

## 응용생태공학 교육의 임무와 교과내용

# Task and Curriculum Contents of Applied Ecological Engineering Education

김정규\* · 이우균

고려대학교 환경생태공학부 교수

Jeong-Gyu Kim\* and Woo-Kyun Lee

Division of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

Received 3 March 2015, revised 12 March 2015, accepted 20 March 2015, published online 31 March 2015

**ABSTRACT:** The needs for ecological engineering, which can design ecosystems that integrate human society and their natural environment for the benefit of both, has increased. The Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering (KSEIE) was established for this purpose and has contributed to the research and development of theories and technologies in related fields. However, the current state of educational services and contents of ecological engineering is still needed to be standardized and systematized. In this paper, we outlined the trends of ecological engineering education at international and domestic levels and proposed a sample services and curriculum, brought from the discussions and suggestions made during the forum, Founding the Education for Ecological Engineering, held by the KSEIE. Education of ecological engineering can nurture people who can design and manage ecosystems for the benefits of human and natural society and can restore ecosystems disturbed artificially. The services and curriculum have to meet and cover the challenges facing the future of ecological engineering; a. the ethical interpretation of the balance between human and nature, b. developing and strengthening its relationship with other scientific disciplines and societies – business, policy, education, and practitioners, c. identify and fuse the key ecological engineering principles into other discipline. We proposed a three layers curriculum system, basic (mathematics, physics, chemistry, biology, etc.), core (ecology, hydrology, engineering, etc.), and advanced subjects. The first two can belong to an undergraduate program and the last two can be put into graduate program. The selection of subjects is according to the purpose and needs of the major.

**KEYWORDS:** Curriculum, Ecological engineering, Human resource, Multidisciplinary education, University education

**요약:** 자연생태계와 인간사회의 공통적인 이익을 위한 생태공학 기술의 필요성이 대두되고 있다. 응용생태공학회가 설립되어 생태공학 분야의 연구와 기술개발에 기여하고 있는데, 생태공학분야 인력 양성에 필수적인 교육의 목표나 내용은 체계가 잡혀있지 못하다. 2015년 응용생태공학 포럼-‘생태공학 교육의 터잡기’에서 생태공학 교육의 국제적 동향과 국내 실정에 대해 발제하고 토의한 내용을 중심으로 정리하였다. 생태공학 교육은 인간에 의해 교란된 생태계를 지속가능하도록 복원시킴과 아울러 인간과 생태계의 공동이익을 추구하는 새로운 지속가능한 생태계를 설계 운영할 수 있는 인력을 양성할 수 있어야 한다. 생태공학이 직면하게 될 세 가지의 도전에 대응할 수 있는 교육이 되어야 한다. 인간과 생태계의 공동 이익이라는 목표에서 인간사회와 자연 사이의 균형을 어떻게 정의할 것인가 하는 윤리적 도전, 유관학문 분야는 물론 산업, 정책, 교육, 훈련의 융화를 꾀하는 관계적 도전, 마지막으로 생태학과 공학뿐 아니라 사회과학과 인문과학이 소통하여 융합하는 지적 도전을 극복할 수 있는 교과과정이어야 한다. 이를 위해 생태학과 생태공학을 중심으로 하는 핵심교과목의 하위에 자연과학과 공학 기초과목을 두어 학부과정에서 편성하고, 상위에 전공학문 별로 심화된 핵심교과목을 두어 대학원과정으로 편성하는 것이 필요하다.

**핵심어:** 교육과정, 생태공학, 인력양성, 융합교육, 대학교육

\*Corresponding author: [lemonkim@korea.ac.kr](mailto:lemonkim@korea.ac.kr)

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

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.

## 1. 서론

응용생태공학회에서 2015년 응용생태공학포럼-‘응용생태공학교육의 터잡기’의 일환으로 응용생태공학 교육의 임무와 내용이라는 주제로 발제를 맡게 되었다. 저자는 응용생태공학회의 2014년 가을 학술대회에서 ‘우리나라 환경생태교육의 현황’이란 주제를 발표한 바 있었는데, 이것이 계기가 되어 포럼에 참여하게 되었고, 토론회 이후 이 내용을 정리하는데 의견을 모으게 되었다.

생태공학은 인간 사회와 자연 환경의 상호 공통적인 이익을 추구 (Mitsch and Jørgensen 2003)하면서 지속가능성을 확보하는 데에 목적을 두고 있어서, 현실에서 구현되는 실질적 성과가 반드시 따라야 하는 분야로 생태학이 순수이론이라면, 생태공학은 응용학문이라 할 수 있다. ‘생태학과 건설기술의 융합적인 학술기반을 토대로 실용적인 생태공학연구를 추구하며, 생태학적 원리와 지식을 응용한 저환경영향과 저에너지소비 기술을 개발, 보급하여 온실가스 저감 및 지구온난화의 적응관리라는 시대적, 범지구적 노력에 기여하고, 각종 개발 현장은 물론 일반 국토 관리에서 생태계 피해의 회피, 저감, 복원 및 창출을 위한 융합기술을 개발 보급함을 목적 (KSEIE 2013)’으로 하고 있는 응용생태공학은 생태공학에서 건설 기술 분야로 더 확장된 외연을 가진다.

응용생태공학 교육의 임무와 내용에 대해 고찰하기 위해서, 먼저 현재까지의 문명사적인 환경변화의 양태를 간단히 정리하고, 생태공학 개념의 등장과 발전과정에 대해 요약하였다. 우리나라에서의 생태공학교육의 현황과 특징을 살피고 교육의 목적과 요소에 걸 맞는 생태공학교육이 어떻게 전개되어야 하는지를 이상적인 교과과정의 제안으로 서술하였다. 이미 설명한 바와 같이 응용생태공학은 생태공학과는 다른 면을 가지는 것이므로 제안한 이상적 생태공학 교과과정은 교육기관의 목적과 특성에 따라 변화를 주어 특성화시켜 발전시켜야 할 것으로 생각한다.

## 2. 문명과 환경의 변화

### 2.1 환경문제

Diamond (2005)는 ‘문명의 붕괴’에서 환경 파괴,

기후변화, 공격적인 이웃, 친화적인 교역상대, 환경 문제에 대한 어떤 사회의 반응을 문명의 유지에 관여하는 다섯 가지 주요 요인으로 밝힌 바 있다. 다섯 가지 주요 요인 중에서 환경파괴를 가장 첫 번째 요인으로 두고, 그에 대한 어떤 사회의 반응을 다시 다섯 번째 요인으로 설정한 것은, 그 만큼 환경문제에 대한 접근 방식이 한 사회의 지속성을 유지하는 데에 있어서 중요함을 강조한 것이라 할 수 있다. 그는 또한 삼림과 서식지의 파괴, 토양 열화 (침식, 염해 (salting), 비옥도 저하), 수질과 수량의 저하, 동물이거나 어류의 남획, 외래종에 의한 교란, 인구의 폭발적 성장, 오염물질 등과 같은 인공적 영향이라는 과거의 환경파괴 유형에 더하여, 현재는 인간에 의한 기후의 변화, 유해화학물질의 대량 생산과 사용에 따른 문제, 부족한 에너지, 광합성의 최대량까지 사용하고자 하는 인간의 욕심이 더해져서 역사상 인류가 경험해보지 못한 새로운 국면으로 접어들고 있다고 진단하고 있다.

Thoreau (1854)가 월든 (Walden)을 통해 자연적 삶을 찬양한 것이 초기 환경주의의 기본적 방향이 되었다면, 이후로 Carson (1962)의 ‘Silent Spring’에서 인공적으로 생산된 유기화학물질의 독성에 대한 경종으로 이어지고, Meadows et al. (1972)이 ‘성장의 한계’에서 유한한 자원과 인류의 성장에 대해 언급하면서 산업시대의 환경문제의 특징이 드러나게 되었다. 이후 Colborn (1996)이 ‘Our Stolen Future’를 통해 내분비장애물질이라는 신종 오염물질에 대해 경고하면서 지역적 환경의 열화나 생물 피해를 근간으로 하는 환경오염이 20세기까지의 주된 이슈로 정리되었다 할 것이다.

지구생태계를 유지하는 두 가지의 큰 흐름이 있다. 태양에너지가 지구에 도달하여 광합성생물을 통해 섭식자를 거쳐 분해자에 이르는 것이고, 또 하나는 탄소와 같은 물질의 생태계 내에서의 순환이다 (Fig. 1). 대기권, 수권, 암석권, 생물권과 같은 생태계 구성 요소 중의 어느 한 곳으로 들어오는 물질의 속도가 탈출하는 속도를 넘어서면 그 구성 요소에 물질이 축적된다. 화석연료를 사용하는 속도가 증가하면서 대기 중으로 이산화탄소가 들어가는 속도가 광합성 등에 의해 대기로부터 사라지는 속도보다 빨라지면 대기 중의 이산화탄소는 증가한다. 대기 중에 이산화탄

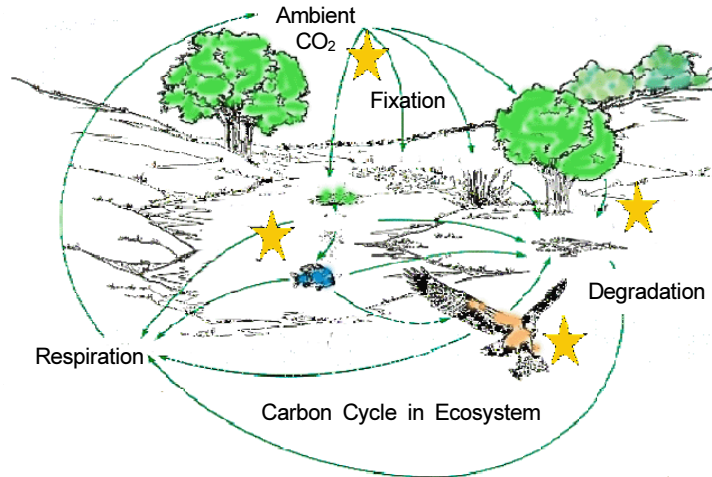


Fig. 1. Diagram for the ecosystem carbon cycle.

소 농도가 증가한 것만으로 환경오염이 발생했다고 할 수 없고, 이산화탄소 농도의 증가에 의해 인간 사회나 자연환경이 나쁜 영향을 받아야 환경오염이나 환경문제가 발생하였다 할 수 있다. 즉, 환경의 문제는 자원을 적극적으로 효율적으로 개발 이용하면서 상품이나 서비스를 만들어내는 과정에서 지역적으로 특정한 물질이 쌓이게 되면서 우리의 건강이나 삶에 나쁜 작용을 나타내는 현상으로 정의될 수 있었고, 인류의 성장은 유한한 자원에 속박될 것이라는 결론에 이르게 되었다. 물론 현재에는 ‘성장의 한계’에서 저자들이 지적한 바와 같은 자원의 고갈 (Meadows et al. 1972)은 시간이 지나면서 다소 과장되었다 (Lomborg 2012)고 이해되고 있지만, 우리의 미래에 지속적으로 자원을 공급할 수 있는지에 대해서는 낙관적이지만은 않다.

한편, Diamond (2005)나 Millennium Ecosystem Assessment (2005)가 제기한 지구 전체 규모에서의 환경변화와 그에 대한 대응의 필요성이 20세기가 깊어지면서 국경을 넘는 산성우의 영향, 오존층 파괴, 기후변화 등의 현상과 함께 세계적인 관심사가 되었다. 이 중에서 산성우의 문제는 초기의 문제제기 당시보다는 그 위험이 높지 않은 것으로 판명되고 있지만 (Greaver et al. 2012), 기후변화는 세계적인 이슈가 되어 있다. 이처럼 산업화와 함께 지역적인 위협으로 작동하던 환경오염이 전 지구 규모로 확대된 변화의 문제로 다가서고 있으며, 그에 대한 대응의 필요성이

대두되고 있다.

Odum (1996)은 Environmental Accounting을 통해서 환경관리와 정책결정에 시스템생태학적 접근의 필요성을 설파하였고, Holling (1973)이 복잡적응체인 생태계의 변화 과정의 해석에 resilience 개념을 도입하여, 생태계의 물질순환과 적응 사이클 (adaptive cycle)을 새로운 문제해결 방식을 도출하기 위한 생태계 이해의 원리의 하나로 제시하면서 어떤 한 오염 물질의 종류나 생물종에 국한 된 것이 아니라 연결된 망으로서 전체 생태계를 바라보는 해결방식이 필요함을 드러내었다.

## 2.2 우리나라의 환경

우리나라는 매우 높은 인구밀도를 가지고 있다. 주로 저지대와 계곡에 위치한 산업과 도시 및 인공환경의 증가와 함께 급격한 자연환경의 감소를 경험하고 있다. 도시에는 고밀도에 따른 환경문제가 있고, 농촌에는 공동화에 따른 환경문제를 발생시켜서 지역 간에 문화 및 경제에 있어서 심각한 불균형을 나타내고 있다.

1960, 70년대 경제개발계획과 함께 경공업에서 중화학공업으로 국가 산업의 중심축을 옮기면서 비약적으로 증가하기 시작한 원료의 이용과 환경부하의 증가는 국가의 중요 정책의 하나로 환경문제에 대한 대응을 포함시키게 되었다. 국가 환경기술의 발전 패러다임도 그에 따라 순차적으로 바뀌어 왔다. 1970

년대 후반 국립환경연구소가 출범하고 1980년 환경청이 발족하면서 환경오염물질의 사후처리를 중점으로 하는 제1세대 환경기술 시대가 시작되었다. 이후 지구온난화 대응기술, 사전오염예방기술, 사후처리 기술개발 등의 사전오염예방을 중점으로 하는 제2세대 환경기술이 1990년에 적용되기 시작하였고, 21세기에 들어서면서 생태환경의 보전과 복원, 환경위해성 평가, 국제환경협약 대응, 사전오염예방, 사후처리기술 등으로 망라되는 환경보전/복원을 중점으로 하는 제3세대 환경기술의 시대로 접어들어 오늘에 이르고 있다 (Ministry of Environment 2005).

### 3. 생태공학

#### 3.1 생태공학의 정의와 전개

생태공학은 ‘인간사회와 자연환경 상호의 이익을 위해 두 사회와 환경을 통합하여 지속가능한 생태계를 설계’라고 정의된다 (Mitsch 1998). 또한 Mitsch와 Jørgensen (2003)은 생태공학의 역사적 발전 단계를 설계원칙의 제안 > 학술지의 창간 > 학회 창립 > 교육과정 성립의 단계를 제시하였다. Odum (1962)은 생태공학 (ecological engineering)이란 용어를 처음으로 만들었다. 그는 ‘인간이 공급한 에너지가 자연에너지에 비해 적지만, 사람에게 의한 에너지의 형태와 과정에 큰 영향을 미친다면, 주된 에너지는 자연이 제공하는 것으로 시스템이 조절되지만, 인간이 적은 양의 보조적 에너지를 사용해 환경을 조작하는 것이 생태공학’이라고 정의하였다 (Odum 1962). Odum은 이러한 정의를 발전시켜서 그의 저서 “Environment, Power, and Society”에서 새로운 생태계를 설계하는 공학은 주로 자기조직화 과정을 이용하는 시스템을 이용하는 분야라고 정의하였다 (Mitsch and Jørgensen 2003). 이 정의는 이 절의 서두에 언급한 Mitsch의 정의로 발전하여 오늘에 이르고 있다.

한편 중국에서는 Ma에 의하여 농업생태공학 분야가 발전하였다. Ma Shijun은 중국에서의 생태공학의 아버지로 불리는 사람으로, ‘물질을 다단계로 사용할 수 있도록 시스템생태공학 기술을 적용하고 새로운 기술과 훌륭한 전통적인 생산 방법을 도입 접목시켜서 생태계에 존재하는 생물종의 공생과 물질 순환 및

재생에 대한 원리를 적용해 생산시스템을 특별히 설계하는 것’을 생태공학이라고 정의하였다 (Ma et al. 1985). 실제로 500여 곳에서 이러한 기술이 적용되었다 (Mitsch and Jørgensen 2003). Ma (1985)가 언급한 생태공학 시스템 혹은 기술은 일본이나 우리나라에서 접근하고 있는 전통기술로부터 발전시키는 생태공학 기술의 의미와 아주 유사하다.

#### 3.2 우리나라에서의 생태공학 전개

##### 3.2.1 대학교육에서의 생태공학

우리나라에서의 학부교육에서 생태공학이란 용어가 채택되기 시작한 것은 20세기 말에서 21세기 초엽이었다. 국가적인 대학교육과정의 개편 작업과 맞물려 새롭게 나타나기 시작한 학부제 아래서 생태공학, 생물공학 등이 환경공학, 시스템공학 등의 용어와 연계하면서 그 동안 우리나라 대학에서 찾아볼 수 없었던 새로운 학과, 학부 명칭이 등장하였다.

명지대학교 환경생명공학과 (1999년), 고려대학교 환경생태공학과 (2000년), 경희대 생태시스템공학전공 (2001년), 부경대학교 생태공학전공 (2003년), 동국대학교 환경생태공학과 (2008년)가 생태공학 또는 생명공학이란 용어를 표방한 것이다. 이들 학(부)과 중 일부는 시간이 지나면서 대학원 과정만으로 남게 되거나 변하기 전의 학과로 돌아가기도 하였다. 현재는 생태공학의 교육에 중점을 둔 학부과정으로는 고려대 환경생태공학과와 부경대학교 생태공학전공이 있다.

고려대학교 환경생태공학과는 생물자원 및 생태학, 수질 및 토양환경, 생물재료공학, 환경계획 및 조경학의 4개 분야의 전공이 융합되어 있으며, 학생들은 자신들의 요구에 따라 자유롭게 과목을 선택하여 이수할 수 있도록 운영되고 있다. 부경대학교 생태공학전공은 환경시스템공학부 내의 전공으로 운영되고 있으며 에너지, 환경, 경제 분야를 중심으로 하천 및 해양생태공학, 도시 및 산업생태공학, 시스템생태학, 생태공원공학, 생태계모델링을 주요 커리큘럼으로 운영하고 있다.

##### 3.2.2 생태공학 관련 학회

학부교육과는 달리 학회는 다방면에서 생태공학과 인접 학문분야가 융합되면서 운영되고 있다. 1987년

에 설립된 응용생태연구회는 1996년에 환경생태학회로, 1999년 한국환경생태학회로 개명하였다. 학회는 생태계 관리 및 보전, 환경교육, 생태계복원 분야의 연구와 그 결과를 보급, 응용하여 국토 및 지구환경개선에 기여함으로써 인류의 지속가능한 발전을 도모하는 것을 목적으로 하고 있다. 한국복원녹화기술학회는 1998년 설립되었고, 2008년에 한국환경복원기술학회로 개명되었다. ‘자연환경 복원, 창출, 보호관리 및 사회공익에 기여함’을 목적으로 훼손된 자연환경을 복원 창출하고 환경지속성에 더하여 지속가능발전에서 추구하는 사회적, 경제적, 문화적 지속성의 달성에 기여하는 것을 추구하고 있다. 조경학 분야의 연구자들이 주축이 되어 1998년 설립된 한국인간식물환경학회는 ‘생활공간에서 인간과 자연의 공생 환경을 개선하고 유지하는 데에 역할을 담당할 것’을 목표로 하여 생태공학적 접근과 맥을 같이 한다. 한국생태공학회와 한국산업생태학회는 2009년에 설립되었다. 복원생태학회는 2010년 설립되었으며 복원생태분야의 연구개발 및 그 성과 보급을 목적으로 하고 있다.

응용생태공학회는 2013년 창립되었으며 생태학과 건설기술의 융합적인 학술기반을 토대로 실용적인 생태공학연구를 추구하고, 생태학적 원리와 지식을 응용한 저환경영향과 저에너지소비 기술을 개발, 보급하여 온실가스 저감 및 지구온난화의 적응관리라는 시대적, 범지구적 노력에 기여하고, 각종 개발 현장은 물론 일반 국토관리에서 생태계 피해의 회피, 저감, 복원 및 창출을 위한 융합기술을 개발 보급함을 목적으로 하고 있다. 본 학회는 1995년~2011년에 걸쳐 시행된 토목, 생태, 조경, 환경분야의 다학제간 대형 연구사업의 수행이 그 설립의 밑바탕이 되었으며 2003년부터는 한일생태공학 공동세미나를 개최해 오고 있다 (KSEIE 2005).

한편, 독립적인 학회는 아니지만 학회 내부에 생태공학 관련 위원회를 운영하고 있는 학회도 있다. 한국물환경학회의 생태분과위원회 (1999년)와 한국토목학회의 생태공학분과위원회 (2003년)가 그 사례이다.

## 4. 응용생태공학에 대한 이해

응용생태공학에 대한 정의나 교육의 내용은 바로 앞 절에서 교육과 학회에 대하여 살펴본 바와 같이

너무나 광범위하고 다양하기 때문에 한 가지로 매끄럽게 정의하기 곤란한 점이 있다. 따라서 기존의 생태공학이나 응용생태공학에 대하여 기술하고 있는 학부 또는 대학원 수준의 교과서의 내용을 살펴보는 것으로 응용생태공학에 대한 이해의 단초를 찾고자 한다. 애석하게도 아직까지 국내의 저자에 의하여 집필된 생태공학 관련 교과서가 마땅하지 못하고, 우리말로 된 대부분이 외국 저작물의 번역서이다. 몇 가지 특징적인 번역서를 대상으로 삼았다.

### 4.1 생태공학 관련 교과서

#### 4.1.1 생태공학 - 생태학과 건설공학의 가교

Van Bohemen의 원저를 Woo and Nam (2008)이 대표역자로 참여하여 펴낸 책으로 학부 고학년 또는 대학원 과정의 교재로 사용할 수 있도록 집필되었다. 목차는 ‘1. 저술배경, 2. 이 책의 목표, 3. 서론, 4. 생태적 지속가능성을 위한 다른 형태의 모형, 5. 생태공학, 6. 자연에 대한 개념과 생물다양성의 중요성, 7. 자연계가 제공하는 재화와 용역, 8. 건설재료, 정책 및 실무, 9. 도로건설 및 수공학에서의 생태공학, 10. (에코)시스템 사고와 생태계로서의 도로, 11. 도로의 생태적 영향, 12. 도로 교통에 의한 생태계 단절과 대책, 13. 생태와 경제, 14. 기반시설의 경관: 이론과 실제, 15. 토목공학 범주 내 활용을 위한 생태공학의 원칙’으로 구성되어 있다. 인간과 자연 모두에게 유용한 방법으로 자연과 공학을 이성적으로 통합한다는 생태공학의 의미를 담고 있다. 다만 주로 환경친화적, 인간친화적인 도로와 도로 주변 건설에 초점을 두고 있으며, 다른 응용분야의 소개가 제한적이라는 점이 있다.

#### 4.1.2 생태공학

Mun et al. (2004)이 Kameyama Akira의 원저를 옮겼다. 앞의 책보다는 생물과 생태계에 무게를 두어 집필된 책으로 인간과 자연의 건전한 관계를 생물과의 공존을 지향하면서 추구하는 생태공학의 입문서라 할 수 있다. 생태학의 지식과 방법을 이용하여 도시건설, 하천정비 등의 공사와 생물 사이의 지속적이고 건전한 관계를 구축하는 방법에 대해 설명하고 있다.

### 4.1.3 생태공학과 생태계 복원

Mitsch와 Jørgensen의 원저 “Ecological Engineering and Ecosystem Restoration”을 Kang et al. (2012)이 옮긴 책이다. Odum의 이론을 근거로 하여 생태계를 설계 관리 조정하는 데에 사용할 수 있는 생태계 모델과 사례를 호소, 강, 습지, 연안, 습지, 생물이용 복원, 광산과 교란토지 복원, 중국의 생태공학, 생태계 복원 모델링 등에 대하여 서술하고 있다.

## 4.2 비교 평가

생태공학 관련 교육에 이용되는 교과서는 학부 고학년이나 대학원생을 위한 책이 대부분이고, 일부 전문기술자를 위한 책들이 출간되어 있다. 이들 책들은 저자들의 목적에 맞게 특정한 분야에 중점을 두고 서술된 것들이 많고, 생태공학이 다루는 분야가 광범위한 탓으로 모두를 아우르는 이론과 사례를 담은 책을 찾기가 쉽지 않다.

깊이나 폭의 정도에서 차이가 있기는 하지만, 생태계 내에서의 생물과 물질 및 에너지의 관계를 기본적으로 다루며, 생태공학에서 추구하는 인간사회와 자연환경의 상호 공통의 이익의 추구하고 지속가능성을 중요하게 보는 시각은 공통된다고 생각된다. 따라서, 응용생태공학 교육에서 사용될 생태학적 기본 원리에서 출발하여 생태공학이 추구하는 인간사회와 자연환경의 공통 이익의 추구를 자기조직화 (self-organizing)와 자기지지 (self-supporting)의 정도를 높이려는 기술을 접합시키는 자연의 설계에 맞추어야 할 것으로 생각한다.

## 5. 교육의 특징

Rho and Hong (2011)이 교육의 지향점을 설명한 바를 대학에서의 고등교육에 적용하여 일부를 수정한다면 교육 내용과 방법, 학생의 선발과 육성, 교수 자원의 육성의 세 가지로 표현할 수 있을 것이다. 첫째, 교육의 내용과 방법에서 교육의 핵심이 무엇인가가 중요하다. 즉 교육의 내용은 후대에 전달할 가치가 있는 축적된 지식, 기술, 가치, 행위규범, 물질적 산물이 포함되어야 하며, 이는 바로 교육을 받는 학생에게 의미 있고 바람직하면서 사회에도 도움이 되

어야 한다. 둘째 미래를 향해 적극적이고 주체적으로 성장하며 능동적인 배움 의지를 가진 학생을 선발하고 그렇게 되도록 육성해야 한다. 셋째 해당분야는 물론이고 교육방법에 전문지식을 익히고 건전하며 바람직한 가치관을 가진 교수자원의 육성이 필요하다.

응용생태공학의 교육을 위해서는 이 논문의 주제인 교육의 임무와 내용이 첫째에 해당한다면, 학생을 선발하고 육성하는 일과 교수자원을 육성하는 것이 뒤따라야 할 것이다.

앞서 3.2.1 절에서 살펴본 바와 같이 우리나라 생태공학 관련 분야의 학부 교육은 다음의 특징으로 요약할 수 있다. 신생 학부(과) 및 전공으로 기존 전공의 단순한 통합이나 재편성된 형태이다. 두 경우 모두 책임시간제도와 교수의 정원 등과 같은 국내 대학 교육의 특징적 한계 및 학부제로의 전환과 재차 이루어진 학과제로의 환원 등으로 기존 전공영역을 유지하면서 교수 중심의 교과목으로 편성되는 결과를 가져왔다. 이런 과정에서 다양한 학문분야를 아울러야 하는 생태공학의 교육내용이 모두 포함되기는 어려웠기 때문에 타 영역 간의 연계교육도 미흡한 실정이며, 생태공학 산업도 태동기에 있는 상태라 산업체와의 연계성도 미흡하다.

이러한 현실에도 불구하고, 생태공학 또는 응용생태공학에서 필요로 하는 모든 학문과 기술 분야를 한 학부(과)에서 다 가르치는 것 또한 합리적이라 말하기 어렵다. 따라서 대학별 혹은 학부(과) 별로 특화된 연구 및 교육이 필요하다고 생각된다. 동시에 학제간의 융합된 연구 및 교육의 최소한의 준거를 마련하기 위해서는 공동학점인증제 등의 도입도 생각할 수 있을 것이고, 응용생태공학회 등의 논의를 통해서 산학협업체를 구성하고 산업체와 연계된 현장실습교육을 위한 교수요목과 교과과정을 개발할 필요가 있다. 이를 위해서는 다음 절에서 논하는 생태공학의 기본과목에 대한 고찰이 필요하다.

## 6. 생태공학 기본과목과 우리의 사례

### 6.1 생태공학 기본과목

생태공학의 교육과 인접학문과의 융합에 관한 논의들 (Allen et al. 2003, Bo et al. 2001, Gosselin

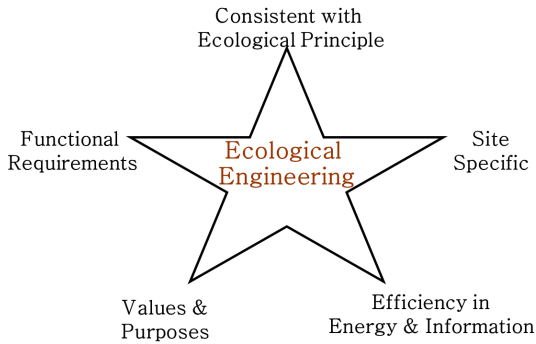


Fig. 2. The five principles of ecological engineering.

2008, Hobbs and Cramer 2008, Stouffer et al. 2008) 이 있었는데, 무엇보다 생태공학의 특성과 기술이 지녀야 하는 조건으로부터 교육해야 할 교과목을 도출하는 것이 자연스럽다고 생각된다. 생태공학은 인간에 의해 교란된 생태계를 지속가능하도록 복원시킴과 아울러 인간과 생태계의 공통가치를 가지는 새로운 지속가능한 생태계를 개발하는 것이 목적이라 할 수 있다. 이를 위해서 생태공학은 (1) 생태계의 자기설계 능력에 기반을 두고, (2) 생태학 이론의 시험법이 될 수 있어야 하며, (3) 시스템적 접근에 의하여, (4) 재생불가능한 에너지원을 보전하고, (5) 생태계 보전을 뒷받침할 수 있어야 한다 (Mitsch and Jørgensen 2003).

현장에 적용되는 생태공학기술은 Fig. 2에 나타낸 바와 같은 5가지 요소를 만족시킬 수 있어야 한다. 생태계가 가지는 기능의 복원이나 이용을 통해 목적을 달성하는 기술의 특성에 맞추어 생태계의 기본 원리에 부합되는 기술이어야 하며, 그렇기 때문에 지역마다의 독특한 환경에 어울리는 기술이어야 하고, 단순한 오염물질의 저감이나 정화가 아니라 생태계의 구성요소들이 가지는 기능의 회복이 이루어져야 한다. 생태공학적 기술이 가지는 자기조직화나 자기지지성을 확보하기 위해서는 대상이 되는 생태계 내에서의 에너지와 정보가 효율적으로 확산될 수 있어야 한다. 마지막으로 생태계의 가치와 사회의 수요를 만들어 낼 수 있어야 한다.

생태공학의 목적을 달성하기 위한 기술적 특성을 확보하기 위해서는 이론생태학과 응용생태학 뿐 아니라 생태경제학의 범주가 포함되어야 한다. 진화론, 군집사회학, 생태계생태학, 경관생태학이 이론생태

학의 범주라면, 자원관리, 영향평가, 환경모니터링, 생태독성학, 위해성평가 등은 응용생태학의 범주이다. 여기에 사회학적 생태경제학이 포함되어야 비로소 생태공학의 기반이 되는 학문 분야가 되며, 이를 통해서 생태계의 설계, 복원, 창조로 갈 수 있다.

## 6.2 국내 대학 교과과정

생태공학 관련한 국내 학부(과)의 교과과정을 분석해보면 학교 별로 매우 큰 차이를 느낄 수 있다. 이는 앞에서 이미 서술한 바와 같이 각 학교별로 설립과정의 차이 때문에 나타난 것이며, 나름대로 특성화할 수 있는 가능성이 이미 존재하는 것으로 해석할 수도 있다.

A 대학의 교과목은 각 분야 별로 생물(15) 생태(12) 화학(19) 설계(7) 정책 및 경제(5) 정보(4) 계획(3) 재료(3) 기타(5)의 과목으로 구성되어 있고, 과목의 주요 키워드는 식물, 수질, 토양, 곤충, 목재, 산림, 조경, 미생물이다. B 대학은 생태(8) 생물(6) 계획(4) 정책 및 경제(4) 정보(3) 설계(2) 화학(1) 기타(7) 과목이며 과목의 주요 키워드는 산림, 토양, 기상, 야외 휴양이다. C 대학은 화학(6) 생태(5) 정책 및 경제(5) 토목공학(3) 계획(2) 정보(2) 설계(1) 기타(5) 과목이며 주요 키워드는 생태, 공학, 토목, 정보, 분석이다. 대학에서의 생태공학 관련 교과목은 이처럼 교과과정에 생태공학에 필요한 과목들을 배치시키고는 있지만 대학별로 공통점이 크지는 않다. 생태공학의 기본에 충실하면서도 각 대학이 견지하는 지향점을 위한 특성화를 생각한다면 공통적인 교과목의 틀을 기준으로 변화를 모색하는 것이 합리적이라고 생각된다.

## 7. 응용생태공학 교과과정 제안

Matlock et al. (2001)은 Odum이 제시한 생태공학의 내용에 충실하게 따라가기 위해서 필요한 표준화된 교과과정을 제안한 바 있다. 생태공학이 복잡하고 불확실성을 내재한 생태계 내에서의 과정들을 정량화하고 공학적인 설계를 적용하여 지속가능한 시스템을 구축하는데 사용되기 위해서는 공학인증에 필요한 학부 수준에서의 기초과목과 대학원 과정에서의 정량생태학, 시스템생태학, 복원생태학, 생태공학,

**Table 1.** Core subjects in ecological engineering and recommended ranges of credits (modified from Mitsch and Jørgensen (2003)).

Core subjects in ecological engineering	Credits*
Ecosystem science	3~6
Mathematics of ecological systems	3~6
Ecological modeling	3~6
Dynamics governing ecosystem development and morphology	3~6
Energy, materials, information transfer within ecosystems	3~6
Principles of analysis and synthesis	3~6
Valuation of natural systems	3~6
Philosophy and ethics	Basic in major**

\*Credits means hours per week.

\*\*Credits in basic subjects in major.

생태모델링, 생태공학적 경제학 등의 생태학 이론을 포함하는 교과과정이 표준적으로 요구된다고 정리하였다.

Diemont et al. (2010)은 Odum이 생태공학 기술자들은 생태계와 생태학에 대한 확장된 지식을 습득할 필요가 있으며, 사회과학과 인문과학적 소양을 넓힐 것을 권했다는 점을 상기하면서, 생태공학기술분야 종사자에 대하여 현재의 생태공학 교육에 대한 설문조사를 실시하였는데, 세계적으로 대학원 과정에 머무르고 있는 생태공학 교육의 학부로의 확장 필요성에 공감하고 있다는 결과를 얻었다.

생태공학을 공부하기 위해 필요하다고 Mitsch와 Jørgensen이 제시한 내용을 살펴보면 Table 1과 같다. 이 표는 학부 고학년 또는 대학원 과정에 어울리는 교과목을 제시한 것이다. 이를 생태공학 핵심교과목이라고 한다면 30에서 42학점의 교과목을 배정할 수 있다. 생태계생태학, 생태수학, 생태모델링, 물질순환동역학, 생태계 내 에너지/물질/정보 전달, 분석 및 창생론, 자연생태계 가치평가, 철학 및 윤리학이 기본 과목으로 제시되어 있다.

우리 대학교육에서의 교과과정 편제를 기준으로 한다면 저학년에서 이수하게 되는 계열교양과 전공기초과목을 위에서 제시된 핵심교과목에 선행해서 이수하게 하여야 한다. 그를 위해서는 Table 2와 같이, 수학, 물리학, 화학, 생물학, 생태학, 지구과학, 통계학을 계열교양으로 유체역학, 수리수문학, 분석화

**Table 2.** General subjects and major related general subjects for the major of ecological engineering and recommended ranges of credits (proposed).

General subjects	Credits*	Major related general subject	Credits*
Mathematics	6		
Physics	3	Fluid dynamics, Hydrology	3, 3
Chemistry	6	Analytical, Physical, Organic, Bio / chemistry	6~9
Biology, Ecology	3, 3	System, Landscape / ecology	3, 3
Earth Science	6	Meteorology, Soil Science	3, 3
Statistics	3	Modeling	3
Others		Environmental economics/ethics	3~6
		Ecological engineering	6

\*Credits means hours per week.

학, 물리화학, 유기화학, 생화학 중 2~3개 과목, 시스템생태학, 경관생태학, 기상학, 토양학, 모형학, 환경경제학 또는 환경윤리학, 생태공학으로 전공기초로 삼아, 국제적인 설문조사에서 학부과정에서 필요한 교과목 우선순위를 정리한 Table 3 (Diemont et al. 2010)에서 제시하는 교과목 이수학점의 비율을 학교의 특성에 따라 가감하면서 교과과정을 운영할 수 있을 것으로 생각한다.

지금 제시하는 교과과정(안)은 온전하게 생태공학만을 교육하기 위한 것이라 현재의 각 대학의 실정에 부합하지 못하는 면이 있음을 부인할 수 없다. 국제적으로 생태공학 교육, 건설팅에 참여하고 있는 사람들을 대상으로 한 Diemont et al. (2010)의 조사연구는 우리나라에서의 교과과정 조정에 참고가 될 부분이 있다. Matlock et al. (2001)이 제안한 생태공학에 대해서 분야별 보완할 과목이나 강화해야 할 과목의 선택에 이들의 결과를 참고할 수 있을 것이기 때문이다. 학부의 생태공학 교과과정에 포함되어야 할 과목과 우선순위는 Table 3에 인용한 바와 같은데, 공학설계와 공학기초과목에서는 생태공학, 생태계복원, 환경공학, 폐수처리를 위한 생태계, 수학 및 컴퓨터 분야에서는 GIS 통계학, 자연과학 분야에서는 생태학, 생물학, 수리학, 토양학, 습지생태학, 사회과학 및 인문과학 분야에서는 작문, 경제학 등이 우선순위가 높았던 과목들이었다.



**Table 3.** Required courses for ecological engineering undergraduate education (modified from Diemont et al. 2010).

Type of course	Rank	Course	Type of course	Rank	Course
Engineering design and engineering preparatory	1	Ecological engineering ★★	Natural and physical sciences	2	Ecology ★★
	3	Ecosystem restoration ★★		5	Biology ★★
	4	Environmental engineering ★★		6	Hydrology ★
	10	Ecosystems for waste treatment ★		7	Soil science ★
	12	Water pollution engineering ★		8	Chemistry ★
	15	Waste management engineering ★		11	Wetland ecology ★
	21	Soil mechanics ☆		13	Stream ecology ★
	26	Air pollution engineering		16	Limnology ☆
	28	Statics/Dynamics		17	Forest ecology ☆
	29	Fluid mechanics		18	Botany ☆
	31	Geotechnical engineering		19	Agroecology ☆
	32	Thermodynamics		22	Microbiology ☆
	38	Structures		24	Physics
	39	Mechanics of materials		25	Geology
	Social science and liberal arts	23		Writing	30
27		Economics	34	Mycology	
36		Sociology	37	Meteorology	
40		Foreign language	9	Statistics ★	
41		Political science	14	Geographic information systems ★	
42		Anthropology	20	Calculus ☆	
43		Literature	33	Differential equations	
44		Psychology	35	Computer programming	

★★ top 10% preferred course, ★ top 33% preferred course, and ☆ top 50% preferred course

## 8. 결론

Odum (1962)이 1960년대에 생태공학이라는 새로운 개념을 제시한 후, 유럽과 중국 등 각기 다른 지역에서 그 지역의 특성에 부합하는 개념, 이론, 실용기술이 발전되어 왔다. 생태학을 이론적 기반으로 하는 생태공학은 초기에 강과 호소에 적용되는 기술 위주로 발전하였으며, 토양 (Matlock and Morgan 2011, Saad et al. 2011), 유역 (Wu et al. 2013), 바다 (Borsje et al. 2011)를 아우르는 생태계 전반을 대상으로 영역을 확장시키고, 유관 학문들과 융합 (Gosselin 2008, Stouffer et al. 2008)하면서 전개되었다. 적용되는 생태계와 목적에 따라 매우 다양한 생태공학 이론과 기술들이 구축되었다.

생태공학의 미래 (Jones 2012)는 윤리적, 관계적, 지적의 세 가지 도전에 직면하고 있다. 윤리적 도전

은 ‘생태계와 인간사회의 상호공통의 이익’을 어떻게 정의하고 관리할 것인가의 문제이다. 관계적인 도전은 생태공학 기술의 실현을 위해서는 필수적으로 관련 학문분야와의 관계와 산업, 정책, 교육, 훈련의 하모니를 이루어내는 것이다. 마지막으로 지적 도전은 생태학과 공학뿐 아니라 사회과학과 인문과학 등의 인접학문과의 융합이 필수적인데 각 학문 사이의 소통과 융화가 그것이다.

응용생태공학의 교육의 임무는 생태공학의 발전 과정을 따르면서 기반시설과 관련된 공학분야의 특징이 잘 스며들어 학회가 지향하는 교육내용을 갖추는 것이라 생각된다. 핵심교과목과 그를 받치는 기초과목을 학부교육과정에 편성하고 대학원 과정은 각 대학이나 전공에 특성화해서 핵심교과목을 심화시킨 교과과정으로 편성하는 것이 바람직해 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 ‘2015 응용생태공학회 포럼 - 응용생태공학 교육의 터잡기’에서 토론된 내용을 중심으로 정리되었으며, 포럼 개최와 논문작성에 도움을 주신 응용생태공학회와 토론자 및 의견을 주신 회원께 감사드립니다.

## References

- Allen, T.F.H., Giampietro, M., and Little, A.M. 2003. Distinguishing ecological engineering from environmental engineering. *Ecological Engineering* 20: 389-407.
- Bo, L.I., Sheng, H.P., and Kuan, C.J. 2001. Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering. Perspectives on General Trends of Plant Invasions with Special Reference to Alien Weed Flora of Shanghai, 4. Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai, China.
- Borsje, B.W., van Wesenbeeck, B.K., Dekker, F., Paalvast, P., Bouma, T.J., van Katwijk, M.M., and de Vries, M.B. 2011. How ecological engineering can serve in coastal protection. *Ecological Engineering* 37: 113-112.
- Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston, USA.
- Colborn, T. 1996. *Our Stolen Future*. Dutton, New York, USA.
- Diamond, J. M. 2005. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Survive*. Viking Press, New York, USA.
- Diemont, S.A.W, Lawrence, T.J., and Endreny, T.A. 2010. Envisioning ecological engineering education: an international survey of the educational and professional community. *Ecological Engineering* 36: 570-578.
- Gosselin, F. 2008. Redefining ecological engineering to promote its integration with sustainable development and tighten its links with the whole of ecology. *Ecological Engineering* 32: 199-205.
- Greaver, T.L., Sullivan, T.J., Herrick, J.D., Barber, M.C., Baron, J.S., Cosby, B. J., Deerhake, M.E., Dennis, R.L., Dubois, J.-J.B., Goodale, C.L., Herlihy, A.T., Lawrence, G.B., Liu, L., Lynch, J.A., and Novak, K.J. 2012. Ecological effects of nitrogen and sulfur air pollution in the US: what do we know? *Frontiers in Ecology and the Environment* 10: 365-372.
- Hobbs, R.J. and Cramer, V.A. 2008. Restoration ecology: interventionist approaches for restoring and maintaining ecosystem function in the face of rapid environmental change. *Annual Review of Environmental Resources* 33: 39-61.
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-23.
- Jones, C.G. 2012. Grand challenges for the future of ecological engineering. *Ecological Engineering* 45: 80-84.
- Kang, D.S., Kim, D.M., Sung, K.J., and Lee, S.M. 2012. Ecological engineering and ecosystem restoration. *Hanti Media*. (in Korean)
- KSEIE. 2013. “The Purport on the Establishment of Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering, Seoul. Korea. (in Korean)
- Lomberg, B. 2012. Environmental alarmism, then and now: the Club of Rome’s problem – and ours. *Foreign Affairs* 91: 24-40.
- Ma, S. 1985. Ecological engineering: Application of ecosystem principles, *Environmental Conservation* 12:331-335.
- Matlock, M.D. and Morgan, R.A. 2011. *Ecological Engineering Design: Restoring and Conserving Ecosystem Services*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA.
- Matlock, M.D., Osborn, G.S., Hession, W.C., Kenimer, A.L., and Storm, D.E. 2001. Ecological engineering: a rationale for standardized curriculum and professional certification in the United States. *Ecological Engineering* 17: 403-409.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., and Behrens III, W.W. 1972. *The Limit to Growth*. Universe Books, New York, USA.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being Synthesis*. Island Press. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Ministry of Environment. 2005. *Environmental White Book*. Ministry of Environment, Korea. pp. 250-252.
- Mitsch, W.J. 1998. Ecological engineering – the 7-year itch. *Ecological Engineering* 10: 119-130.
- Mitsch, W.J. and Jørgensen, S.E. 2003. Ecological engineering: a field whose time has come. *Ecological Engineering* 20: 363-377.
- Mun, S.K. et al. 2004. “Ecological Engineering.” (translated from Kameyama Akira), Bomundang, Seoul. Korea. (in Korean)
- Odum, H.T. 1962. Man in the ecosystem. In, *Proceedings of the Lockwood Conference on the Suburban Forest and Ecology: Bulletin 652*, Connecticut Agricultural Station, Storrs, CT, USA. pp.57-75.
- Odum, H.T. 1996. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*. John Wiley, New York, USA.
- Rho, Y.H. and Hong, H.J. 2011. “Knowledge Sources on International Organizations for Education.” *Korean Studies*

- Information, Korea. (in Korean)
- Saad, R., Margni, M., Koellner, T., Wittstock, B., and Deschênes, L. 2011. Assessment of land use impacts on soil ecological functions: development of spatially differentiated characterization factors within a Canadian context. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 16: 198-211.
- Stouffer, D.B, Ng, C.A., and Amaral, L.A.N. 2008. Ecological engineering and sustainability: a new opportunity for chemical engineering. *American Institute of Chemical Engineering Journal* 54: 3040-3047.
- Thoreau, H.D. 1854. *Walden; or, Life in the Woods*. Ticknor and Fields, Boston, USA.
- Woo, H.S. and Nam, K.P. 2008. *Ecological Engineering: Bridging between Ecology and Civil Engineering*. (translated from Hein van Bohemen (2005), Æneas, Technical Publishers), Cheongmoongak Publishing Company, Seoul, Korea. (in Korean)
- Wu, M., Tang, X., Li, Q., Yang, W., Jin, F., Tang, M., and Scholz, M. 2013. Review of ecological engineering solutions for rural non-point source water pollution control in Hubei Province, China. *Water, Air, and Soil Pollution* 224: 1-18.