and ratio of forest in each spatial information and statistical data

	Cadastral map	Land cover map	Forest map	Biotope map	Land category statistics	Forest statistics
Forest area(km ²)	276.65	300.24	303.79	290.47	329.93	339.69
Forest ratio(%)	46.09	49.84	50.42	48.41	57.94	59.66
Total area(km ²)	600.24	602.41	602.52	600.02	569.43	569.40

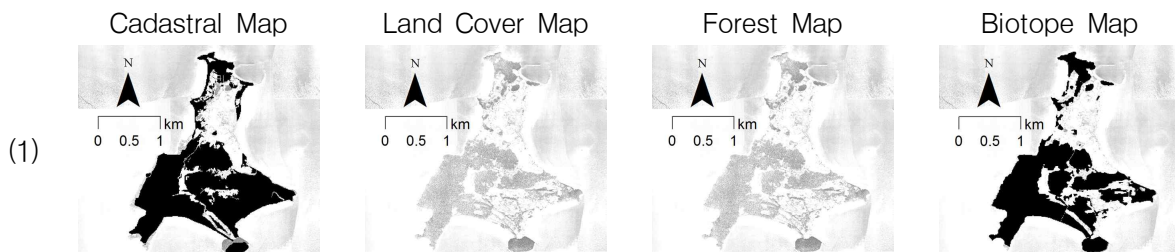


FIGURE 3. Results of qualitative comparison between spatial information (1)Difference in scope of data construction / Legend: Forest Area

역의 경우 해양수가 대부분인 도엽으로 토지피복지도 및 임상도 구축 시 효율적인 사업비 집행을 위해 구축과 갱신 대상에서 제외되었다.

② 자료구축 목적 차이

지적도의 경우 지목을 표현한다. 지목이란 공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 제2조에 따르면 토지의 주된 용도에 따라 토지의 종류를 구분하여 지적공부에 등록한 것을 말한다. 즉, 지적도의 경우 토지의 용도를 나타내는 것이지 지표면의 현 상태를 나타내는 것은 아니며, 토지의 용도와 지표면의 현 상태는 다를 수 있다. 예시 지역은 중분류 토지피복지도, 임상도, 도시생태현황지도에서는 현재 상태인 산림으로 나타나지만, 지적도에서는 토지의 용도인 대지로 나타나 있다(그림 4). Yoon *et al.*(2009)의 연구에 따르면 이러한 토지피복 및 토지이용과 실제 지목간의 차이는 행정적·사회적인 문제를 야기할 수 있다.

③ 분류 항목 차이

같은 토지 피복 유형이 각 공간 정보의 분류 항목에 따라 다르게 분류된 경우가 존재하였다.

대표적으로 묘지의 경우, 지적도에서는 묘지가 별도의 분류항목으로 임야에 포함되지 않고, 임상도에서도 묘지는 제지에 해당하여 산림으로 분류되지 않는다. 그에 반해 중분류 토지피복지도와 도시생태현황지도에서는 묘지가 산림으로 관독되어 산림 항목으로 분류된다(그림 5).

임도의 경우에도 주제도 별 분류 기준이 다르다. 지적도의 경우에는 도로 필지가 따로 구분되어 있는 경우 도로와 산림으로 분리되어 표현된다. 중분류 토지피복지도의 경우 최소 분류 기준(12m) 이하의 도로는 도로로 구분되지 못한다. 임상도에서는 임도가 산림의 정의 안에 포함되어 산림으로 구분되며, 도시생태현황도에서는 도로로 구분된다(그림 6).

⑥ 일필일목의 원칙 적용 여부

지적도는 일필일목의 원칙을 따르고 있다. 일

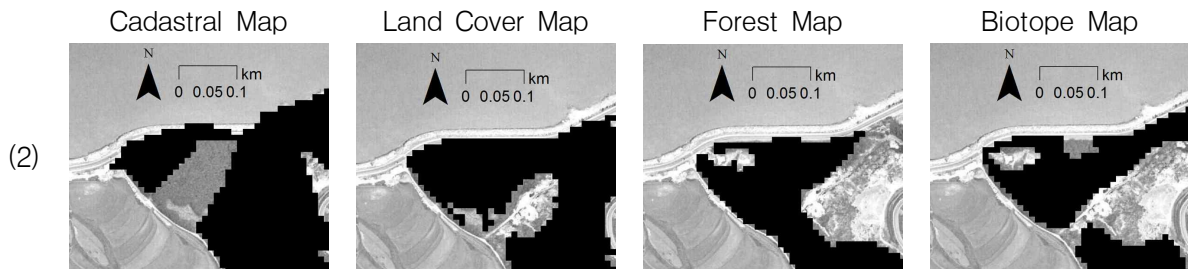


FIGURE 4. Results of qualitative comparison between spatial information (2)Difference between purpose of data construction / Legend: Forest Area

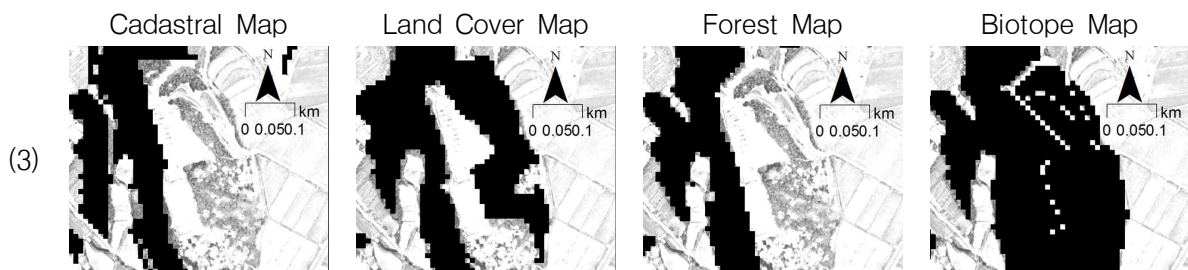


FIGURE 5. Results of qualitative comparison between spatial information (3)Difference of classification criteria - cemetery / Legend: Forest Area

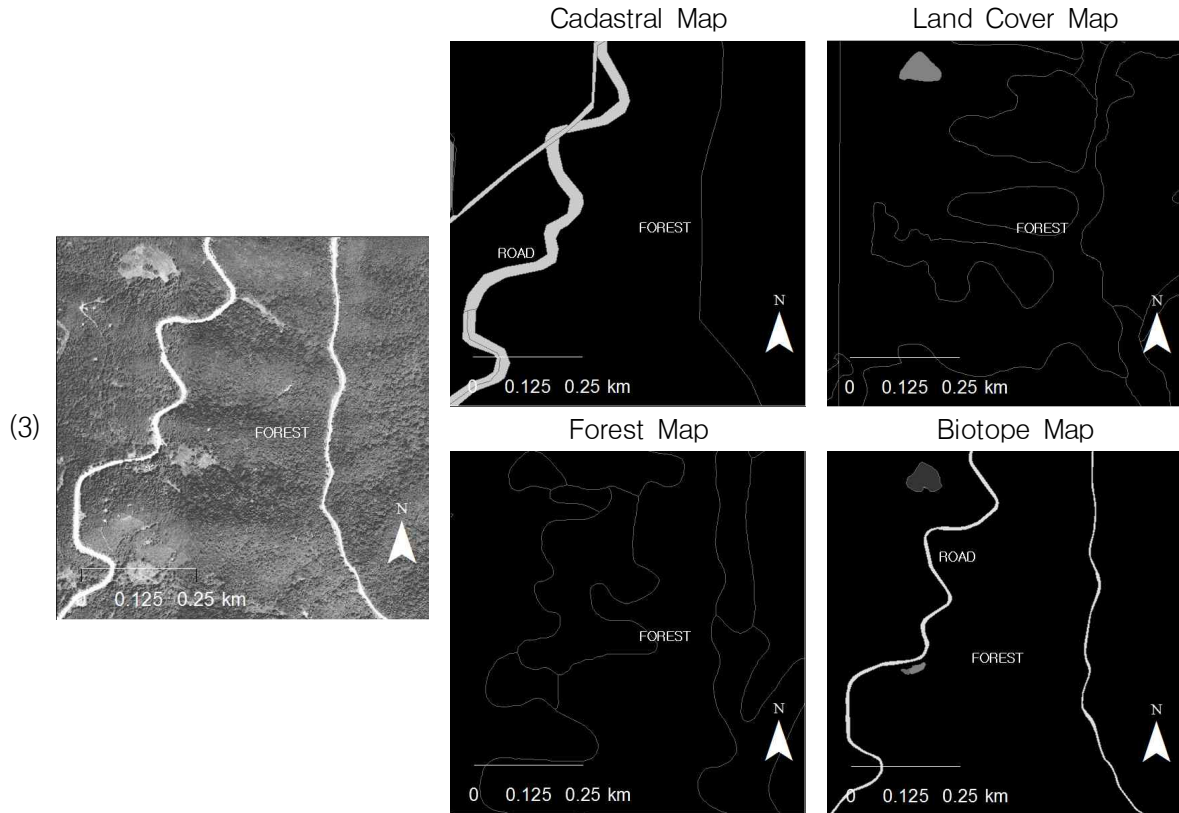


FIGURE 6. Results of qualitative comparison between spatial information (3) Difference of classification criteria - forest road / Legend: Forest Area Road

필일목의 원칙이란 모든 토지는 필지별로 하나의 지목을 가진다는 원칙이다(Hong *et al.*, 2004). 다시 말해, 지적도는 실제 피복과는 다르게 하나의 필지는 하나의 지목을 가지게 된다. 그에 반해 중분류 토지피복지도, 임상도, 도시생태현황지도는 필지와 관계없이 토지 피복에만 영향을 받는다. 그리하여 지적도와 나머지 지도 간 차이가 발생한다. 아래 사례 사진 상단부의 농지는 중분류토지피복지도, 임상도, 도시생태현황도에서는 농지로 분류되지만, 연속지적도에서는 실제 피복이나 이용과 상관 없이 하나의 필지로 되어 있기 때문 일괄적으로 임야로 분류되었다(그림 7). Kim and Kwon(2011)의 연구에서는 지적도의 일필일목의 원칙은 다양한 토지이용이나 토지활용과 관계없이 하나의 필지의 주된 목적만 반영한다는 문제점을 제기하고 복수지목 또는 입체적 지목의 도입을 주장한 바

있다.

⑦ 자료구축 시기의 차이

연속지적도의 제작 시기는 2017년, 중분류 토지피복지도는 2013년, 도시생태현황지도가 2011년 제작되었으며, 5차 임상도의 제작 시기는 2010년으로 앞선 세 공간정보에 비해 제작 시기가 이른다. 또한, 5차 임상도는 2010년 당시의 산림 자료를 바탕으로 제작된 것이 아닌 2004년~2006년 촬영된 산림청 항공사진과 전국산림자원조사를 기반으로 제작되었다(Korea Forest Research Institute, 2011). 즉 현재의 토지피복 상태와 차이가 존재할 수밖에 없다. 본 예시 지역은 산림 지역이 목장으로 전환된 지역을 포함하고 있다. 비교적 최근 제작된 연속지적도, 중분류 토지피복지도, 도시생태현황지도의 경우는 해당 지역을 산림으로 표현하지 않

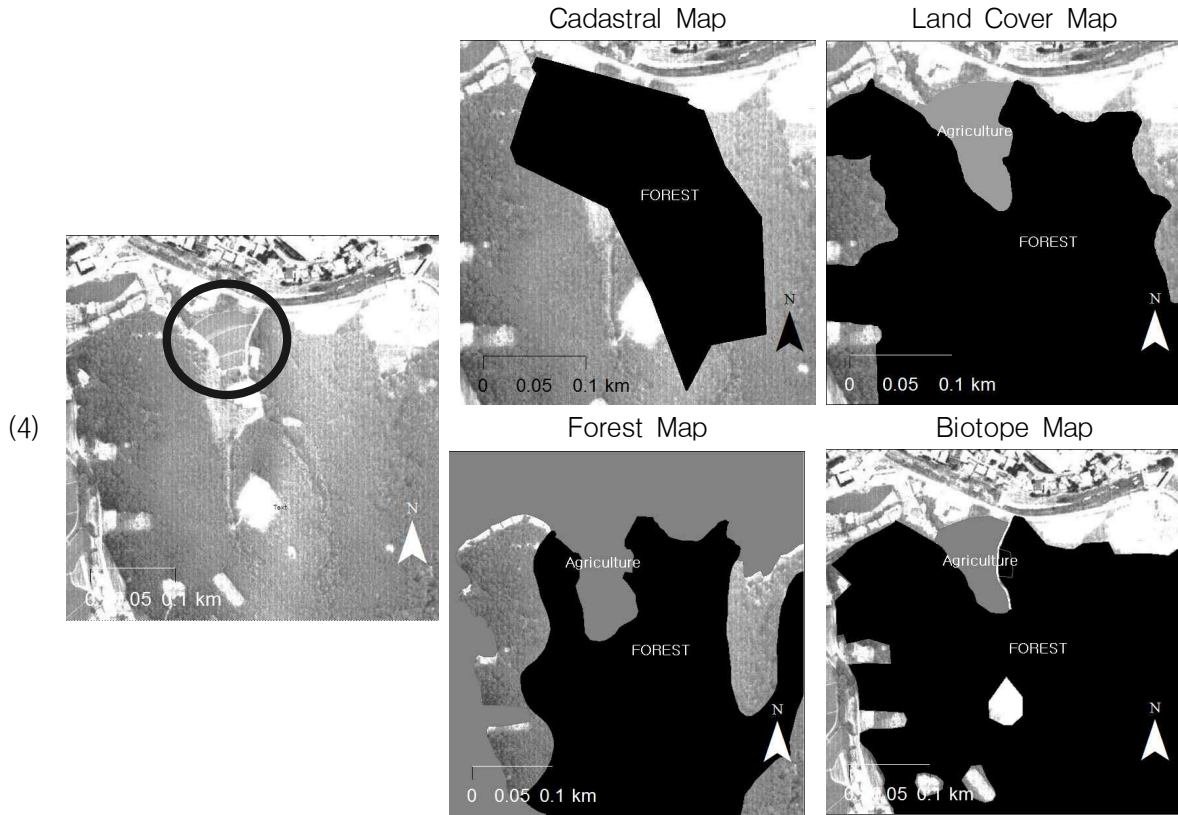


FIGURE 7. Results of qualitative comparison between spatial information (4)Difference in application of principle of one purpose per one parcel / Legend: Forest Area Agriculture Area

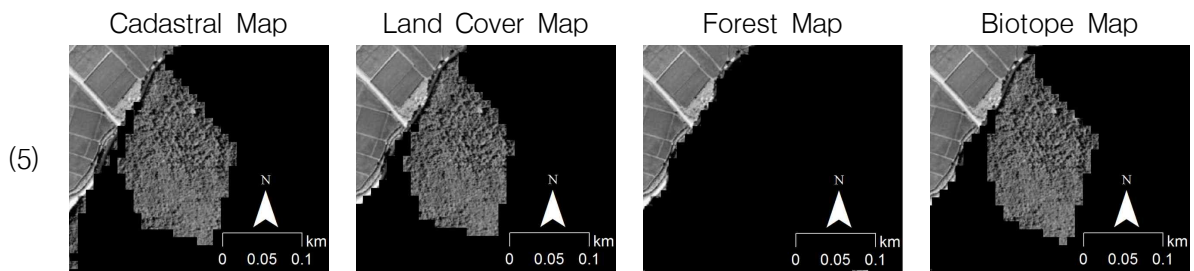


FIGURE 8. Results of qualitative comparison between spatial information (5)Difference of production time / Legend: Forest Area

지만, 임상도는 해당 지역을 여전히 산림으로 표현하고 있다(그림 8).

2. 고찰

공간정보의 일반적인 특성과 질적 비교 결과를 통해 각 공간정보가 LULUCF 매트릭스 구

축에 적합한지를 판단하였다(표 2).

공간정보의 일반적인 특성으로 전국 구축 여부와 LULUCF 분류 가능 여부를 파악하였다. 지적도, 토지피복지도, 임상도는 전국적으로 구축되어 있으나, 도시생태현황지도의 경우에는 일부 지자체만이 구축하고 있어 전국 토지이용

TABLE 2. Suitability for making LULUCF Matrix

		Category	CM	LCM	FM	BM
1	General comparison	Nationwide construction	○	○	○	△
2		Possibility of LULUCF classification	○	○	△	○
3		Scope of data construction	○	○	○	○
4	Qualitative comparison	Purpose of data construction	△	○	○	○
5		Data characteristics(One Parcel-One object principle)	△	○	○	○
6		Production time	○	○	○	○

CM: Cadastral Map, LCM: Land Cover Map, FM: Forest Map, BM: Biotope Map

○: Very Suitable ○: Suitable △: Need to be supplemented

매트릭스 구축에는 부적합하다. LULUCF 매트릭스 분류 가능 여부를 살펴보면, 지적도, 토지피복지도, 도시생태현황지도의 경우 LULUCF의 6개 카테고리로 분류 가능하나, 임상도의 경우 산림 분류에 특화되어 있기 때문 산림 내부의 분류에 이용하기에는 적합하지만, LULUCF의 카테고리로 분류하기에는 한계가 있다.

질적 비교에서는 자료구축 범위, 자료구축 목적, 자료 특성, 작성 시기 차이에 대해 비교하였다. 자료구축 범위에 대해서는, 토지피복지도와 임상도에서는 일부 도서지역의 누락된 도엽이 존재하지만, 지적도와 도시생태현황지도에서는 도서지역 도엽을 포함하였다. 자료구축 목적에 대해서는, 지적도는 토지의 용도, 미래의 목적을 나타냄으로 현 상태를 나타내는 LULUCF 매트릭스 구축에 이용하기 부적합하지만, 토지피복지도, 임상도, 도시생태현황지도는 현재의 토지 상태를 나타내므로 LULUCF 매트릭스 구축에 적합하다. 한편, 일필일목의 원칙을 적용하고 있는 지적도는 실제의 피복과 차이가 있어 LULUCF 매트릭스 구축에 사용하는 것이 부적합하다고 판단된다. 자료구축 시기의 차이 측면에서는 지적도, 토지피복지도, 도시생태현황지도의 경우 비교적 최신 자료이지만, 임상도의 경우에는 현재의 토지피복과 차이가 존재하였다. 하지만 LULUCF 매트릭스 구축에서는 최신성 여부보다 갱신 주기가 더 중요한 요인이라 판단된다. Approach 3 수준의 LULUCF 매트릭스 구축을 위해서는 특정 시기의 시계열 정보가 필요한데, 갱신 주기가 길 경우 정보 획득이 불리하기 때문이다. 추가적으로, 분류가 분명하지 않

은 항목에 대해서 LULUCF 매트릭스 분류 기준에 맞게 판단하는 작업이 필요할 것이라 사료된다.

결론


현행 국내 LULUCF 매트릭스는 Approach 1 형태로 구축이 되고 있어 공간적 변화를 감지하는 데 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 한계점을 극복하기 위해 Approach 3 수준의 매트릭스 구축 방안을 제시하였고, 현재 구축되어 있는 환경 정보를 대상으로 속성, 양적, 질적 분석을 시행하였다.

LULUCF 매트릭스 구축에 대한 각 공간정보의 적합성을 종합해 보았을 때, 도시생태현황지도와 토지피복지도가 가장 적합하다고 판단하였다. 하지만, 전국 단위의 LULUCF 매트릭스 구축을 위해서는 현재 전국 구축이 완료되지 않은 도시생태현황지도보다는 토지피복지도의 이용이 가장 적합한 것으로 사료된다. 하지만 토지피복지도 또한 일부 도서지역이 누락되는 등 한계가 존재하기 때문에, 이러한 점에 대해서는 도시생태현황지도나 지적도 등 다른 공간정보를 통합하여 사용할 경우 각 공간정보의 한계를 보완할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 현행 구축된 환경 정보만을 대상으로 적합성 판단을 진행하였다. 하지만 각 공간정보의 제작 목적은 LULUCF 매트릭스 작성을 목적으로 제작된 것은 아니기 때문에 LULUCF 매트릭스에서 요구하는 기준과는 차이가 있다. 향후 LULUCF 매트릭스 구축을 위

해 환경공간정보를 신규로 제작할 시, 신규 제작된 환경공간정보 적합성 평가 시에도 활용 가능하다는 장점이 있다.

하지만 평가 기준이 모호하거나 주관적인 부분이 있어 평가 기준을 객관화하고 체계화하는 과정이 추가적으로 필요하다고 생각된다. 또한, LULUCF 매트릭스 작성에 더욱 적합한 기준이 있으면 평가 시 추가적 항목으로 활용할 수 있을 것이다.

본 연구는 자료 간의 차이에 의해 나타나는 문제에 대응하고, 추후 정책수립 및 집행 등의 과정에서 활용 가능한 공간자료 선정을 위한 기초 정보를 검토하였다. 향후 전 국토를 대상으로 하는 1:5,000 수준의 세분류 토지피복지도 및 도시생태현황지도의 구축이 완료될 경우, 토지이용 매트릭스 구축의 정밀도를 향상시킬 수 있는 추가적인 연구가 진행될 수 있을 것으로 기대된다. 

REFERENCES

- Boryeong-si, 2016. Boryeong-si statistics annual report, BORYEONG, KOREA (보령시, 2016. 보령시 통계연보, 보령시, 대한민국)
- Fuchs, H., P. Magdon, C. Kleinn and H. Flessa. 2009. Estimating above ground carbon in a catchment of the Siberian forest tundra: combining satellite imagery and field inventory. *Remote Sensing of Environment* 113: 518-531.
- Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2016. 2016 National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea, SEOUL, KOREA (온실가스종합정보센터, 2016. 2016 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 서울특별시, 대한민국).
- Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2015. A Study on the GIS-based approach 3 methodologies for the land use matrix of the LULUCF Sector, SEOUL, KOREA (온실가스종합정보센터, 2016. 공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 구축 방안 연구, 서울특별시, 대한민국).
- Hong, S.E., D.H. Yi and S.H. Park. 2004. Land Category Non-coincidence measurements using high resolution satellite images and digital topographic maps, *The Journal of GIS Association of Korea* 12(1):43-56 (홍성언, 이동현, 박수홍, 2004. 고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용한 지목 불부합의 정도 측정, 한국공간정보학회 12(1):43-56).
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IGES, JAPAN.
- Kim, J.H. and K.W. Kwon. 2011. The subdivision method of land category for the efficient registration of land use in building site, *Journal of the Korean cadastre information association* 6(1): 65-79 (김준현, 권기욱, 2011. “대” 지목의 효율적 토지이용 등록을 위한 지목세분화 방안, 한국지적학회 6(1):65-79).
- Korea Forest Research Institute, 2011. Production of the fifth forest map using aerial photograph DB data, SEOUL, KOREA (국립산림과학연구원, 2011. 항공사진 DB자료를 활용한 제5차 임상도 제작, 서울특별시, 대한민국).
- Korea Forest Service, 2016. 2016 Statistical Yearbook of Forestry, DAEJEON, KOREA (산림청, 2016. 2016 산림통계연보, 대전광역시, 대한민국).
- Ministry of Environment, 2013. Demonstration

- project for National Environmental Map, SEJONG, KOREA (환경부, 2013. 국가환경 지도 구축 시범사업, 세종특별자치시, 대한민국).
- Miphokasap, P., 2017. Spatial inventory of CO₂ emissions and removals from land use and land use changes in Thailand, *Chemical Engineering Transactions* 56: 13–18.
- Park, S.C., B.H. Han, M.J. Park, H.D. Yun and M.J. Kim, 2016. A study on the possibility of utilizing both biotope maps and land cover maps on the calculation of the ecological network indicator of city biodiversity index, *J. KILA* 44(6): 73–83 (박석철, 한봉호, 박민진, 윤형두, 김명진, 도시생물다양성 지수(CBI) 중 생태네트워크 산정을 위한 도시생태현황지도 및 토지피복지도 활용 가능성 연구, *한국조경학회* 44(6):73–83).
- Stahl, G., J. Heikkinen, H. Petersson, J. Repola and S. Holm. 2014. Sample-based estimation of greenhouse gas emissions from forests—a new approach to account for both sampling and model errors, *Forest Science* 60(1):3–13.
- Yoon, J.D., H.J. Lee, D.G. Yoon and C.S. Seo. 2009. An examination of the cadastral system and its efficient adjustment, *Journal of the Korean cadastre information association* 12(2): 247–266 (윤정득, 이현정, 윤동건, 서철수, 2009. 지목체계의 효율적 개선방안에 관한 연구, *한국지적학회지* 25(2): 247–266).
- Yu, S.C., J.W. Ahn and J.A. Ok, 2013. A study on construction plan of the statistics for national green house gas inventories(LULUCF SECTOR), *Journal of Korea Spatial Information Society* 23(3):67–77 (우선철, 안종욱, 옥진아, 2013. 국가 온실가스 인벤토리 LULUCF 부문 통계 구축방안에 관한 연구, *한국공간정보학회* 23(3):67–77). **KAGIS**