韓國環境復元技術學會誌 21(3) : 67～81(2018)
J. Korean Env. Res. Tech. 21(3) : 67～81(2018)
DOI : https://doi.org/10.13087/kosert.2018.21.3.67
ISSN 1229-3032

국내의 생태복원기술 연구동향에 관한 사회네트워크분석

김보미[1)] · 이동근[2)]

[1)] 서울대학교 협동과정조경학 전공 · [2)] 서울대학교 농업생명과학대학 조경지역시스템공학부

Social Network Analysis on the Research Trend of Korean Ecological Restoration Technology

Kim, Bo-Mi[1)] and Lee, Dong-Kun[2)]

[1)] Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University,
[2)] Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University.

ABSTRACT

We tried to analyze qualitatively a total of 110 the research papers which were related domestic ecological restoration technologies about 15 years through semantic network analysis in social network analysis. In order to understand the research trends of ecological restoration technologies, we analyzed the degree centrality and betweenness centrality of the Stream/Wetland, Slope, Soil/Others fields selected as Word Cloud. As a result, ecological restoration technologies have been changed. They were focused on the restoration of species or their habitats in the past. However, they have been evolved into the detailed systems to respond in unpredictable natural disasters and climate change, high-resolution image implementation technology to accurately grasp the practical environment and methods related to environmental restoration for human in urban ecosystem. In the future, investment and technology for the ecosystem restoration field will be continuously demanded for the symbiosis of human beings and species in the damaged ecosystem. Therefore, the research trend of ecological restoration technologies should be provided as reliable guidelines when decision makers establish the policy direction or when researchers select their subjects.

Key Words : *Semantic Network Analysis, Wetland, Stream, Slope, Forest, Soil*

First author : Kim, Bo-Mi, Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University,
Tel : +82-2-880-4885, E-mail : adees@snu.ac.kr
Corresponding author : Lee, Dong-Kun, Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,
Tel : +82-2-880-4885, E-mail : dklee7@snu.ac.kr
Received : 9 April, 2018. **Revised** : 17 June, 2018. **Accepted** : 17 May, 2018.

I. 서 론

도시화 및 산업화로 인한 경제성장과 산사태나 지진, 홍수 등 환경재해발생 빈도와 강도가 잦아지면서(Myong et al., 2011) 생물의 서식처(Amano, T., 2009)뿐 아니라 인간의 삶의 터전까지 위협받고 있다(Hiscock, H. et al., 2017). 이에 따라 생태환경을 재정비하고, 원생태계를 재구축하려는 생태복원사업에 대한 수요가 급증하고 있다(Lee et al., 2015a). 생태복원사업은 다양한 생태계를 다루는 전문분야로서 환경, 조경, 토목, 경관 등 다분야의 공동성과로 이루어진 생태복원기술들의 종합세트이다. 여기에서 생태복원기술이란「환경기술개발 및 지원에 관한 법률」제2조에 근거하여 생태환경의 자정능력을 정화시키고, 생태계 내 환경피해 유발요인을 억제, 제거하는 기술로서 오염된 혹은 훼손된 생태계를 복원하는데 필요한 기술로 재정의 할 수 있다.

하지만 생태복원사업의 주체나 목적에 따라 상이하게 적용되는 생태복원기술은 분야간, 지역간 스케일의 차이, 사업규모, 사업기간 등 여러 제약사항들과 함께 조경학(Li et al., 2014; Kim and Sim, 2010), 임학(Park et al., 2016; Cho et al., 2015), 토목공학(Lee et al., 2013; Lee et al., 2009) 등 일부 분야에 국한된 연구로 진행되고 있다. 또한 예측 불가능한 자연재해나 기후변화에 따른 미래지향적 기술의 투자와 수요는 높아지고 있지만 대응전략은 미비하다. 따라서 과거와 현재의 변화양상을 파악하고, 이를 통한 미래지향적 생태복원기술의 제안이 필요한 시점이다.

생태복원기술의 연구동향을 파악하는 것은 해당 분야의 종합적인 관심과 이론체계, 연구방법 등의 변화를 담고 있는 역사적 기록물로서(Kim et al., 2011) 미래를 예측하고, 정책방향을 모색하기 위한 학술적 근거와 새로운 연구과제를 제시할 수 있는 역할을 해주며(Park and Na, 2016) 총괄적 시각에서 보완해야할 부분이나 해결해야할 문제점, 앞으로 나아가야 할 방향 등을 제시해 줄 수 있는 총괄관리자로서 중요한 의미를 찾을 수 있다. 그러나 제한된 시간 내에 방대한 자료의 양을 연구자가 파악하기에 어려움이 있다. 또한 세부주제별 연구동향의 경우 정화기술, 복원공법, 식생복원모델 등의 일부 항목에 집중되어 있고, 시기별 연구를 단순 집계하거나 연구대상 논문별, 분류범주별 빈도를 분석하는 정량적 연구가 주를 이루고 있다(Byeon et al., 2016; Ahn and Choi, 2011; Ko et al., 2010). 따라서 제한된 시간, 인력, 비용 면에서 객관적으로 접근 가능한 새로운 분석방법의 필요성이 대두되게 되었고, 관광학(Yoon, 2016), 교육학(Yoon and Seo, 2016), 국제/지역개발(Choi and Kang, 2012) 등 다양한 연구분야에서 사회네트워크분석(Social Network Analysis: SNA)을 적용하여 해결책을 모색하고 있다.

그러므로 본 연구의 목적은 생태복원기술과 관련된 논문이 한국연구재단(KCI)에 처음 등장한 2002년부터 2017년 4월까지 등재된 약 15년간의 연구동향에 대해 연구자의 주관적 개입을 최소화하여 객관적으로 분석함으로서 다음과 같은 연구문제를 해결하고자 한다. 첫째, SNA 결과 과거부터 현재까지 전문학술지에 등재된 생태복원분야별 기술의 주제어와 시계열 추이는 어떻게 변화되는가? 둘째, 생태복원분야별 생태복원기술의 주제, 대상, 방법 등이 어떻게 변화되며 분야간 매개역할을 하는 생태복원기술은 무엇인가? 셋째, 향후 생태복원기술의 발전방향은 무엇인가? 이를 통해 생태복원기술에 관한 미래의 정책방향이나 연구주제 선정시 기초자료로 제공될 수 있을 것으로 기대된다.

II. 이론적 배경

1. 생태복원기술 연구동향

국내 생태복원기술에 관한 전체적인 동향을

파악하는 선행연구는 진행되지 않았다. Kim et al.(2007a)은 일반적으로 유효도 평가에 이용되는 기존의 방법들을 분석하고 중금속 유효도의 중요성을 토양인자와 함께 기술하여 비교 평가하였고, Ko et al.(2010)은 인공습지를 대상으로 습지 내의 오염물질로 작용하는 부유물질, 병원균, 중금속 등의 제거기작에 대해 문헌 조사하였다. 특히 식물체에서 수질정화 할 수 있는 질소와 인의 탈질화에 대해 중점적으로 분석하고, 그 결과를 종합 정리하였다. Ahn and Choi (2011)는 산성토양 및 산성배수 처리기술에 대하여 출원 공개/등록된 총 788건의 한국, 일본, 미국, 유럽 특허동향을 분석한 후 차별화된 개량제 및 처리제, 신규 복원 및 처리기법 연구의 필요성을 주장하였다. Byeon et al.(2016)은 실제 하천과 호소에서 적용된 28개 조류저감기술의 현장을 조사 분석하고, 현장 적용성이 우수한 기술과 발생현장에 적합한 맞춤형 기술개발 및 보급기술을 제시하였다. 종합적으로 국내 생태복원기술의 연구동향은 일부 주제에 집중되어 있고, 시기별 연구를 단순 집계하거나 연구대상 논문별, 분류범주별 빈도를 내용분석하는 정량적 연구가 주를 이루고 있다.

2. 사회네트워크분석 연구동향

SNA는 객체간 관계 모델을 수학적 구조로 풀이한 그래프 이론과 사회적 그룹 내 관계를 가시적으로 결합한 소시오그램으로써 구조적, 관계적 특성에 초점을 둔다(Kim, 2011). SNA의 기본전제는 단어간 관계 네트워크 모델링이 가능하고, 개념들의 위치와 연결패턴을 통해 단어의미나 중요한 주제를 파악할 수 있다는 것이다(Hunter, S., 2014). 따라서, 잘 설계되고 실행된 SNA의 경우 구체적인 통찰력을 제공하기 때문에(Cho and Lee, 2016), 유사한 주제의 단어들이 모인 말뭉치에서 단어나 구의 동시출현 패턴을 주제별로 유형화하여 논문의 저자 주제어뿐만 아니라 논문의 제목, 저자 주제어, 초록, 본문 등을 활용해 연구동향을 파악하는데 널리 사용되고(Cyram, 2017), 분석하고자 하는 내용을 보다 객관적인 시각에서 접근할 수 있도록 도와준다(Lee and Lee, 2012). 특히 기존 동향연구의 경우 연구자중심의 문헌분석이 주를 이루었는데, 이는 문헌의 양에 따라 시간 및 기회비용이 많이 소요되고, 전체 분야 내에서 어떤 주제의 연구들이 구체적으로 진행되었는지 파악하는데 한계가 있다. 반면 SNA의 경우 해당 연구에서 객관적으로 도출되는 핵심 연구주제를 제시해주고, 연결키워드를 함께 이들 네트워크 관계를 통해서 관련 연구분야를 구체적인 내용으로 분석할 수 있다는 장점이 있다(Yoon and Seo, 2016).

선행연구 고찰을 통해 도출된 SNA는 주로 키워드네트워크분석(Ha and Kim, 2016; Yoon, 2016)과 의미네트워크분석방법(Lee et al., 2015b, Choi and Park, 2010)이 사용되었다. 키워드네트워크분석은 등장하는 저자 주제어가 서로 어떻게 연결되어 있는지를 파악함으로서 주제어가 제시하고 있는 의미를 파악하여 동시출현빈도를 통해 분석하는 것이고, 의미네트워크분석은 문장 내 단어들 간의 관계를 찾아내고 도식화하여 문장 속 단어들의 배열과 저자가 제시하고자 하는 개요, 목적, 결과 등의 주제어를 담을 수 있다. 하지만 국내의 SNA를 활용한 선행연구의 경우 분석의 용이성이나 기타 제약사항들로 인해 키워드네트워크분석에 한정하여 이루어지고 있다(Yoon, 2016; Choi and Kang, 2012). 생태복원기술분야의 경우 중요한 주제어임에도 불구하고 저자주제어가 제목과 중복될 때 다른 주제어로 대체되거나 기술이나 공법 등 기술논문으로서 특성을 담지 못하는 일반적 주제어가 제시되는 경우를 다수 발견하였다. 따라서 본 연구에서는 각 분야별 핵심어들의 관계파악을 위해 동시출현빈도분석이 아닌 연구자 기반의 내용분석방법과 유사한 의미네트워크분석을 적용하고, 논문의 집약체인 초록을 대상으로 분석하고자 한다.

III. 연구방법

1. 연구대상 및 자료수집

자료수집은 연구의 신뢰성을 높이기 위해 학술지 검색시스템의 하나인 한국연구재단에 등재된 생태복원기술 관련 논문을 수집하였고, 초록내용 확인이 어려운 논문일 경우 한국학술정보(KSI)와 학회별 홈페이지를 검색하여 누락되지 않도록 재확인하였다. 분석자료는 1차적으로 초록, 논문제목, 저자 주제어에 “생태복원기술”로 설정된 논문 1,868건을 추출하였고, 이 중 서평, 단행본, 학위논문, 학술잡지, 학술대회발표집을 제외한 등재학술지로 한정하여 2차적으로 488건을 재추출하였다. 추가적으로 초록내용을 비교검토하여 생태복원기술과 관련없는 대상지 현황파악이나 개별종 복원 등은 제외하였다. 그 결과 서식처 관점의 생태복원기술과 관련된 110건의 논문이 연구분석 대상으로 선정되었다. 워드클라우드 기법을 통해 1차 분류된 중심 주제어 분석결과 빈도수가 높게 도출된 하천(142회), 습지(90회), 토양(71회), 절토비탈면(70회) 순으로 상위 4개 분야가 선정되었다(Figure 1). 논문을 재분류한 결과 산림관련 논문 15편이 제외되어 기타분야로 포함시켰다. 부가적으로 하천은 습지보전법상 습지의 한 유형으로 하천/습지를 한 분야로 통합시켰고, 비탈면의 경우 절토비탈면(70회), 인공비탈면(20회), 임도비탈면(7회), 도로비탈면(6회), 훼손비탈면(5회), 성토비탈면(3회)처럼 대상지에 따른 용어 혼용이 있어 비탈면분야(111회)로 종합하여 분석하였다. 따라서 최종적으로 도출된 생태복원기술의 세부분야는 하천/습지, 비탈면, 토양 및 기타분야이다.

2. 측정도구와 분석방법

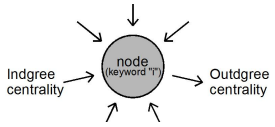
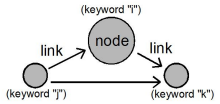
각 분야별 핵심어들의 관계파악을 위해 논문의 집약체인 초록을 대상으로 SNA 방법 중 의미네트워크분석을 실시하였다. 초록은 기술의

Figure 1. Result of Word cloud

개요, 목적, 결과 등의 내용을 상세히 기술하고 있어 키워드네트워크분석에서 담지 못하는 단어의 관계파악이 가능하고, 정성적 분석방법으로서 기존 문헌분석 방법의 단점을 보완할 수 있기 때문이다.

분석과정에서는 지능형 형태소 분석기(Semantic Network)를 이용하여 본문 내의 주제어인 명사만을 추출하였고, 분류작업을 돕기 위해 유사어, 지정어, 제외어 등의 라이브러리를 작성하였다. 이는 동시등장빈도가 낮은 단어를 분석에서 제외하거나 의미없는 단어, 한 단어로 인식해야하는 단어 등 노드와 링크의 필터링을 거치는 정제(cleaning)와 사전정리(pre-processing) 작업이다. 분석지표는 중심성(Centrality)을 선택하였다. 중심성은 권력과 영향력을 대표하는 지표 중 하나로(Kim, 2011) 연결중심성(Degree centrality)과 매개중심성(Betweenness centrality)분석으로 나눠지고, 이를 통해 각 주제어가 전체 맥락 내에서 의미하는 위상과 역할을 파악해보고자 하였다. 연결중심성은 특정한 주제어가 얼마나 많은 주제어와 연계되어 있는가를 수식으로 정의하며 연결중심성이 높은 주제어를 허브로 지정한다(Choi and Park, 2010). 방향이 있는 그래프에서 노드값으로 오는 방향 연결을 내향중심성(Indgree centrality), 노드에서 밖으로 향하는 방향 연결을 외향중심성(Outdegree cen-

Table 1. The formula of centrality

Degree Centrality		Betweenness Centrality	
$C_d(n_i) = \frac{d(n_i)}{N-1}$		$C_b(n_i) = \frac{\sum_{j<k} N_{jk}(n_i)/N_{jk}}{[(N-1)(N-2)/2]}$	
$C_d(n_i)$	Degree Centrality "i"	$C_b(n_i)$	Betweenness Centrality "i"
$d(n_i)$	Number of keywords associated with "i"	N_{jk}	The Shortest path connecting "j"and "k"
N	Number of whole keywords	$N_{jk}(n_i)$	The shortest path number including "i" among the shortest paths connecting "j"and "k"
			

trality)이라고 한다. 0에서 1값으로 표현되며 1에 가까울수록 영향력이 크다는 것을 의미하며 네트워크 상에서의 노출지수로서 노드의 크기가 커질수록 자주 등장하는 중심주제어로 분류된다. 다른 분석지표인 매개중심성은 직접적인 연결이 없는 특정한 두 주제어의 중간에서 '중재자' 또는 '매개자' 역할을 얼마나 수행하는지에 대한 중심성 척도로서(Lee, 2016), 주로 'Boundary spanner'를 규명할 때 이용한다(Long et al., 2013). 'Boundary spanner'란 경계를 넓혀가는 주체로서 계획적이고 의도적으로 영역을 확장시킬 수 있는 사업, 연구 등으로 설명될 수 있다. 즉 새로운 연구영역을 탐색하거나 학제적 융합연구에 대한 연구주제를 모색할 경우 높은 값을 제시하는 매개중심성의 주제어를 중심으로 접근하는 것이 효과적이다(Park and Na, 2016). 따라서, 본 논문에서는 워드클라우드로 선정된 3개 분야를 대상으로 연구시기별 연결중심성을 분석하였다. 연구시기는 과거 연구와 최근 연구로 분리했으며 최근 연구의 기준은 저탄소사회, 녹색성장을 표방하는 친환경기술의 정책 추진시기와 창조경제를 구현하는 과학기술/정보통신기술 정책 추진시기의 경계선인 2013년으로 설정하였다. 또한 향후 생태복원분야의 매개자 역할을 해줄 수 있는 기술이나 공법을 파악하기 위해 최근 5년간의 생태복원기술관련 모든 논문을 대상으로 매개중심성을 분석하였다. 연결중심성과 매개중심성을 구하는 수식은 다음 Table 1과 같고, 네트워크 틀과 네트워크 변수는 Netminer 4.0을 사용하였다.

IV. 연구결과 및 고찰

1. 시기별 연구동향

1) 하천/습지분야

하천과 습지 관련논문 48편을 대상으로 분석하였다. 본 연구에서의 하천범주는 수로를 통해 흘러가는 물에 한정하고, 나머지 수공간인 염습지, 조간대, 소택지 등은 습지로 포함시켰다. 주제어와 링크 모두 2회 이상 연결된 경우만 표현하였다. 연결망의 총 노드의 수는 129개, 링크의 수는 165개, 집중화지수는 내향성 4.504%, 외향성 9.229%로 도출되었다(Figure 2). 노드의 크기는 연결중심성의 정도를 나타내고, 링크의 방향으로 주제어간 관계를 파악할 수 있다.

종합적 연결중심성 분석결과에 따르면 129개 중 상위 10%에 해당되는 주제어는 하천(0.049), 평균농도(0.038), 습지(0.027), 모니터링, 물, 비점오염원, 수리, 수질환경, 순응적관리, 유입수, 유출수, 치수, 호안공법, 기능, 면적(0.022)순으로 도출되었다. 즉, 하천과 습지 핵심어를 기준으로 연결망 구조를 형성하고 있고, 물이나 유

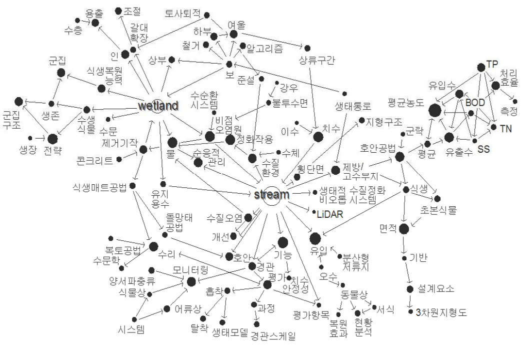


Figure 2. Analysis of Degree centrality in Stream / Wetland field

지용수를 매개로 하천과 습지가 연계되고 있었다. 하천의 경우 호안공법, 제방/고수부지, 보 등 하천단면의 각 부문별로 연구가 진행된 것으로 보이며 수질환경과 유입수를 정화하고, 비점오염원을 관리하는 제거기작(Byeon et al., 2016; Moon et al., 2015)이나 스마트한 지형공간정보를 활용한 생태모델 구축(Lee et al., 2013; Oh and Oh, 2012), 호안공법 개발(Choi et al., 2012), 하천평가 기법의 개발 및 적용(Kim et al., 2007b) 등의 기술이 연구되고 있었다. 습지의 경우는 습지식생 관리(Sung et al., 2010)와 비점오염원의 정화기술(Ko et al., 2010) 등이 연구주제로 다뤄졌다. 또한 LiDAR나 3차원지형도와 같은 입체적 분석기술이 하천에서 일부 도입되어 활용되었다(Lee et al., 2009).

하천과 습지분야의 연구경향성을 분석한 결과 상위10%에 해당되는 주제어는 과거 연구의 경우 하천(0.042), 호안공법(0.028), 습지, 수생식물, 수리, 물, 모니터링, 면적, 기능, 경관, 개선, 평균농도, 식생(0.023)순이고, 최근 연구의 경우 하천(0.020), 평균농도(0.015), 수질환경, 습지, 용출, 유입, 인, 현황분석(0.011)순으로 도출되었다(Table 2). 과거 하천의 이수, 치수, 환경기능의 측면에서 연구가 진행되었다면 현재 수질환경, 정화작용, 동물상처럼 하천의 환경기능에 집중된 주제어들이 주로 등장하였다. 또한 비점오염원 관리의 경우 하천에서 소택지와 같은 소규모 습지로 관심주제가 확대되었고, 비점오염원, 제거기작, 분산형 저류지의 주제어가 등장하는 것으로 보아 저영향개발(LID) 측면의 기술개발로 초점이 맞춰져 연구가 진행되고 있음을 파악할 수 있었다. 또한 어류상, 양서파충류, 식물상의 모니터링 시스템에서 동물상의 서식이나 현황분석으로 관심주제가 계층적으로 확대되어 발전하고 있었다. 향후 하천이나 습지분야의 방향은 LiDAR나 3차원 지형도, 드론과 같은 입체적 분석기술 접목으로 고해상도의 이미지를 구현한 하천과 습지의 수환경뿐 아니라 수질환경으로의 영역확대가 예상되며 하천유입수 정화기법과 하천경관 내 최상위 개체군인 동물상의 종별 모니터링 시스템 기법이 구체화되고, 정교화해질 것으로 예상된다.

2) **비탈면분야**

비탈면 관련논문 33편을 중심으로 주제어와 링크 모두 2회 이상 연결된 경우만 표현하였다. 연결망의 총 노드의 수는 111개, 링크의 수는 134개, 집중화지수는 내향성 7.149%, 외향성 8.066%로 나타났다(Figure 3).

연결중심성을 분석한 결과 111개 중 상위 10%에 해당되는 주제어는 배합비율(0.074), 붕괴/침식과 식생피복률(0.057), 비탈면녹화공법과 토양, 외래종(0.049), 임목폐기물과 절토비탈면(0.041), 녹화식물과 식생기반재(0.033) 순으로 도출되었다. 즉, 비탈면의 경우 임도비탈면, 인공비탈면, 수변비탈면을 비롯한 절토비탈면 연구, 식생기반재 재료와 배합비율량을 시험시공하여 분석한 논문들이 주를 이루었다(Yu and Sim, 2016; Lee et al., 2009). 특히 식생기반재 재료 중 토양이외에 임목폐기물이나 음식물쓰레기 등을 이용한 대체재 개발(Cho et al., 2015) 및 잦은 폭우나 산사태에 재발되는 붕괴/침식에 대비하는 공법(Sim, 2015) 등이 제안되고 있었다.

비탈면의 연구경향성을 분석한 결과(Table 2) 상위10%에 해당되는 주제어는 과거 연구의 경

우 비탈면녹화공법(0.066), 토양(0.051), 외래종(0.036), 식생과 절토비탈면, 식생피복률(0.029)순이고, 최근 연구의 경우 배합비율(0.107), 붕괴/침식(0.072), 식생피복률과 식생기반재, 비탈면녹화공법(0.060), 절토비탈면과 임목폐기물(0.036)순이다. 비탈면의 경우 과거 연구에는 주로 절토비탈면이나 인공비탈면을 대상으로 식생기반재에 해당되는 토양과 배합되는 우드칩과 같은 임목폐기물, 미생물 처리 등의 연구가 이뤄졌고(Koh et al., 2010), 사업초기 조기녹화를 위해 외래종을 도입하였으나 문제점이 발생하자 자생식물로 전환하려는 움직임(Lee et al., 2009) 등이 보여진다. 또한 비탈면에 적합한 돌망태공법이나 식생기반재 뿜어붙이기공법 등의 공법 자체 개발(Park et al., 2008; Lee, 2003)과 비탈면에 종자를 부착시키기 위한 녹화용접착제(Kim et al., 2006) 등의 부자재 개발로 나눠졌다. 하지만 최근 연구는 절토비탈면의 식생기반재, 녹화공법, 붕괴/침식 등의 주제어가 부각되었다. 식생기반재의 경우 식물종의 배합비율을 넘어서 임목폐기물이나 음식물쓰레기, 펄라이트 등 다양한 소재와 배합을 통한 재활용 측면과 공사원가 절감을 위한 기술들이 개발되고 있었다. 또한 과거 공법 자체 개발과 달리 현재는 식생기반재 조성구간의 분리(직선부와 곡선부), 암반에 따른 세분화된 취부방법(건식과 습식) 등으로 진화된 양상을 보였다. 특히 주목할 점은 붕괴/침식과 홍수기 등 재해관련 주제어들이 중심에서 큰 줄기를 형성하고 있고, 과거 모니터링, 생태천이와 같이 일반적인 주제어들이 도출된 것에 비해 최근 연구에서는 토양습도, 토양경도, 홍수기, 홍수저항성, 함수율 등과 같이 구체적인 평가지표들이 제시되고 있어 최근 Kil(2016)의 연구결과와도 유사하다. 추가적으로 흥미로운 주제어 중의 하나는 생애주기비용을 고려한 비탈면녹화공법의 등장이다. 이는 도로 등의 개발사업 수요가 정체기에 머무르고, 비탈면복원사업규모가 축소되는 현실을 감안하여 경제성을 반영한 사업전환이 이뤄지고 있으며(Li et al., 2014) 재활용소재 식생기반재 대체자원 개발(Park et al., 2016)과 맥락을 같이한다.

3) 토양 및 기타분야

토양 및 기타분야 관련논문 29편을 중심으로 주제어와 링크 모두 2회 이상 연결된 경우만 표현하였다. 연결망의 총 노드의 수는 148개, 링크의 수는 187개, 집중화지수는 내향성 3.929%, 외향성 4.614%로 나타났다(Figure 4). 상위 10%에 해당되는 주제어는 인공림(0.043), 순응적관리와 시험시공(0.038), 산림, 토양, 생태복원(0.033), 중금속과 지형, 정화(0.024), 식생복원사업, 식생구조, 활착률(0.019)순으로 도출되었다.

토양 및 기타분야의 경우 크게 산림복원기술과 토양복원기술로 연결망을 형성하였다. 전체 중심성분석시 산림은 중요 주제어가 도출되지 않았는데 이는 연구주제의 등장횟수가 적기 때문으로 파악되며 시기별 연구성과와 관련성을 보인다(Figure 5). 세부적으로 토양복원기술의 경우 토양의 기본특성이나 중금속 오염, 정화 등이 핵심어로 도출되었다. 전체적 흐름을 보면 토양 내 중금속의 오염물질을 정화시키기 위한 식물정화기법(Jeon et al., 2012)과 토양정화기법(Kim et al., 2007)의 연구들이 주를 이루고 있다. 산림복원기술로는 산림훼손지 내 종다양도나 식생구조와 관련된 식생복원모델(Kim and Sim, 2010)과 외래종 관리기술 및 공법(Kim and Lee, 2012) 등이 제안되고 있었다.

토양 및 기타분야의 연구경향성 상위10%에 해당되는 주제어는 과거 연구의 경우 인공림(0.048), 산림, 순응적관리, 생태복원(0.037), 중금속, 토양(0.027), 시험시공, 식생구조, 정화(0.021)순이고, 최근 연구의 경우 토양동물(0.070), 토양과 시험시공(0.068), 식생복원사업, 식물상, 토양세척, 생태복원지역, 모니터링, 평가지표(0.051)순으로 도출되었다(Table 2). 사실, 토양분야의 경우 오염정화기술에서의 큰 변화를

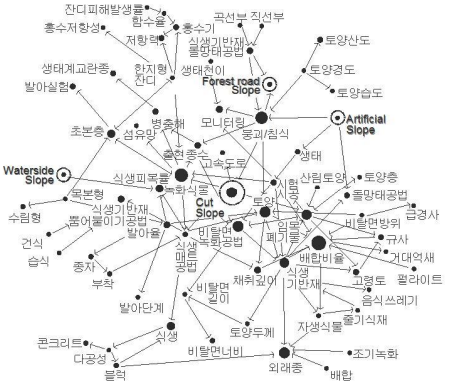


Figure 3. Analysis of Degree centrality in Slope field

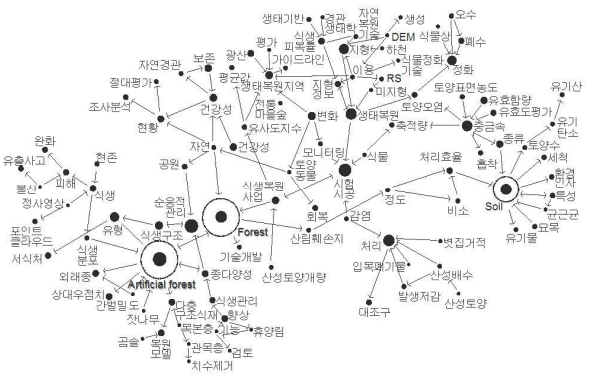


Figure 4. Analysis of Degree centrality in Soil field and the others

찾기는 어려웠다. 그 이유 중 하나는 분석대상이 생태복원기술로 한정되다 보니 식물정화기법이나 토양정화기법 위주로 주제어가 선정되었고, 최근 연구가 2편만 해당되어 연구동향을 파악하기에는 어려움이 있었다. 그러나 주목할 점은 지형변화 분석시 과거 인공위성사진 이용에서 드론사진측량기술을 활용(Lee et al., 2008)하여 진보된 기술과의 접목이 시도되고 있었고, 이는 하천/습지분야의 향후 연구동향과 유사하지만 적용시기는 선행된 것으로 분석된다. 기타분야에서 두각을 나타내는 산림복원기술은 과거 연구에 비해 최근 연구의 세력권이 하락세로 나타났다. 산림의 연결중심성 지수를 보면 과거 산림이나 인공림의 지수가 타 주제어보다 큰 세력권을 형성하고 있지만 최근 연구의 경우 산림보다는 다른 주제어들의 매개자로서의 역할로 부각되었다. 하지만 과거 연구는 외래종과 관련하여 자생식물과의 배합비율, 간벌밀도, 다층구조모델 등 수목과 식생구조 위주로 연구되었지만(Kim and Sim, 2010) 최근 연구에서는 유사도지수나 생태건강성을 고려한 식생복원사업, 비오톱이식공법, 산림표토포설 등 수목과 더불어 주변 환경포텐셜을 고려한 복원기술이나 모델개발로 발전하고 있었다(Kang et al., 2017). 이는 산림분야의 연구가 주를 이루지는 않지만 과거 산림 혹은

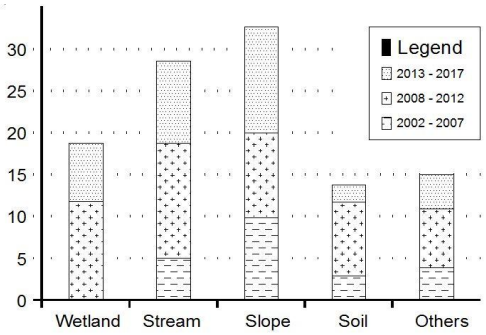


Figure 5. Results by research period

수목구조를 모사수준에서 경관 내 개체와 환경간의 상호연관성을 파악하고, 환경잠재력을 고려하는 전략적 복원방향으로 전환되고 있었다.

2. 향후 연구동향

향후 생태복원분야의 매개자 역할을 해줄 수 있는 생태복원기술을 파악하기 위해 최근 5년간의 논문 총 36편을 대상으로 매개중심성을 분석하였고, 주제어와 링크 모두 2회 연결된 경우만 표현하였다. 연결망의 총 노드 수는 153개, 링크의 수는 148개, 집중화지수는 0.757%로 나타났다(Figure 6, Table 3). 매개중심성 지수가 높은 주제어로는 식생기반재(0.010), 절토비탈면, 붕괴/침식(0.008), 비탈면녹화공법, 시험시공(0.007), 물리화학적특성(0.004), 토양(0.003), 임목폐기물,

Table 2. Analysis of Degree centrality among fields by research period

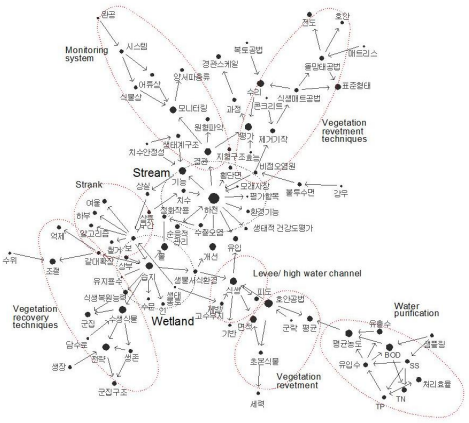
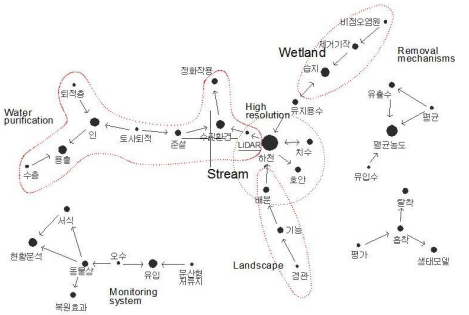
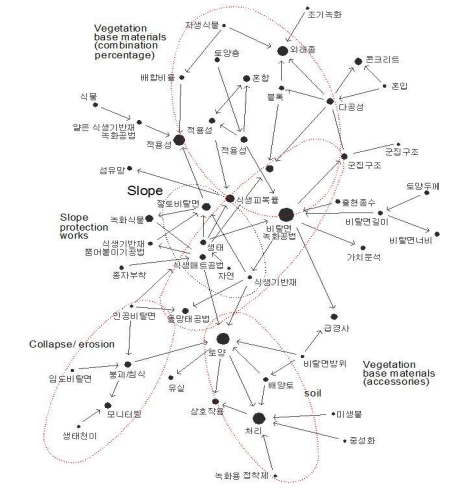
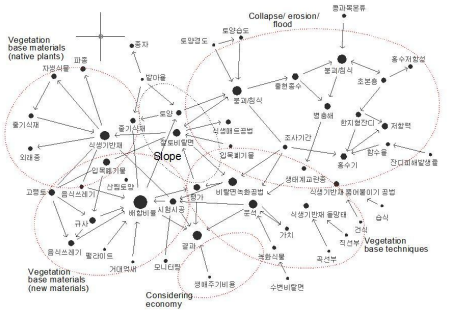
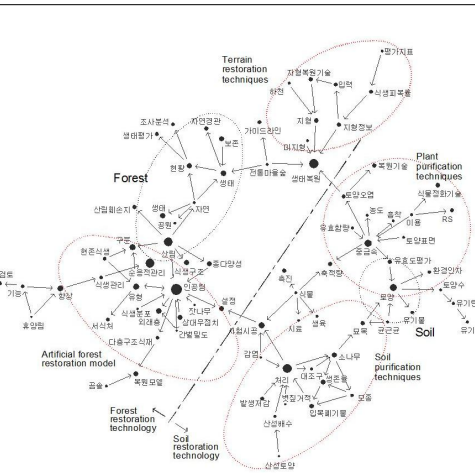
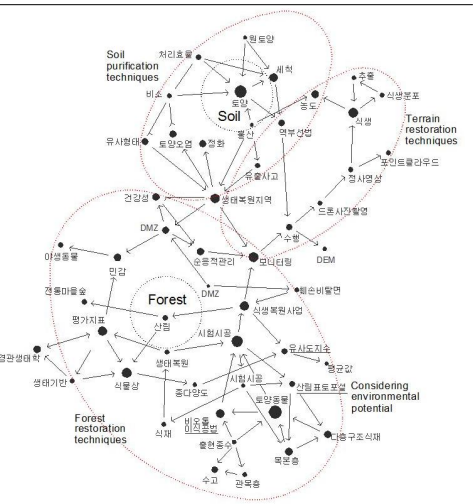
Division	Analysis of Degree centrality	
	2002 - 2012	2013 - 2017
Stream/ Wetland		
Slope		
Soil and the others		

Table 3. Change of keywords about research trend of ecological restoration technology

Division	Newly appeared keywords (preceding research → recent research)	
	Keywords of degree centrality	Keywords of betweenness centrality
Stream/ Wetland	animal habitat, division, dispersed detention, eco model, water environment, gushout water layer, sewage inflow, dredging, desorption, soil sedimentation, accumulation layer, assessment, adsorption, LiDAR	improvement, landscape, function, nonpoint pollution source , water environment, channel flow for maintenance, gushout water layer, phosphorus, removal mechanisms, dredging work, soil sedimentation
Slope	miscanthus sinensis var., kaolin, highway, quartz sand, percent germination, coulure, forest soil, life cycle cost, invasive plants, waterside slope, stems planting, spot, extraction depth, processing, herbaceous layer, soil hardness, soil humidity, leguminous plant, sowing, pearlite, assessment, emerging species, cool season grass, percentage of water content, flood season, flood resistance	monitoring, combination percentage, collapse/ erosion, slope protection works, life cycle cost, experimental construction, vegetation base materials, exotic species, forest tree waste, native plants, soil, seed spraying slope revegetation (dry, wet), gabion works (straight part, curve part), vegetation coverage rate, food waste, incidence of harming lawn, materials, resistance
Soil and the others	Keywords of degree centrality	
	shrub layer, landscape ecology, photogrammetric UAV system, tree layer, susceptibility, hydrofluoric acid gas, biotop transplantation, arsenic, wild animals, reverse flotation, forest topsoil, tree height, vegetation restoration projects, planting, index of similarity, shape similarity, leakage accident, orthophoto, purification, treatment efficiencies, extraction, emerging species, soil animal, soil cleansing, evaluation index, average value, point cloud, damaging slope, DEM, DMZ	

* Note : Delete words that are not meaningful as keywords such as “degree” or “analysis”

하천, 토양경도, 토양습도(0.001)순이다.

생태복원기술은 크게 절토비탈면, 하천/습지분야 순으로 도출되었고, 하천/습지분야 매개연결성 주제어로는 개선, 경관, 기능, 비점오염원, 수질환경, 유지용수, 용출수층, 인, 제거기작, 준설, 토사퇴적, 비탈면분야에서는 모니터링, 배합비율, 붕괴/침식, 비탈면녹화공법, 생애주기비용, 시험시공, 식생기반재, 외래종, 임목폐기물, 자생식물, 토양, 식생기반재 뿜어붙이기공법(건식, 습식), 식생기반재 돌망태공법(직선부, 곡선부), 식생피복률, 음식쓰레기, 잔디피해발생율, 재료, 저항력이 도출되었다.

향후 생태복원기술의 연구동향은 첫째, 비탈면분야의 경우 자생식물 특히 한국잔디의 줄기식재 등과 같은 신기술이 이용되거나 임목폐기물이나 음식쓰레기 등의 재활용소재를 활용한 식생기반재 등의 공법들이 계속해서 개발될 것으로 전망되며 이를 모니터링 할 수 있는 시스템 구축이 필요할 것으로 예상된다. 또한 홍수나 산사태로 인한 붕괴/침식 위험 대응 시스템이나 경제성을 고려한 비탈면녹화공법 개발과 관련된 체계적 연구가 병행되어야 한다(Wang et al., 2018). 둘째, 하천/습지분야는 하천의 유수가 정상적인 기능을 하기위해 필요한 유지용수를 매개로 연구분야간 융합과 교류가 본격화될 것으로 예상된다. 즉, 정상적인 하천기능을 복원하기 위해서는 비점오염원, 준설토 등의 제거기작과 관련된 수질정화기술이 향후 중심역할로 전망되며 이는 4대강 살리기 사업 등의 하천복원사업(Nocutnews, 2018.3.23.)과 같은 국가정책과도 연계되어 심층적인 연구가 진행될 것으로 예상된다. 셋째, 산림분야의 경우 두각을 나타내는 주제어가 도출되지 않았고, 토양분야의 경우 토양세척 한 개의 주제어만 추출되었다. 실제 시기별 연구성과를 분석한 결과(Figure 5) 토양 및 산림을 다루는 기타분야의 경우 타분야에 비해 연구성과가 적어 하향세로 도출되었고, 토양분야의 경우 생태복원기술로 대상을

한정시켜 생물학적 정화기법 위주로 공법이 선정되었을 가능성이 있기에 향후 종합적인 토양복원기술 동향과 비교고찰 후 논의되어져야 할 것으로 판단된다.

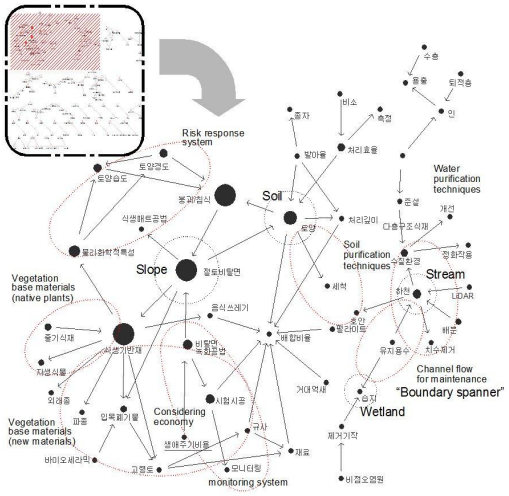


Figure 6. Analysis of betweenness centrality in ecological restoration technology

V. 결 론

본 연구에서는 SNA 중 의미네트워크 분석기법을 활용하여 2002년부터 2017년까지 약 15년간의 국내 생태복원기술 관련연구의 흐름과 특징을 살펴본 결과 시사점과 결론은 다음과 같다. 첫째, 하천/습지분야의 경우 과거 하천의 이수, 치수, 환경기능의 측면에서 연구가 진행되었다면 현재 환경기능 기술위주로 집중되었고, 비점오염원의 경우 하천에서 소택지와 같은 소규모 습지로 관심주제가 확대되었으며 저영향개발(LID)로 초점이 맞춰져 연구가 진행되고 있었다. 둘째, 비탈면분야는 재활용 측면과 공사원가 절감을 위한 기술들이 개발되고 있었고, 생애주기비용을 고려한 공법개발로 경제성을 반영한 사업전환이 이루어지고 있었다. 특히 주목할 점은 붕괴/침식과 홍수기 등 재해관련 주제어들이 최근 연구 내에서 큰 세력권을 형성하고 있다는 점이고, 과거보다 한층 더 세분화되고, 심층적인 연구 형태로 발전할 양상을 내포하고 있다. 셋째, 토양 및 기타분야의 경우 크게 산림복원기술과 토양복원기술 두 가지로 세분화되며 연결망을 형성하고 있었다. 토양분야의 경우 과거와 최근 연구 모두 식물정화기법과 토양정화기법이 주를 이루었으나 이는 생태복원기술로 한정한 결과로 예상되며 향후 종합적인 토양복원기술과 비교 고찰후 추가적인 논의가 필요할 것으로 예상된다. 산림분야의 경우 과거 산림이나 인공림의 지수가 타 주제어보다 큰 세력권을 형성하고 있었지만 최근 연구의 경우 산림보다는 다른 주제어들의 매개자로서의 역할이 주된 것으로 분석되어 연구의 하향세를 보였다. 넷째, 향후 생태복원기술의 연구는 절토비탈면, 하천, 습지분야 순으로 두각을 나타냈다. 비탈면분야에서는 식물소재를 이용한 신기술이나 재활용소재를 활용한 식생기반재 등의 공법 개발, 이를 모니터링 할 수 있는 시스템 구축이 필요하며 재해로 인한 붕괴/침식 위험 대응 시스템, 경제성을 고려한 생애주기비용 녹화공법 관련연구가 심화될 것이다. 하천/습지분야에서는 유지용수를 매개로 연구분야간 융합과 교류가 본격적으로 진행될 것이며 4대강 살리기 사업 등의 국가정책과 병행하여 정상적인 하천기능을 복원하기 위한 수질정화기술이 향후 중심연구로 자리매김 할 것이다. 종합적으로 생태복원기술의 연구는 과거 생물종이나 서식처관점에서의 기술이나 공법개발에서 예측 불가능한 자연재해나 기후변화에 적응 혹은 대응하기 위한 시스템, 실제 환경을 정확하게 파악하기 위한 고해상도 이미지 구현 기술, 도시생태계 내 인간과 생물상 간의 공생을 위한 환경복원기술과 공법으로 변화되고 있으며 세분화되고, 구체화될 것으로 예상된다. 추가적으로 드론이나 수질정화기술 등 일부 국가산업발전정책이나 사회적 트렌드와 유사한 흐름을 보이는 연구성과물의 경우 국내외 정세 및 정책, 사회적 이슈 등과 연계

한 후속연구가 이루어진다면 국가적으로 의미 있는 연구결과가 모색될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 기존 선행연구들과 달리 SNA를 이용하여 정량적 연구의 한계를 보완하고자 연구자 중심의 초록을 기반으로 국내 생태복원기술의 연구동향을 분석하였고, 총괄적 시각에서 생태복원기술 향후 발전방향을 제안하였다. 이는 정성적 분석방법으로서 연구자기반의 문헌분석 시 발생되는 단점을 보완하고, 문헌분석을 위한 많은 시간 및 기회비용을 줄임으로서 실제 연구에 필요한 핵심만을 선택하여 연구자가 분석할 수 있는 강점에 그 의의가 있다.

하지만, 본 연구에서는 이러한 의미있는 결과에도 불구하고, 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 첫째, 국내문헌 중 한국연구재단에 등재논문을 분석하였기 때문에 다수의 해외연구 문헌을 포함시키지 못했고, 둘째, 실제 생태복원기술이 등장하기 시작한 1980~2000년대 초기 자료가 누락되어 약 15년간의 자료를 적용함에 있어 분석기간에 대한 일반화 주의가 필요하다. 하지만 향후 국가산업발전정책, 해외연구나 신기술, 특허 등의 자료가 보완되어진다면 생태복원기술 동향에 관한 추세와 특성이 보다 명확해 질 것으로 판단되므로 지속적인 연구가 필요하다.

결과적으로 현존하는 훼손된 생태계 내에서 인간과 생물이 상생하기 위한 투자와 기술축적이 요구되며 동종 분야의 연구개발이나 사업화를 위한 미래지향적 기술의 필요성이 높아지고 있다. 이에 따라 생태복원기술의 연구동향은 향후 정책방향이나 연구주제 선정 시 기초자료로 제공될 수 있을 것으로 기대된다.

References

Amano, T. 2009. Conserving bird species in Japanese farmland: Past achievements and future challenges. Biological Conservation. 1-9

Ahn, J. S. and Choi, J. K. 2011. Patent Analysis on the Treatment Technology for Acid Soil and Acid Drainage. Journal of the Korean Institute of Mineral and Energy Resources Engineers. 48(3) : 359-370. (in Korean with English summary)

Byeon, K. D. · Kim, G. Y. · Lee, I. J. · Lee. S. · Park, J. R. · Hwang, T. M. and Joo, J. C. 2016. Investigation and Evaluation of Algae Removal Technologies Applied in Domestic Rivers and Lakes. J. Korean Env. Res. Tech. 38(7) : 387-394. (in Korean with English summary)

Cho, D. G. · Jeon, G. S. · Shim, Y. J. · Kim, D. H. · Do, J. N. and Park, M. Y. 2015. A Study on the Mixing Ratio of Food Waste on Slope Re-vegetation Base Materials. J. Korean Env. Res. Tech. 18(6) : 215-226. (in Korean with English summary)

Cho, H. J. and Lee, S. Y. 2016. An Exploratory study on Network of policy knowledge production : Focusing on suppliers and consumers of policy knowledge ecosystem. Social Science Review. 47(2) : 187-212. (in Korean with English summary)

Choi, C. I. and Kang, B. Y. 2012. Social Network Analysis on the Climate Change Researches and its' Implications. Journal of the Korean Regional Development Association. 24(5) : 1-20. (in Korean with English summary)

Choi, H. T. Park, J. H. and Jeong, Y. H. 2012. Effect of New Mattress System with Vegetation Base Materials on the Vegetation Coverage of Stream bank. Jour. Korean. For. Soc. 101(2) : 175-184. (in Korean with English summary)

Choi, Y. C. and Park, S. J. 2010. Analysing Official Documents of Elementary School to Examine Functions of Local Education Au-

thority: Application od social network analysis method. The Korean Association for Local Government Studies. 14(3) : 165-188. (in Korean with English summary)

Cyram. 2017. Social Network Analysis using Netminer. Literature Information Analysis Course Ⅱ. (in Korean)

Ha, S. K. and Kim, S. J. 2016. Keyword Network Analysis for Grasping the Research Trends in Regulatory Studies: The Case of South Korea. Society Science Review. 47(1) : 81-104. (in Korean with English summary)

Hiscock, H. · Asikainen, A. · Tuomisto J. · Jantunen, M. · Pajala, E. and Sabel, C. E. 2017. City scale climate change policies; Do they matter for wellbeing?. Preventive Medicine Reports 6 : 265-270.

Hunter, S. 2014. A Novel Method of Network Text Analysis. Open journal of Modern Linguistics. 4 : 350-366.

Kang, H. M. · Song, J. T. · Choi, S. H. · Kim, D. H. 2017. The Change of Soil Animals by Forest Ecosystem Restoration Types. Korean J. Environ. Ecol. 31(1) : 62-71. (in Korean with English summary)

Kil, S. H. 2016. Evaluating Erosion Risk of Revegetated Cutslope with Seed Spraying. J. Korean Env. Res. Tech. 19(6) : 63-76 (in Korean with English summary)

Kim, J. S. · Jung, J. Y. · Ha, S. Y. and Yang, J. K. 2016. Physicochemical Properties and Growth Characteristics of Wood Chip and Peat Moss Based Vegetation Media. J. Korean Wood Sci. Technol. 44(3) : 323-336. (in Korean with English summary)

Kim, J. Y. and Lee, K. J. 2012. Vegetational Structure and the Density of Thinning for the Inducement of the Ecological Succession in Artificial Forest, National Parks - In Case of Chiaksan, Songnisan, Deogyusan, and Naejangsan - *Kor. J. Env. Eco. 26(4) : 604-619.* (in Korean with English summary)

Kim, K. W. · Jeong, J. J. · Keon, H. Y. · Lee, Y. J. and Kim, C. K. 2011. Analysis of Research in the Korean Journal of Counseling and Psychotherapy (2000-2009). The Korean Journal of Counseling and Psychology. 23(3) : 521-542. (in Korean with English summary)

Kim, Y. H. 2011. Social Network Analysis. PBbook. (in Korean)

Kim, M. K. and Sim, W. K. 2010. Suggestions for Multi-Layer Planting Model in Seoul Area Based on a Cluster Analysis and Inter- specific Association. J. Kor. Ins. Lan. Arc. 38(4) : 106-127. (in Korean with English summary)

Kim, K. R. · Kim, K. H. · Gray Owens, Ravi Naidu. 2007a. Assessment Techniques of Heavy Metal Bioavailability in Soil - Acritical Review. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 40(4) : 311-325. (in Korean with English summary)

Kim, Y. H. · Park, N. H. · Jin, Y. H. and Kim, C. 2007b. Development and Application of Evaluation Technique for Revetment for Nature-Friendly River Improvement. Journal of Korea Water Resources Association. 40(12) : 1007-1014. (in Korean with English summary)

Kim, J. H. · Yoon, J. S. and Shim, S. R. 2006. Effects of Plant Mixtures and Tackifibers on the Slope Vegetation. J. Korean Env. Res. Tech. 9(6) : 123-132. (in Korean with Engli- sh summary)

Ko, D. H. · Chung, Y. C. and Seo. S. C. 2010. Removal Mechanisms for Water Pollutant in Constructed Wetlands: Review Paper. J. Korean Env. Res. Tech. 32(4) : 379-392. (in

Korean with English summary)

Koh, J. H. · Hur, Y. J. · Lee, Y. K. and Kim, N, C. 2010. A Study on the Use of Wood Waste for Slope Revegetation Techniques. J. Korean Env. Res. Tech. 13(1) : 47-56. (in Korean with English summary)

Jeon, J. W. · Bae, B. H. and Kim, Y. H. 2012. Feasibility test for phytoremediation of heavy metals-contaminated soils using various stabilizers. Journal of The Korean Geo-Environmental Society. 13(3) : 59-70. (in Korean with English summary)

Lee, J. U. 2016. Analysis of research knowledge map in sports social science utilizing social network analysis. Chung-Ang University. College of Sport Science. Doctorial Degrees Theses. (in Korean)

Lee, J. H. · Min, K., H. and Son, Y. H. 2015a. Universal Design Principles for Forest Welfare Service Using Semantic Network Analysis - Focusing on the Yumyeongsan Natural Recreational Forest. Journal of the Korean Society of Rural Planning. 21(2) : 51-61. (in Korean with English summary)

Lee, Y. Chang, H. Yoon, T. Y. Chung, Y. K. and Park, H. Y. 2015b. Ex-ante and Ex-post Economic Value Analysis on Ecological River Restoration Project. Regional Research. 31(3) : 39-54. (in Korean with English summary)

Lee, H. J. · Eom, J. S. · Yu, Y. G. and Park, E. G. 2013. Application of Smart Geospatial Information for Modeling and Analysis of City River. Journal of the Korean Society for Geospatial Information System. 21(4) : 135-142. (in Korean with English summary)

Lee, D. I. and Lee, H. J. 2012. Understanding the Semantic Network Structure in the Consumer Group Interview with the Subnetwork Analysis, Korean Society of Consumer Studies, 23(2) : 249-272. (in Korean with English summary)

Lee, J. O. · Yi, G. C. · Kim, Y. S. and We, K. J. 2009. 3D Wetlands Classification Mapping of Eul- sukdo Area Using LiDAR Data. Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy, Photogrammetry and Cartography. 27(6) : 639-647. (in Korean with English summary)

Lee, S. H. · Kim, E. Y. · Seo, S. K. · Kim, G. B. · Kim, J. H. and Lee, J. K. 2008. Remediation of Heavy Metal Contamination in OBOD Site with Soil Washing : Selection of Extractants. J. Soil and groundwater Env. 13(2) : 44-53. (in Korean with English summary)

Lee, M. W. 2006. Ecological Landscape Evaluation for the Planning of River Rehabilitation: The Upper Areas at the Mangyeong River in Jeollabukdo, Korea. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 34(4) : 69-83. (in Korean with English summary)

Lee, D. K. 2003. A Basic Study on the Development of the Plant-Mat for Ecological Restoration. J. Korean Env. Res. Tech. 6(2) : 78-89. (in Korean with English summary)

Li, L. · Kim, S. H. · Kim, B. H. · Lim, S. H. · Kim, S. I. and Koo, B., H. 2014. A Value Analysis of Ecological Restoration Construction Considering Life Cycle Cost and Performance - Focusing on the Wet Media for Slope Revegetation -. Journal of Korean institute of landscape architecture. 42(5) : 101-109. (in Korean with English summary)

Long, J. C. · Cunningham, F. C. and Braithwaite. J. 2013. Bridges, brokers and boundary spanners in collaborative network; a systematic review. BMC Health Services Reserch. 13 : 158.

Moon, S. Y. · Hong, J. S. · Choi, J. Y. · Yu, G. Y. and Kim, L., H. 2015. Evaluation on the

adsorption and desorption capabilities of filter media applied to the nonpoint source pollutant management facilities. Journal of Wetlands Research. 17(3) : 228-236. (in Korean with English summary)

Myong, S. J. · Kim, J. Y. · Han, S. Y. and Yim, M. Y. 2011. Improving the countermeasure system in the envtal sector against natural disa- sters. Korea Environment Institute. 1p. (in Korean)

Nocutnews. 2018.03.23. Water use, now moving in a direction that conforms to nature. (in Korean)

Oh, S. H. and Oh, J. W. 2012. Spatial Information based Implementation of the Smart River Management Systems. The Association of Korean Photo-Geographers. 22(4) : 159-168. (in Korean with English summary)

Park, S. J. and Na, J. M. 2016. A Social Network Analysis on the Research Trend of Korean Rural Development : Focus on the Centrality Structure Analysis of Key words. Journal of the Korean Regional Science Association. 32(3) : 29-43. (in Korean with English summary)

Park, Y. J. · Jeon, K. S. · Cho, D. G. · Shim, Y. J. · Do, J. N. · Park, M. Y. and Lee, J. Y. 2016. The Mixing Ratio of Wood Waste on Slope Revegetation base Materials. J. Korean Env. Res. Tech. 19(4) : 45-59. (in Korean with English summary)

Park, J. H. · Jeong, Y. H. and Choi, H. T. 2008. Development of the Forest Road Cut-slope Rehabilitation Techniques Using Gabion Systems with Vegetation Base Materials. 11(5) : 92-103. (in Korean with English summary)

Sim, S. R. 2015. Flooding Tolerance of Cool- Season Turfgrass for the Revegetation of Waterside Slopes. J. Korean Env. Res. Tech. 18(2) : 45-52. (in Korean with English summary)

Sung, K. J. · Lee, Y. M. and Park, S. Y. 2010. Development of Phragmites communis Expansion Control Methods at the Wetland Ecological Park. J. Korean Env. Res. Tech. 13(5) : 1-11. (in Korean with English summary)

Wang, B. · Vardon, P. J. and Kicks, M. A. 2018. Rainfall-induced slope collapse with coupled material point method. Engineering Geology. 239 : 1-12. (in Korean with English summary)

Yoon, J. A. and Seo, H. A. 2016. Research Trends in Science Gifted Education from 2011 to 2015: Literature Analysis vs Social Network Analysis. Journal of Science Education. 40(3) : 267-286. (in Korean with English summary)

Yoon, Y. I. 2016. Social Network Analysis of Changing Perceptions about Camping. Tourism Management Research. 20(2) : 265-288. (in Korean with English summary)

Yu, B. D. and Sim, S. R. 2016. The Optimal Seeding Quantity of Lespedeza cyrtobotrya Miquel and Indigofera pseudo-tinctoria MATSUMURA as Leguminous Woody Plants for the Cut-slope Revegetation. J. Korean Env. Res. Tech. 19(1) : 61-71. (in Korean with English summary)