



ISSN 1229-8565 (print)

한국지역사회생활과학회지

Korean J Community Living Sci

ISSN 2287-5190 (on-line)

27(S) : 681~688, 2016

27(S) : 681~688, 2016

<http://dx.doi.org.10.7856/kjcls.2016.27.2.681>

토지피복 지도를 이용한 생태계 서비스 가치 변화 분석

박미정·전정배[†]·최진아·김은자·임창수

농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 농촌환경자원과

Analysis of Ecosystem Service Value Change Using a Land Cover Map

Meejeong Park · Jeong Bae Jeon[†] · Jin Ah Choi · Eun Ja Kim · Chang Su Im

Dept. of Agricultural Environment Rural Environment & Resources Division, National Academy of Agricultural Science,
Rural Development Administration, Wanju, Korea

ABSTRACT

This study examined the effective uses of an ecosystem service value assessment in the fields of rural planning and development through archiving and reviewing/analyzing existing concepts, evaluation methods and prior examples of Ecosystem services. Based on land cover analysis, this study evaluated the usability changes in the ecosystem service value for a period spanning 1975 to 2000. The results from the countrywide data survey (with an exception of Jeju island) showed a 33.15% decrease in ESV by 2000. The total ESV represented 5,385 million USD in 1975, and 3,600 million USD in 2000 of the study area. In addition, the ecosystem service value with a scale of metro cities and provinces was also examined. The ESV of most regions decreased by 2000, but Daejeon and Gyeongnam, and Gyeongbuk provinces increased. The trends of year to year changes in the ESV were very diverse throughout the country. Jeonnam showed the smallest decrease, 747 million USD, which is 59% of the ESV in 1975. Nevertheless, the despite the regional differences in available natural resources, the natural resource assets value is ultimately determined by rural development policies and regional economic attributes. Therefore, an ecosystem service must be considered as an important criterion for rural planning and development policy.

Key words: ecosystem service, ecosystem service value, value assessment, land cover

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ01202302)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Received: 4 October, 2016 Revised: 11 October, 2016 Accepted: 26 October, 2016

[†]Corresponding Author: Jeong Bae Jeon Tel: +82-63-238-2617 E-mail: maxnight703@cbnu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

최근 환경보전계획이 보전 중심에서 올바른 이용으로 전환되면서 농촌에서도 생물다양성 보전 등 생태계에 대한 관심이 확대되고 있고 농촌지역개발사업에도 반영되고 있다. 경관보전직불제, 창조적마을만들기, 함께가꾸는 농촌운동, 농촌다원적 자원활용사업 등이 그 대표적인 사례이다. 그러나 개발이나 보전과 관련된 이해 당사자들은 개발로 인하여 어떠한 생태계가 얼마나 파괴되며 어떠한 생물종들이 사라지는가는 알 수 있지만, 그 개발로 인해 인류복지에 영향을 미치는 현실적인 생태계 서비스가 얼마나 영향을 받는가는 실제 모른다(Chun & Hwang 2015). 즉 농촌의 문화자연환경을 잘 이용하기 위해서는 자연자원으로 인한 생태계 서비스 가치에 대한 인식이 선행되어야 하고 농촌지역 계획 수립 시에도 농촌의 생태계 서비스 가치에 대한 객관적이고 정량적인 평가가 이루어져야 한다.

UN 환경계획(UNEP)의 새천년생태계평가(Millennium Ecosystem Assessment 2005)보고서는 생태계 서비스에 대한 각국의 정책적 관심을 촉구하고, 생물다양성협약에서는 생태계와 생물다양성의 경제학 연구를 활성화시키며 국가별 이행체계 수립을 촉구한다. 이에 우리나라에서도 국내 여건을 반영한 국제 수준의 생태계 서비스 평가체계 개발을 위해 생태계 유형 분류, 생태자산관리를 위한 DB 개발에 대한 연구가 진행되었으며(National Institute of Ecology 2014), 개발된 지표를 중심으로 시군 단위의 기초 행정구역 수준의 생태계 서비스 관리의 정책적 활용방안을 제시하는데 적합성 여부를 분석한 바 있다(National Institute of Ecology 2015). 그러나 생태계 서비스 가치의 정책적 활용을 위해서는 국가통계의 정밀성 한계와 지방정부의 지역통계 누락 및 형식 등의 한계를 극복할 수 있는 다양한 공간자료의 구축과 모형 개발이 시급한 실정이다. 현재까지의 생태계 서비스 평가에 관한 연구는 하천, 습지, 산림, 논 등 생태계 별로 이루어져 왔고 도시를 중심으로 연구가 진행되어 왔다.

따라서 본 연구에서는 생태계 서비스 가치평가를

농촌지역개발 관점에서 고찰하고 활용방안을 모색하기 위하여 생태계 서비스에 대한 개념, 가치평가방법, 사례 등에 대해 분석하고 토지피복을 이용해 1975년부터 2000년까지의 생태계 서비스의 가치 변화를 분석하여 고찰하였다.

II. 생태계 서비스와 관련된 연구동향

1. 생태계 서비스의 개념

Westman(1977)은 생태계가 제공하는 다양한 사회적 편익을 '자연의 서비스'로 표현한 바 있으며 자연의 서비스는 열거될 수 있는 정보로 정책결정자는 열거된 편익정보에 기반하여 보다 합리적인 의사결정을 내릴 수 있다고 하였다. 이후 Daly(1997)은 인간생활 충족을 위해 요구되는 생물다양성과 재화의 생산을 유지하기 위한 자연생태계의 조건과 과정으로 정의하였으며 Costanza et al.(1997)은 인간이 생태계기능으로부터 직접 또는 간접적으로 이끌어내는 편익, de Groot et al.(2002)은 인간의 필요를 충족시키기 위한 자연적 과정과 요소의 생산능력으로 정의하였다. 이처럼 생태계 서비스의 개념은 여러 연구자에 의해 발전되어 왔으며 새천년 생태계 평가(Millennium Ecosystem Assessment)와 생물다양성 경제학(The Economics of Ecosystems and Biodiversity)에 기반하여 현재의 개념, 즉 '인간이 생태계로부터 얻는 편익'으로 정립되었다.

2. 생태계 서비스의 분류

Costanza et al.(1997)은 식료품 생산, 원료공급, 유전자원, 가스 조절, 물 조절, 물공급, 폐기물 처리, 기후 조절, 수분, 외부로부터의 교란조절, 생물학적 조절, 피난처(서식처), 토양형성, 침식방지 침전물 보유, 영양분 순환, 문화, 휴양의 17가지 기능으로 분류하였으며 de Groot et al.(2002)은 생산기능, 조절기능, 서식처기능, 정보기능으로 범주화하고 23개의 개별기능으로 열거하여 생태계 서비스의 기능을 분류한 바 있다.

MA(2005)는 공급 서비스, 조절 서비스, 문화 서비스, 지지 서비스로 구분하고 25개의 개별 서비스로 정

리하였으며 이 분류체계를 기반으로 하여 분석목적에 따라 분류체계를 발전시키는 작업과 지역 또는 개별 생태계를 대상으로 생태계 서비스 세부항목을 차별화 하는 연구가 진행되었다. 이 중 TEEB(2010)의 분류체계는 de Groot et al.의 체계와 유사하며 MA(2005)의 서비스 종류를 보다 간소화하여 평가에 용이하다(Ryu & Lee 2013). 이는 MA의 4개 범주 중 지원 서비스를 서식지 서비스(habitat services)로 문화 서비스를 문화 및 어메니티 서비스(cultural & amenity services)로 변경하고 하위에 개별 서비스 22개로 분류하고 있다. Table 1에서 볼 수 있듯이 공급 서비스는 음식, 마실 수 있는 물, 목재, 섬유질 등의 재화 공급기능으로 6개의 세부 개별 서비스로 분류되며 조절 서비스는 기후조절, 홍수조절, 질병조절, 수질정화 등의 조절기능으로 9개 개별 서비스로, 서식지 서비스는 토양의

생성, 광합성 등의 기본적인 생태계의 기능으로 생애 주기 관리 서비스, 유전적 다양성 유지 서비스 2개로 분류하며, 문화 서비스는 아름다운 자연경관, 종교나 성소의 장소, 교육의 장소, 여가 등을 제공하는 기능으로 5개 세부 서비스로 분류한다.

3. 생태계 서비스 가치

생태계 서비스와 생물다양성은 시장가격의 결정이 힘들고 공공자산으로 인식되어 이들로부터 얻는 편익이 무시되거나 저평가되었다. 따라서 생태계 서비스의 적절한 가치를 명확히 하는 것이 농촌 경관 등 자연자원 사용자들의 인식을 변화시키고 보다 나은 생태경관 자연자본 관리를 위한 방안이다(Korea Environment Institute 2015).

생태계 서비스의 가치 평가는 경제적 측면과 생태적 관점을 모두 고려하여 판단하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 생태계 서비스는 대개의 경우 시장에서 거래되지 않고, 경제적 원리에 따라 생산되고 배분되지 않으며, 경제 활동과 동떨어진 경우에는 내재적 가치만이 존재하게 되므로, 생태계 서비스의 가치를 적절히 평가하기는 쉽지 않다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 다양한 시도들이 이루어지고 있으며(Lee et al. 2013), 최근 생태학계에서는 변화하는 환경에 따라 생태적 과정을 통해 생성된 생태적 기능이 어떻게 인간의 삶의 질에 영향을 미치는지 대해 경제학적 개념을 활용하여 설명하려는 연구가 널리 진행되고 있다(MA 2005). 즉, 생태계가 제공하는 생태적 기능을 서비스로 간주하여 인간의 삶의 질 향상에 미치는 가치를 생태계 서비스라 하여 한 지역이 가지고 있는 생태학적 가치를 경제관점에서 평가하고 이를 정책에 반영하기 위한 다양한 연구가 활발하다 (Troy & Wilson 2006; Daily et al. 2009; De Groot et al. 2010; Kim 2011; Ahn 2013; Chung & Kang 2013). Costanza et al.(1997)은 전 지구를 16개의 생물군계(biome)로 나누고 17개의 생태계 서비스를 평가하여 지구 생태계 서비스의 가치가 당시 연간 33조 달러가 된다고 추산하였다. 또한 추산된 생태계 서비스 가치를 기준으로 생태계 서

Table 1. Ecosystem services (TEEB 2010)

Categories	Ecosystem services
Provisioning services	1 Food
	2 Water
	3 Raw materials
	4 Genetic resources
	5 Medicinal resources
	6 Ornamental resources
Regulating services	7 Air quality regulation
	8 Climate regulation
	9 Moderation of extreme events
	10 Regulation of water flows
	11 Waste treatment
	12 Erosion prevention
	13 Maintenance of soil fertility
	14 Pollination
	15 Biological control
Habitat services	16 Lifecycle maintenance
	17 Maintenance of genetic diversity
Cultural & amenity services	18 Aesthetic information
	19 Recreation & tourism
	20 Inspiration for culture, art and design
	21 Spiritual experience
	22 Information for cognitive development

Table 2. Ecosystem services value coefficient
(unit: USD · ha⁻¹ · y⁻¹)

LULC categories	Equivalent biome	ESV coefficient
Build up	Urban	0
Farmland	Cropland	92
Forest	Forest	969
Grassland	Grass/rangelands	232
Wetland	Wetlands	14,785
Bare land	-	-
Waters	Lakes/ivers	8,948
Total	-	24,576

비스 지수를 제안하였다. 이는 전 세계의 생물군계에 의한 생태계 서비스이기 때문에 지나치게 일반화하였다고 판단할 수 있지만 가장 일반화되고 널리 사용되고 있다(Zhao et al. 2004; Kim & Park 2013; Ministry of Oceans and Fisheries 2013; Kim 2014).

또한 새천년 생태계 평가 발표 이후 2007년 조직된 생태계 및 생물성의 경제학(TEEB)팀은 3년에 걸친 연구를 하고 2010년 일본 나고야에서 열린 제 10차 생물다양성협약 당사국 총회(COP10)에서 결과를 발표하였으며 보고서에서 생태계 가치를 어떻게 평가하고 정책에 반영할 것인지 방법을 제시하였고, 생태계의 경제적 가치는 하루 빨리 대책을 세우지 않으면 전 세계적으로 매년 최대 4조 5000억 달러의 손실을 입게 된다고 전망하였다.

국내의 경우 생태계 서비스의 경제적 가치 추정 연구는 1990년대 후반부터 산림과 농지, 국립공원, 갯벌, 습지 등 사회적 관심을 받고 있는 개별 지역을 대상으로 특정 가치를 산출하는 방향으로 진행되어 왔으며 상당부분 축적되어 있는 상황이다. 한국 환경정책평가연구원에서는 웹기반 국내 환경재화 및 서비스 가치추정 선행연구의 주요결과를 요약하여 DB를 구축하여 정부부처 및 민간 기업의 의사결정자를 비롯하여 학계, 환경 컨설팅, 환경 NGO 등에게 환경 가치에 대한 기초정보를 제공함으로써 비용편익분석, 환경영향평가, 사업타당성 평가를 포함한 다양한 정

책분석 지원을 일차적인 목표로 환경가치종합정보시스템(EVIS)을 구축하여 운영하고 있다(Ahn et al. 2011; Ahn & Bae 2014). 그러나 이 시스템은 특정 지역의 자연 자산을 대상으로 한 개별 연구의 요약 DB로 사업타당성 평가 등의 기초정보로 활용될 수 있으나 국가생태계 서비스평가에는 한계가 있다.

최근 생태계 서비스가 지역개발 및 정책 수립 등 의사결정과정에 중요한 이슈로 부각되면서 우리나라 전역의 생태계 서비스 가치를 평가하고 정책에 반영하기 위한 연구가 활발히 진행되기 시작했다. 국립생태원(National Institute of Ecology 2015)에서는 국가생태계 서비스 평가의 기반을 다지고자 전국 생태계 유형별 평가를 통한 지표의 표준화 및 재분류와 도시농촌 지역의 공간자료 구축 및 생태계 서비스 시범평가를 수행하여 향후 국가 생태계 서비스 평가 방향을 제시하고자 연구를 추진한 바 있다. 또한 Kim et al.(2013), Kim et al.(2015) 많은 연구자가 GIS 및 위성자료를 이용한 생태계 서비스 가치평가를 시도하고 있다.

III. 연구방법

본 연구에서는 지역개발 등 사회 경제적 변화로 인한 우리나라 생태계 서비스 변화를 분석해보자 한다. 일반적으로 사회·경제적 시스템의 변화는 토지이용에 영향을 미치고 이것은 토지이용 유형에 변화를 가져온다(Moon & Park 2003; Kim et al. 2006; Kim 2011). 따라서 본 연구에서는 토지이용에 따른 토지피복을 기준으로 생태계 서비스를 평가해보고자 한다. 본 연구의 공간적 범위는 제주도를 제외한 대한민국 전역이며 시간적 범위는 1975년부터 2000년으로 하였다. 제주도의 경우 데이터 구득의 한계로 인해 본 연구에서 제외하였다.

연구에 사용한 데이터는 국가 수자원 관리 종합정보시스템(WAMIS)에서 제공하고 있는 1975년부터 2000년까지의 토지피복지도를 이용하였다. 이는 Landsat 영상을 이용하여 분석된 토지피복으로 시가화 건조지

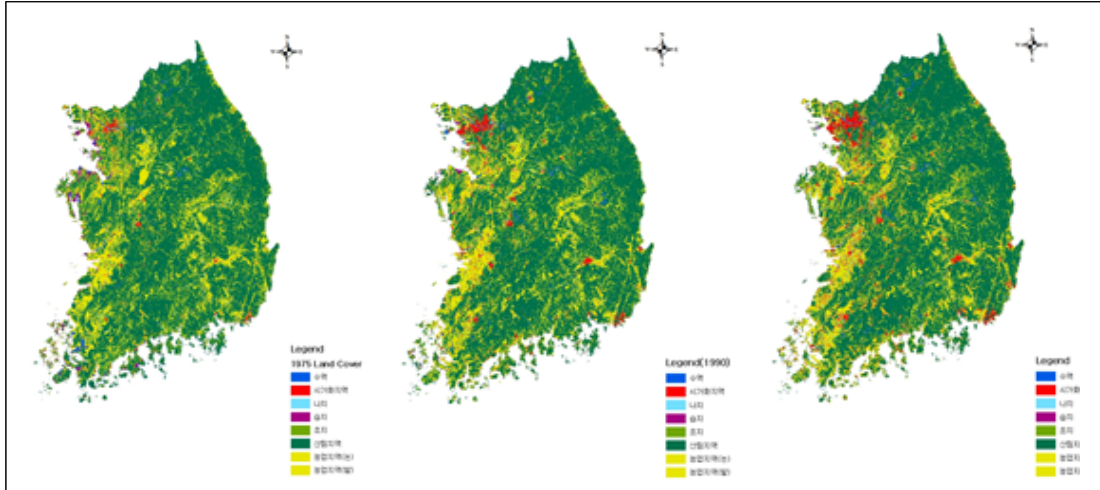


Fig. 1. Land cover map of year 1975, 1990, 2000

역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역으로 피복을 구분하고 있으며 공간해상도는 1980년까지는 60M급이며 1985년부터 2000년까지의 토지피복은 30M급 해상도이다. 또한 토지피복 유형별 생태계 서비스 가치 측정을 위해 일반적으로 가장 널리 이용되고 있는 Costanza et al.(2010)의 서비스 계수(Table 2)를 사용하여 아래의 식으로 추정하였다. ESV는 생태계 서비스 총 가치로 토지피복 항목별 ha당 연간가치(\$/ha/yr)의 합산을 뜻한다.

$$ESV = \sum_k \sum_f (A_k \times VC_k),$$

A_k : 토지피복유형별 면적, VC_k : 생태계서비스가치 계수

IV. 결과 및 고찰

1. 대한민국 생태계 서비스가치 변화

1975년부터 2000년까지의 대한민국의 생태계 서비스의 변화를 분석해 본 결과 본 연구의 대상지역의 생태계 서비스 가치는 1975년 5,385백만 USD였으나 2000년에는 3,600백만 USD로 1975년의 생태계 서비스 가치(ESV)의 33.15%가 감소한 것으로 나타났다. 이는 연간 75백만 달러, 연간 1.33%의 생태계 서비스 가치 손실로 추정된다. 토지피복을 고려해 볼 때 시가지 지역이 1975년 전체 면적의 1.02%(96,778ha)를 차지한 반면 2000년에 무려 4.08%(385,047ha)로 증가하였으며 습지가 1.11%(105,012ha)에서 0.18%(16,592ha)로 감소하고 산림지역이 67.83%(6,404,260ha)에서 65.35% (6,168,857ha)로 감소한 것이 생태계 서비스 가치 손실에 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 반면 1985년에는 생태계 서비스 가치가 5,446백만 달러로 1975년에

Table 3. Ecosystem service value (ESV) from 1975 to 2000 of total study area

	(unit: 106 USD · y ⁻¹)					
year	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ESV	5,385	4,915	5,446	3,836	3,643	3,600
Value change vs 1975	-	-470	61	-1,549	-1,742	-1,785
Value change vs 1975(%)	-	-8.74	1.13	-28.77	-32.35	-33.15

비해 61백만 달러가 증가하였다. 그러나 1990년에는 3,836백만 달러로 무려 1,610백만 달러만큼 급격하게 감소하였으며 이후 1995년, 2000년에는 지속적으로 감소하였다.

2. 지역별 생태계 서비스 가치 변화

우리나라 도 단위 지역별 연도별 생태계 서비스 가치는 Table 4, Fig. 1에서 볼 수 있듯이 1975년에 비해 2000년 대부분 감소하였으나 대전, 경남, 경북의 경우 증가한 것으로 나타나고 감소경향 및 증가경향은 지역별로 조금씩 다른 경향을 보이고 있다. 가장 감소량이 높은 지역은 전남으로 747백만 달러가 감소했으며 이는 1975년 ESV의 59%에 해당한다. 두 번째로 감소폭이 높은 충남의 경우 546백만 달러가 감소하였다. 다음으로는 경기도와 인천이 감소량이 높은 지역으로 각각 246백만 달러, 172백만 달러의 생태계 서비스 가치가 손실된 것으로 나타났다.

서울의 경우 1985년까지 급격하게 감소하다가 1985년 이후 감소경향이 매우 줄어든 것을 확인할 수

있으며 이러한 경향을 지닌 지역은 유일하다. 대부분의 지역이 1990년까지 급격하게 감소하다가 90년 이후 소폭 감소하거나 증가하는 경향을 보이고 있다.

생태계 서비스 가치가 증가한 경북, 경남, 대전의 경우는 각각 58백만, 20백만, 2백만 달러의 생태계 서비스 가치가 증가하여 각 지역의 1975년 생태계 서비스 가치에 비해 각각 11%, 6%, 8%에 해당한다.

그러나 이상의 분석결과는 각 지역의 면적이 매우 다르기 때문에 면적을 고려하여 단위면적당 가치의 변화를 고려해 볼 필요가 있다. Fig. 2는 각 지역의 면적을 고려한 단위면적(ha)당 생태계 서비스 가치의 변화를 보여준다. 1975년에 단위면적당 가치가 가장 높은 지역은 인천으로 2,862달러로 추정되며 다음은 전남과 경남으로 각각 1,070달러, 1,069달러이다. 이는 생태계 서비스 가치 계수가 습지가 가장 높은 것을 반영한 결과로 판단된다. 그러나 지역의 산업화 및 국토개발 사업 등의 특성으로 인해 생태계 서비스의 가치가 매우 다른 양상으로 변화하여 2000년에는 인천과 서울이 가장 높은 생태계 서비스 가치를 지니는 것으로 변모하였다. 인천의 경우 2,862달러였던 단위면적당 생태계 서비스 가치가 무려 826달러로 급격하게 감소하였으며 서울의 경우 810달러에서 507달러로 감소하였으나 지역별 단위면적당 생태계 서비스 가치가 두 번째로

Table 4. Ecosystem service value (ESV) from 1975 to 2000 of the study area by region (unit: 10⁶ USD · ha⁻¹ · y⁻¹)

year	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Seoul	49	41	33	30	30	31
Busan	43	39	44	39	34	33
Daegu	28	26	27	28	27	28
Incheon	241	238	179	109	97	70
Gwangju	18	18	16	16	13	15
Daejeon	23	18	28	25	27	25
Ulsan	35	35	37	40	35	33
Gyeonggi	618	513	469	376	352	372
Gangwon	575	564	860	527	543	568
Chungbuk	291	284	595	305	283	276
Chungnam	922	658	711	513	414	376
Jenbuk	368	367	562	248	277	271
Jeonnam	1,276	1,173	927	604	565	528
Gyeongbuk	551	581	589	595	582	609
Gyeongnam	347	361	371	381	364	367

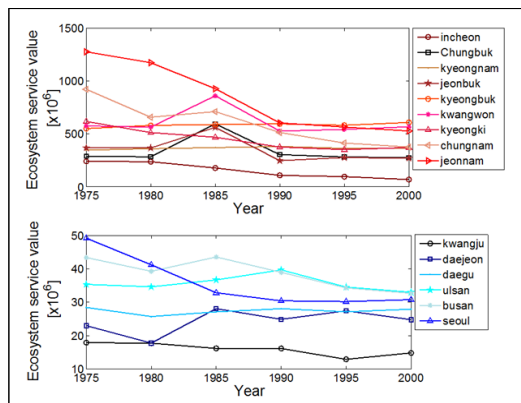


Fig. 2. ESV over 200 million USD from 1975 to 2000 (Upper), ESV below 50 million USD from 1975 to 2000(Lower)

높았다. 또한 Fig. 3의 경우 1975년을 기준으로 한 단위면적당 생태계 서비스 가치변화로 1975년에 비해 50% 이하로 떨어진 지역은 인천, 충남, 전남이 해당하며 대전, 경북, 경남의 경우 증가한 지역이다. 대구와 울산의 경우 94, 98%로 유지하는 수준이며 서울, 부산, 광주, 경기, 전북은 약 60~80%의 수준으로 감소하였다.

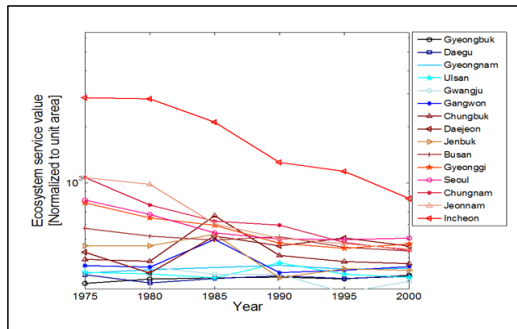


Fig. 3. ESV considering the region from 1975 to 2000

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 생태계 서비스 가치평가를 농촌지역개발 관점에서 고찰하고 활용방안을 모색해보고자 생태계 서비스에 대한 개념, 가치평가방법, 사례 등에 대해 분석하고 토지피복을 이용해 1975년부터 2000년까지의 생태계 서비스 가치 변화를 분석하여 고찰하였다. 그 결과 제주도를 제외한 대한민국 전역의 생태계 서비스 가치는 1975년 5,385백만 USD였으나 2000년에는 3,600백만 USD로 1975년의 생태계 서비스 가치(ESV)의 33.15%가 감소한 것으로 나타났으며 연도별로 지역별로 가치변화 양상이 매우 다르게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 이처럼 지역이 가지고 있는 자연자산의 가치가 다르더라도 지역의 개발정책 등 산업 경제적 특징에 따라 자연자산의 가치의 변화는 매우 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있었다. 이는 지역개발정책 수립에 있어서 생태계 서비스가 매우 중요한 의사결정요소가 되어야 함을 뜻한다.

본 연구에서 사용한 ESV계수는 생태계의 기능적

인 측면에 초점이 맞추어져 있고, 이를 고려하기 위한 변수로 토지피복 항목별 면적에만 의존하고 있어 지역적 특성을 고려한 지역에 적합화된 ESV계수가 개발되어야 할 것으로 판단되며 또한 대분류 토지피복보다 정교한 토지피복에 적합한 ESV계수 개발, 생태계군의 연결성 등을 고려할 수 있는 공간적인 분석에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

References

Ahn SE, Bae DH(2014) The economic value of freshwater ecosystem services based on the evidences from the environmental valuation information system. *J Environ Policy Adm* 22(4), 27-54

Ahn SE, Lee CH, Bae DH(2011) Construction of an environment valuation database and analysis of valuation studies of Korea III. Korea Environment Institute

Ahn SE(2013) Definition and classification of ecosystem services for decision making. *Korea Environ Inst* 12(2), 3-16

Chun JK, Hwang E(2015) Institutionalization of the value of ecosystem services. *Proc Korean Soc Environ Ecol Con* 25(2), 64-65

Chung MG, Kang H(2013) A review of ecosystem service studies: concept, approach, and future work in Korea. *J Ecol Environ* 36, 1-9

Daily GC(Ed) (1997) *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, Washington, D.C: Island Press

Daily GC, Polasky S, Goldstein J, Kareiva PM, Mooney HA, Pejchar L, Ricketts TH, Salzman J, Shallenberger R(2009) Ecosystem services in decision making: time to delive. *Front Ecol Environ* 7, 21-28

de Groot RS, Wilson MA, Boumans RMI(2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecol Econ* 41, 393-408

de Groot RS, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L(2010) challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning. *Manag Decis Mak Ecol Complex* 7, 260-272

Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, van den Belt M(1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260

Kim JE(2014) The value of ecosystem services based on land use in shinangun. *Korea J Ecol Environ* 47(3), 202-213

Kim JE(2011) Ecosystem services and environmental policies on islands. *J Isl Cult* 37, 267-281

- Kim JS, Park SY(2013) A prediction and analysis for functional change of ecosystem in south Korea. *J GIS Assoc Korea* 16(2), 114-128
- Kim YM, Beak JI, Son CH, Kim TH, Um SP, Ban YU(2015) Evaluating regulation value of urban ecosystem service focused on regulation of national hazard. *proceedings 2015 fall conference of the Korea environment policy and administration society*, 85-86
- Lee EK, Lee SY, Lee CR, Jo HS, Kim KA, Park SJ(2013) comparison of ecosystem services valuation and value of land in Korea region. *proceeding 2013 conference of the Korean geographical society*, 172-175
- Korea Environment Institute(2015) Development of decision supporting framework to enhance natural capital sustainability: focusing on ecosystem service
- MA(2005) *Millennium ecosystem assessment: ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington D.C: Island press
- Moon, BC, Park HW(2003) A study on impact and landscape change by the land reclamation using GIS in the islands—Focusd on Sinan Gun (Bigum Island). *Geogr J Korea* 37, 307-323
- National Institute of Ecology(2014) Methodological development of the ecosystem services assessment and valuation
- National Institute of Ecology(2015) National ecosystem assessment for the sustainable land management
- O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, van den Belt M(1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260
- Ryu DH, Lee DK(2013) Evaluation on economic value of the greenbelts ecosystem services in the seoul metropolitan region. *J Korea Plan Assoc* 48(3), 279-292
- TEEB(2010) *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. Pushpam Kumar(Ed), Routledge, Abingdon and New York
- Troy A, Wilson MA(2006) Mapping ecosystem services: practical challenges and opportunities in linking gis and value transfer. *Ecol Econ* 60, 435-449
- Westman W(1977) How much are nature's services worth. *Sci* 197, 960-964
- Zhao B, Kreuter U, Li B, Ma Z, Chen J, Nakagoshi N(2004) An ecosystem services value assessment of landuse change on Chongming Island, China. *Land Use Policy* 21, 139-148