

■ 환경가치 증장기 연구 수요 조사

곽소윤 | 신정우

■

연구진

연구책임자 곽소운 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)

참여연구진 신정우 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)

산학연정 연구자문위원

강희찬 (인천대학교 교수)

공성용 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)

구윤모 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)

안소은 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)

엄영숙 (전북대학교 교수)

이진권 (서강대학교 교수)

© 2015 한국환경정책·평가연구원

발행인 박광국

발행처 한국환경정책·평가연구원
세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지
B동(과학·인프라동) (우편번호) 30147
전화 044)415-7777 팩스 044)415-7799
<http://www.kei.re.kr>

인쇄 2015년 12월 26일

발행 2015년 12월 31일

등록 제17-254호(1998년 1월 30일)

ISBN 978-89-8464-957-6 93530

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.

곽소운, 신정우. 2015. 「환경가치 증장기 연구 수요 조사」. 한국환경정책·평가연구원.

값 5,000원

서 언

유엔 개발정상회의에서 지속가능한 발전목표 (SDGs)가 채택되고 이행 전략들이 마련되면서 지속가능한 발전의 세 축인 사회, 환경, 경제 부문을 균형 있게 통합하고자 하는 노력들이 더욱 주목받고 있습니다. 환경적·경제적 측면에서는 특정 정책 또는 사업의 추진을 위한 경제적 타당성의 평가 과정에서 환경에 대한 영향을 적극적으로 고려하고자 합니다. 이에 환경자산에 대한 가치를 확인하고 추정하는 연구에 대한 관심이 더욱 높아졌고 기존 연구 결과에 대한 활용 방안 및 기준을 마련하는 것 이외에 필요한 부문에 대한 가치 정보의 생성을 위한 추가 연구가 필요한 실정입니다.

본 연구는 추가 연구를 위한 수요 조사 및 방향성 설정을 위해 수행된 기초 연구입니다. 기존에 수행된 연구들을 검토하여 시사점을 도출하고 전문가 포럼을 통해 관련 분야 전문가의 의견을 청취함으로써 환경가치 분야의 중장기 연구 방향 수립을 위한 수요를 파악했습니다. 이 연구를 바탕으로 부문별 특성을 반영하는 환경가치 연구가 활성화되어 정책이나 사업의 경제적 효과의 확인 시 환경에 대한 영향이 더욱 적극적으로 반영되기를 기대해 봅니다.

본 연구를 수행해주신 곽소윤 박사와 신정우 박사의 노고에 감사를 표합니다. 아울러 전문가 포럼 참석을 통해 연구의 질 향상에 도움을 주신 강형식 박사, 구윤모 박사, 김오석 박사, 김충기 박사, 안소은 박사, 이소라 박사, 이창훈 박사, 서양원 박사, 심창섭 박사, 황인창 박사께도 깊은 감사의 말씀을 올립니다.

2015년 12월

한국환경정책·평가연구원

원 장 박 광 국

국문 요약

본 연구에서는 환경 자산의 가치 추정에 관한 높아진 관심과 활용 가능한 단위 정보 제공에 대한 수요 증가에 대응하기 위하여 전문가 포럼을 개최해 각 분야 전문가들의 의견을 수렴하고 기존 연구 사례들을 검토함으로써 환경가치 분야의 중장기 발전 방안에 대해 고찰하였다.

총 3차례의 전문가 포럼을 통해 특정 방법론에 치우친 환경가치의 도출보다는 부문별 특성을 반영하는 다양한 방법론에 기초를 둔 연구의 필요성을 공감하였다. 생물·물리학적 접근과 경제학적 접근을 연계하는 통합연구 방법론에 대한 검토 제안이 있었고, 부문별 계획 수립 시 정책적 활용도를 고려한 우선순위 설정을 통해 단기적·중장기적 목표가 구분될 필요가 있다는 의견이 있었다. 이러한 시사점에 근거하여 생활환경 분야의 대기, 자연환경 분야의 생태계 부문에 대해 연구 현황 및 방법론, 활용 사례를 살펴보았다. 두 부문 중 방법론의 통합에 대한 연구가 비교적 선도적으로 진행된 것으로 판단되는 대기 부문의 방법론을 중심으로 가치 연구의 불확실성 감소를 위한 방안을 고민해보았고, 향후 유사한 절차의 다른 부문에의 적용 가능성을 제안하였다. 대상 부문의 영향 범주를 확인하고 확인된 항목에 대한 물리적 영향을 정량화한 후, 물리적 영향에 대한 화폐화를 연계하는 과정을 적용하되 부문별 특성을 반영할 수 있도록 주의를 기울여야 한다. 이를 위해서는 본 연구에서 살펴본 대기 및 생태계 부문 이외에 물, 토지/토양/지질, 소음/진동, 폐기물 부문에 대해서도 부문별 연구 현황, 방법론, 활용 사례에 대한 검토가 선행되어야 한다.

주제어: 환경가치, 통합연구 방법론, 대기, 생태계

차 례

제1장 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 연구 내용 및 구성	2
제2장 환경가치의 정의 및 분류	4
제3장 분야별 수요 및 연구 현황	8
1. 전문가 포럼 운영 결과	8
가. 포럼 운영 결과 요약	8
나. 기존 환경가치 연구의 한계점	9
2. 분야별 현황 검토	10
가. 대기 부문	11
나. 생태계 부문	15
3. 방법론 검토	18
가. 대기 부문	18
나. 생태계 부문	24
4. 활용 사례	27
가. 대기 부문	27
나. 생태계 부문	31
제4장 환경가치 증장기 연구를 위한 시사점	35
1. 기존 연구의 한계점 및 향후 연구 방향	35
2. 통합적 시각에서의 로드맵	37

제5장 결 론	39
참고 문헌	41
Abstract	47

표 차례

<표 2-1> 환경가치의 일반적 분류	4
<표 2-2> 경제적 총가치	5
<표 2-3> EVIS의 분류 체계	6
<표 3-1> 전문가 포럼의 운영	8
<표 3-2> 2005년 이후 ExternE 프레임워크를 적용한 프로젝트 목록	14
<표 3-3> 생태계서비스 개념과 정의	16
<표 3-4> ExternE 환경가치 분석모듈	23
<표 3-5> ExternE 분석 프레임워크 정책 경제성 평가 적용 사례	28
<표 3-6> 유럽 국가별 오염물질 배출량 및 피해액 분석 결과	29
<표 3-7> 생태계 부문 가치평가 결과의 활용 목적	32
<표 4-1> 통합적 시각에서의 분야별 국내 현황 정리	38

그림 차례

<그림 1-1> 연구 추진 체계	3
<그림 3-1> 통합적 접근 방법론	10
<그림 3-2> 시간에 따른 지식 변화로 인한 독일의 화력발전소 외부비용 변화(지구온난화 효과 제외)	12
<그림 3-3> ExternE의 환경가치 분석 프레임워크	15
<그림 3-4> ExternE 영향경로접근법	19
<그림 3-5> ExternE 영향경로접근법	20
<그림 3-6> 공기오염 물질에 대한 물리적 영향 모식도	21
<그림 3-7> 공기오염 물질과 환경 및 건강과의 관계	22
<그림 3-8> 질병 종류에 따른 화폐환산 가치	24
<그림 3-9> 생태계 부문 가치 측정의 방법론	25
<그림 3-10> 개발 중인 생태계 부문 통합연구 방법론의 구조	26
<그림 3-11> 서로 다른 영향경로방법을 활용한 석탄화력발전의 피해비용 산출 결과	30

제1장 서론

1. 연구 배경 및 목적

성장 및 개발 위주의 정책에서 벗어나 현세대의 개발로 인해 미래 세대의 개발 능력에 부정적인 영향을 미치지 않도록 환경친화적인 개발을 시도하는 지속가능한 발전이 1990년대에 들어 제시되었다. 2015년 9월 새천년개발목표(MDGs)의 후속으로 지속가능 발전목표(SDGs)가 유엔(UN)에 의해 채택되고 이행 전략들이 마련되면서 지속가능한 발전의 세 축인 사회, 환경, 경제 부문을 균형 있게 통합하기 위한 노력들이 더욱 주목받고 있다. 사회, 환경, 경제 연계 부문의 주요 쟁점들에 대한 파악 및 연구가 시도되고 있는 가운데, 환경·경제적 측면에서는 특정 정책이나 사업의 경제적 타당성을 평가할 때 환경에 대한 영향을 적극적으로 고려하고자 한다. 이에 따라 환경자산의 가치를 확인하고 추정하는 연구에 대한 관심이 더욱 높아졌으며 기존 연구 결과의 활용 방안, 활용 기준 마련 등에 대한 요구뿐만 아니라 필요한 부문에 대한 가치 정보의 생성 및 실용적인 단위 정보 제시에 대한 수요가 증가하고 있다.

국내외적으로 환경가치를 다루는 연구들이 다수 존재하나 국내의 실정을 기반으로 연구 수요 및 연구 현황을 파악하기 위해 국내 선행 연구를 중심으로 살펴보았다. 환경가치에 관한 연구들은 대상에 대한 원단위 가치를 도출하기 위해 직접 연구를 수행한 경우와 큰 틀 차원에서 환경가치 연구에 대한 논의를 진행한 연구 두 가지로 분류해볼 수 있다. 원단위 가치 도출을 위한 직접연구는 1990년대 이후 활발히 진행되어 왔고, 김광임 외(1999), 환경부(2007) 등에서 연구 목적에 따라 특정 사례를 대상으로 단위 가치를 제시한 바 있다. 환경가치 전반에 대한 검토 및 체계를 마련하고자 하는 연구의 시작으로는 김광임 외(2004)를 들 수 있다. 이 연구에서는 환경자원의 가치나 환경오염으로 인한 비용을 추정한 국내 연구 자료들을 종합 정리하여 연구 대상인 환경자원 및 환경오염의 종류와 연구 방법별 특징을 파악하였다.

2 환경가치 중장기 연구 수요 조사

이진권 외(2007)에서는 환경자원에 대한 정의 및 분류, 추정기법을 소개하되, 조건부 가치평가법을 중심으로 편의(bias)에 대해 심층적으로 분석하고 원인을 모색하여 해결책을 제시하고 있다. 이후 4년에 걸쳐 수행된 안소은 외(2009, 2010, 2011), 박소윤 외(2013) 연구에서는 환경자원 및 가치에 대한 분류 체계를 검토하고 선행 연구들의 가치 추정 결과를 데이터베이스(DB)화해 제시하였으며 구축된 환경가치 DB의 활용 방안에도 대해서도 검토하였다. 한편, 김선희 외(2004)에서도 국토개발 사업에서 환경가치의 반영 현황 및 문제점을 분석하고 주요 국가의 환경가치 적용 사례를 조사함으로써 기준 설정을 위해 시도하였고, 한국환경산업기술원(2014)에서도 환경분야의 경제성 분석 현황 및 지침을 검토하고 환경 편익 추정방법론을 정리하였다.

기존 연구 사례들은 특정 연구 목적에 따라 단위가치를 도출하는 경우가 다수였고, 정책 수요 발생 시 응용 가능한 시스템을 구축하고자 환경가치 전반에 대한 체계를 마련하려는 시도가 있었으나, 최근의 다양한 환경가치 정보에 대한 필요성을 충족시키기는 어려운 실정이다. 이에 추가 연구를 위한 수요 조사 및 중장기 연구가 필요하고, 이와 관련하여 방향성 설정이 필요한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 전문가 포럼 및 환경가치를 다룬 기존 연구들에 대한 검토를 실시함으로써 각 분야의 의견을 수렴하고 환경가치 중장기 연구 방향 수립을 위한 수요를 파악하고자 한다.

2. 연구 내용 및 구성

본 연구에서는 기존에 수행된 연구들을 검토하여 시사점을 도출하고, 관련 전문가의 의견을 청취함으로써 환경가치 분야의 중장기 발전 방안에도 대해 고찰해보고자 한다. 본 보고서의 구성은 <그림 1-1>과 같다.



〈그림 1-1〉 연구 추진 체계

논의의 시작점이라고 할 수 있는 환경가치의 정의에서부터 출발하여 기존 연구 사례에 대한 검토 과정을 거쳐 환경가치 도출을 위한 분류 체계를 소개하고, 전문가 포럼을 통해 기존 연구들의 한계점을 진단하였다. 이후 부문별 연구 현황 및 활용되고 있는 방법론에 대한 검토를 통해 향후 연구 방향에 대해 고찰하였다.

제2장 환경가치의 정의 및 분류

본 장에서는 논의의 기반이 되는 환경가치에 대한 정의 및 분류를 다루고자 한다. 가치의 의미 자체가 복잡하고 다원적이기에 환경가치 또한 개인 또는 분야마다 다양한 의미로 해석될 수 있다. 가치의 사전적 의미인 사물이 지니고 있는 쓸모를 환경에 적용한다면 환경가치는 환경이 생태계 및 인간에게 제공하는 쓸모와 그 자체의 효용으로 정의된다. 환경가치를 다루기 위해 다양한 연구의 가치 분류 기준을 적용해볼 수 있으며, Hargrove(1992)에서 제시하고 안소은 외(2009)에서 인용한 기준에 따라 분류하면 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 환경가치의 일반적 분류

인간 중심의 가치 (Anthropocentric Value)	인간 중심의 도구적 가치 (Anthropocentric instrumental value)
	인간 중심의 내재적 가치 (Anthropocentric intrinsic value)
비인간 중심의 가치 (Non-anthropocentric Value)	비인간 중심의 도구적 가치 (Non-anthropocentric instrumental value)
	비인간 중심의 내재적 가치 (Non-anthropocentric intrinsic value)

자료: Hargrove(1992).

한편, 경제학에서 제시하는 가치 분류 기준에 따르면 <표 2-2>와 같이 분류할 수 있다.

〈표 2-2〉 경제적 총가치

사용가치	직접사용가치
	간접사용가치
	선택가치
비사용가치	유산가치
	존재가치

자료: Turner(1999)에서 재구성.

경제적가치는 사용가치와 비사용가치로 구분될 수 있으며, 사용가치는 대상 재화나 서비스를 직접 사용함으로써 발생하는 직접사용가치와 간접적으로 사용하면서 발생하는 간접사용가치로 나뉜다. 현재는 사용하지 않으나 향후 사용할 수 있다는 사실에서 발생하는 편익에 대한 가치인 선택가치도 사용가치로 분류된다. 유산가치는 미래 세대가 사용할 수 있도록 물려주는 것에서 발생하는 가치인데, 사용가치로 분류되기도 하고 비사용가치에 포함되기도 한다. 비사용가치는 대상 자원을 사용하지 않음에도 발생하는 편익에 대한 것으로, 존재한다는 사실 자체에서 발생하는 존재가치를 포함한다.

연구적 측면뿐만 아니라 정책적 활용의 관점에서 가치를 도출하여 비교하고 활용하기 위해서는 일정한 기준이 필요하다. 화폐단위로 도출하는 것이 타 분야와의 호환 가능성 및 향후 정책적 응용 가능성 측면에서 장점이 있고, 대부분의 연구에서 화폐단위를 기준으로 삼고 있기에 경제적 총가치 측면에서 가치를 도출하는 것을 기본으로 하고자 한다. 그러나 분야별 특징에 따라 가치의 화폐가치화가 불가능하거나, 화폐가치에 반영시키기 어려운 경우가 존재하므로 분야별 특성을 반영한 지표나 고유 단위로 측정된 환경가치를 화폐가치 이외에 병용하는 가능성을 염두에 두어야 한다. 예를 들어 생태계서비스의 경우 화폐단위로 제시하는 것보다 넓이, 무게, 속도 등의 생물·물리학적 단위가 세부 서비스의 특성을 더욱 효과적으로 반영하고 비교를 용이하게 할 수 있다.

환경가치를 도출하기 위해서 대상이 되는 환경을 분류할 필요가 있으며, 이를 위해 환경가치 종합정보 시스템(Environmental Valuation Information System, EVIS)에서 제시하는 분류 기준을 활용하고자 한다. EVIS는 환경가치에 대한 기존 연구 결과들을 체계적으로 정리 및 제시하고 있다. 이는 환경가치를 고려하여 특정 사업의 경제성 및 정책의 효과 분석을 시도할 때 활용하고자 구축되었으며, 2013년 9월 기준으로 351개의 선행 연구에서 도출된 단위가치가 수록되어 있다. EVIS의 분류체계는 <표 2-3>과 같다.

<표 2-3> EVIS의 분류 체계

메인 카테고리	대분류	중분류
생활환경	대기 (air)	대기질 (air quality)
		가시거리 (visibility)
		농업 영향 (agricultural impact)
		제조업 영향 (manufacturing impact)
		악취 (odor)
		생태계 영향 (ecological impact)
		건강/보건 (health impact)
		기타 (others)
	물 (water)	수질 (water quality)
		농업 영향 (agricultural impact)
		악취/탁도 (odor)
		상하수도 (water supply system/sewerage system)
		수상레저/휴양 (recreation)
		생태적 영향 (ecological impact)
		건강/보건 (health impact)
기타 (others)		
토지/토양/지질 (land/soil)	토양오염 (soil contamination)	
	토양침식 (soil erosion)	
	생태적 영향 (ecological impact)	
	건강/보건 (health impact)	
	기타 (others)	

〈표 2-3〉 EVIS의 분류 체계 (계속)

메인 카테고리	대분류	중분류
생활환경	소음/진동 (noise)	생활소음 (living)
		도로/교통/건설소음 (road/transport/construction)
		비행소음 (aircraft)
		축산농가 피해 (impact on livestock farms)
		생태적 영향 (ecological impact)
		건강/보건 (health impact)
		기타 (others)
	폐기물 (waste)	매립장 (landfill)
		소각장 (incinerator)
		재활용 (recycling)
		유해폐기물 처리장 (hazardous waste treatment)
		방사능 (radiation)
		생태적 영향 (ecological impact)
		건강/보건 (health impact)
기타 (others)		
자연환경	생태계서비스 (ecological service)	공급서비스 (provisioning services)
		조절서비스 (regulating services)
		지지서비스 (supporting services)
		문화서비스 (cultural/amenity services)
		기타 (others)
	개별 생태계 (ecosystem)	해양 (marine)
		해안 (coastal)
		도서 (island)
		습지 (wetland)
		강/하천 (river)
		호수 (lake)
		경작지 (cultivated)
		산림 (forest/mountain)
		도시생태계 (urban ecosystem)
		보호지역/자연공원 (protected area/natural park)
		기타 (others)

생활환경 분야와 자연환경 분야로 나누었고 각 분야를 대분류, 중분류로 세분화하였다. 향후 환경가치에 대한 수요 파악 및 현황 검토 시 <표 2-3>의 분류에 따라 분야를 구분하여 살펴보고자 한다.

제3장 분야별 수요 및 연구 현황

1. 전문가 포럼 운영 결과

가. 포럼 운영 결과 요약

본 연구에서는 환경가치 부문의 중장기 연구계획을 마련하는 과정에서 환경가치와 관련된 기존 연구 결과를 통해 분야별 수요를 확인하는 것과 더불어 분야별 전문가들의 의견을 반영하여 전문성을 높이고자 전문가 포럼을 개최하였다. <표 3-1>의 정보와 같이 원내 부문별 전문가들이 참석하여 총 3회의 포럼이 개최되었으며 다양한 의견들이 제시되었다.

〈표 3-1〉 전문가 포럼의 운영

구분		개최일	주제
1차 포럼		2015년 9월 21일	환경가치 분야 연구 현황 및 연구 수요 확인
2차 포럼	(세부 1)	10월 6일	물 분야
	(세부 2)	10월 19일	생태계 분야
3차 포럼		11월 27일	중장기 연구 계획 검토

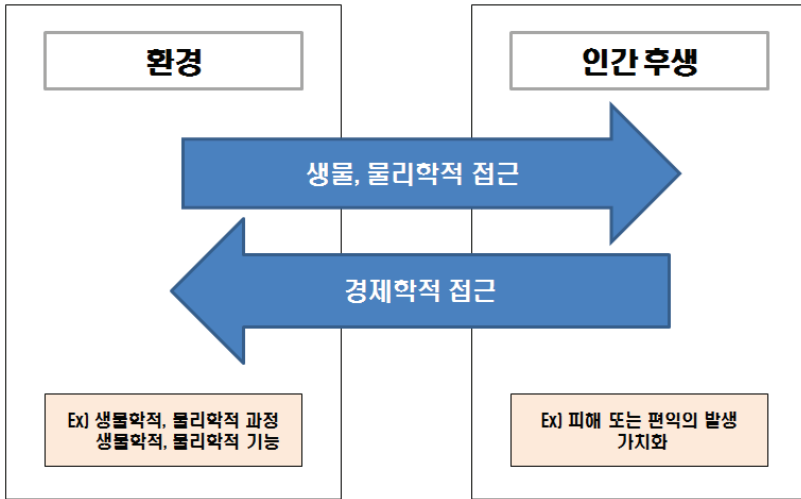
1차 포럼은 환경가치 전반의 연구 현황 및 연구 수요를 중심으로 진행되었고, 대기분야에 대한 논의도 이루어졌다. 가치를 도출하는 연구 수행 시 경제적 접근법의 적용에 국한하기 보다는 생물·물리학적 접근법을 적극적으로 활용할 필요가 있으며, 이를 위해 국내외에서 이미 수행 중인 관련 연구들을 수집, 정리하여 방법론의 개발 및 적용 가능성에 대해 확인할 필요가 있다고 합의되었다. 또한 이를 위한 계획 수립 시에는 정책적 필요성 및 연구 수요에 근거하여 우선순위를 정하되,

연구 결과 도출 가능성을 염두에 두어 단기계획 및 장기계획을 구분할 필요가 있다는 의견이 제시되었다. 실제로 도출된 환경가치가 정책적으로 어떻게 활용되었는지에 대한 국외 사례 검토를 통해 방향성을 설정하고 관련 연구를 진행할 필요가 있으며, 분야별·연구대상별 환경가치의 도출 시에 하나의 값을 제시하기보다는 구간 및 시나리오를 제시하여 결과의 신뢰도를 높일 필요가 있다는 의견도 있었다.

2차 포럼에서는 환경가치 연구의 세부 분야별 특성을 반영한 논의를 위해 2개의 세부 분과로 나누어 포럼을 운영하였다. 세부 분과 1에서는 물 분야의 연구 현황 및 수요를 확인하였고, 세부 분과 2에서는 생태계 분야에서 수행되고 있는 최근 연구 동향에 대해 공유하였다. 3차 포럼은 다른 부문에 비해 비교적 통합적 관점에서 연구가 진행되고 있다고 판단된 대기 부문을 중심으로 국내 연구 현황을 공유하고 환경가치의 중장기 연구 방향에 대해 논의하였다.

나. 기존 환경가치 연구의 한계점

현재까지 운영된 전문가 포럼을 통해 파악한 연구 현황 및 수요 그리고 관련 시사점은 다음과 같다. 첫째, 환경가치에 관한 선행 연구들은 대상 분야별로 다수 존재하며 대부분의 경우 경제학적 접근법을 활용하여 도출되었다. 실제로 EVIS에서 다루고 있는 351개 선행 연구 중 조건부가치측정법이나 선택실험법 등의 경제학에 기반을 둔 방법론이 적용된 연구가 90%를 차지하였고, 대체비용법, 피해비용접근법, 에머지분석법 등의 생물·물리학적 접근법은 10%에 불과했다. 환경가치 연구를 생물·물리학적 접근법과 경제학적 접근법으로 양분하는 것은 한계가 있지만, 합리적인 환경가치를 산출하기 위해서는 생물·물리학적 접근 연구들을 활성화시킴과 동시에 경제학적 접근 연구들과 연계를 강화하는 것이 필요하다. 따라서 <그림 3-1>과 같이 두 접근법의 순차적 또는 통합적 고려를 통해 분야별 특성을 효과적으로 반영하여 환경가치를 도출할 필요가 있다.



〈그림 3-1〉 통합적 접근 방법론

둘째, 환경가치의 도출 시 세부 분야별 특성을 반영하고, 통합적 방법론을 적용하여 활용도를 높이는 과정에서 많은 시간이 소요될 수 있다. 따라서 정책적 활용도를 고려한 우선순위를 통해 목표를 명확히 세우고 단기적 계획과 중장기적 계획을 구분하여 세우고 추진할 필요가 있다.

셋째, 환경가치 도출 대상이 되는 세부 분야에 따른 고유의 특성을 충분히 반영하여 가치를 추정할 수 있도록 분야별 현황 파악 및 방법론의 적용, 결과의 해석에 주의를 기울여야 한다. 따라서 다음 절에서는 이러한 시사점에 근거하여 분야별 현황을 검토하고자 한다.

2. 분야별 현황 검토

현재 국내외에서 이루어지고 있는 환경가치 연구 현황을 살펴보기 위해 2장에서 다룬 EVIS의 분류체계에 따라 분야별 현황을 살펴보았다. EVIS에서는 크게 생활환경 분야와 자연환경 분야로 구분되고, 생활환경 분야에는 대기, 물, 토지/토양/지질,

소음/진동, 폐기물이 포함된다. 본 연구서는 생활환경 분야의 대기, 자연환경 분야의 생태계 부문을 중점적으로 살펴보았다.

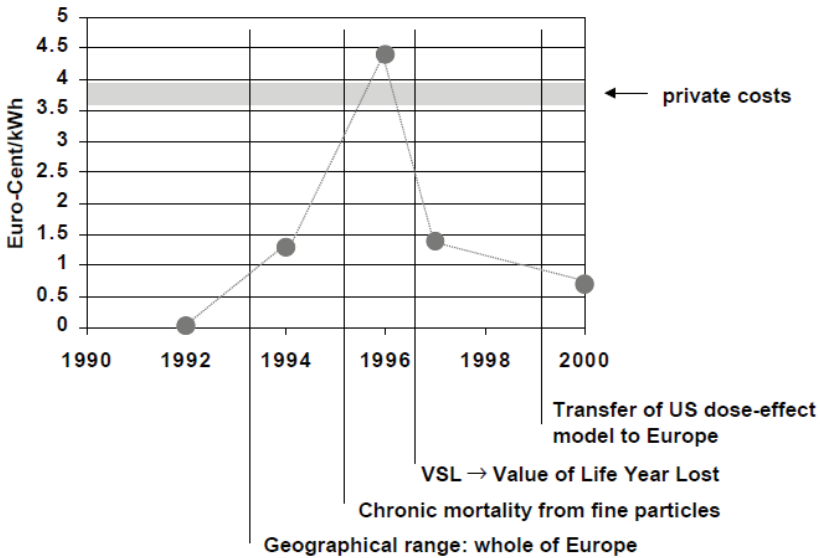
가. 대기 부문

대기 분야의 대표적인 환경가치 연구로는 유럽연합(EU) 집행위원회(European Commission, EC)에서 진행한 ExternE(External Costs of Energy) 프로젝트가 있다. 대기오염으로 인한 인체 피해, 생산성 감소, 구조물 부식 등 광범위한 피해를 다루고 있는 ExternE 프로젝트¹⁾는 1990년대 초반부터 2005년까지 진행된 프로젝트로, 초기에는 핵에너지와 석탄에너지를 중심으로 진행되었다. 현재까지 석탄, 갈탄, 석유, 천연가스, 원자력, 수력, 풍력, 이탄, 태양전지 등 12가지 발전 연료에 대한 연구를 진행하였으며(최봉석·박찬국, 2014), 공기 오염, 소음 사고 등 수송 부분의 외부 효과에 대한 연구도 함께 진행하였다.

ExternE 프로젝트는 1990년대 초반 EC의 5차 환경행동 프로그램(Fifth Environmental Action Programme)의 목적 중 하나인 ‘올바른 가격’ 하에서 환경적 외부성(Environmental externalities)을 시장 메커니즘에 포함시키는 작업으로 시작한 것이다(Krewitt, 2002). ExternE 프로젝트 초기인 1991년에는 에너지 사용에 대한 환경적 외부성을 평가하기 위해서 EC와 미국 에너지부(US Department of Energy)와 함께 공동연구를 진행하였다. 다양한 분야의 특성을 고려하기 위해서 에너지공학자, 자연과학자, 생태학자, 건강전문의 등 서로 다른 분야의 많은 연구자들이 참여하였고, 발전원으로부터 발생하는 대기오염이 건강과 환경에 미치는 물리적인 영향을 모두 분석하고 이를 화폐화하는 작업을 시작하였다. 1단계 프로젝트는 EC와 미국 에너지부의 공동 연구로 4년간 진행되었고, 이후에는 EC의 15개 국가 공동으로 ExternE 프로젝트 이름하에 에너지 기술에 대한 외부 비용 분석을 시작하였다(European Commission, 1995).

1) ExternE, http://www.externe.info/externe_d7/.

이러한 환경가치 분석 연구는 환경적 외부 비용을 과학적 접근을 통해 환경세 (Environmental tax)를 디자인하거나 탄소세(CO₂-emission tax)에 대한 정책 수립에 활용하고자 하였다. 그러나 대기오염으로 인해 생태계에 미치는 메커니즘을 파악하는 것과 동시에 이를 경제적 가치로 환산하는 데 많은 불확실성이 존재하였다. 초기 ExternE 프로젝트에서 이러한 불확실성을 평가하는 방법이 가장 큰 이슈였다 (Rabl and Spadaro, 1999). 이외에도 할인율 설정방법, 생명의 통계적 가치(Value of Statistical Life, VSL), 미래의 불확실성 등 다양한 불확실성에 대한 고려가 필요하였다. 1990년대 초반부터 2000년대 초반까지 10년간 ExternE 프로젝트가 진행되면서 변화해온 환경적 외부비용의 가치를 살펴보면, 불확실성에 대한 연구의 흐름을 살펴볼 수 있다. <그림 3-2>는 지구온난화 효과를 제외한 독일 남서부 화력 발전소의 외부비용 변화를 나타낸다.



자료: Krewitt(2002).

<그림 3-2> 시간에 따른 지식 변화로 인한 독일의 화력발전소 외부비용 변화 (지구온난화 효과 제외)

<그림 3-2>에서 보면, 초기 ExternE 프로젝트의 외부비용으로는 간략하게 발전소에 근접한 지역적 영향만 고려하였다. 이후 근접한 지역적 영향만 고려한 외부비용에 대한 적합성 논의가 지속적으로 이루어졌고, 대기오염의 경로가 근접한 지역의 영향과 더불어 더 넓게 환경적 영향을 끼친다는 연구 결과로 인해서 더 넓은 범위에 대한 환경영향을 포함한 외부비용이 산출되었다. 1990년 초반에 미국의 유전역학(Epidemiological studies)에 대한 연구가 진행되었고, 이를 통해 대기오염이 만성질환에 미치는 영향에 대한 검토가 진행되었다(Pope et al., 1995). 많은 불확실성과 데이터의 부족으로 인해서 만성질환을 고려한 외부비용이 전력생산비용을 초과하는 상황이 발생하였다. 이후 많은 연구자들이 만성질환으로 인한 외부비용에 대한 연구를 진행하였고, 1990년대 후반에는 VSL 개념을 도입하게 되었다. 이때까지 VSL에 대한 연구는 주로 작업환경 또는 교통안전 연구에서 주로 도입되었고, 대기오염 관점에서 연구된 것은 거의 존재하지 않았었다. 이러한 상황에서 ExternE 프로젝트에서 VSL 개념을 도입하여 사망위험보다 기대수명의 감소 위험에 대한 지불 의사액(Willingness-to-pay, WTP)을 분석하였다(European Commission, 1999). 하지만 그 당시 새로운 접근 방법론의 도입으로 인해 관련 연구 결과가 부족 하였지만 현재에는 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 1990년대 말에는 용량 반응 함수(Dose-response function)를 도입하여 대기오염으로부터 만성질환, 사망물에 미치는 물리적 영향을 연구함으로써 불확실성을 줄이려는 노력을 하였고, 이로 인해 대기오염으로 발생하는 환경적 외부비용이 상대적으로 이전 연구 결과보다 감소하게 되었다.

이렇듯 ExternE 프로젝트가 진행되면서 초기에 고려하지 못한 지구온난화와 에너지안보와 관련된 효과들을 차츰 반영하여 최근에는 환경적 영향과 더불어 지구 온난화, 위험은 높지만 발생가능성이 낮은 사고들, 에너지 안보 등도 모형에 고려하여 환경적 외부비용을 분석하였다²⁾. ExternE 프로젝트가 종료된 2005년 이후에도

2) ExternE, http://www.externe.info/externe_d7/ [2015. 11. 30].

개발된 프레임워크를 적용하는 많은 프로젝트가 수행되었고, 통합적 평가(Integrated Assessment)에 대한 프레임워크도 개발되는 등 개별 프로젝트로 연구가 지속되고 있다. 2005년 이후에 진행된 프로젝트는 <표 3-2>와 같다.

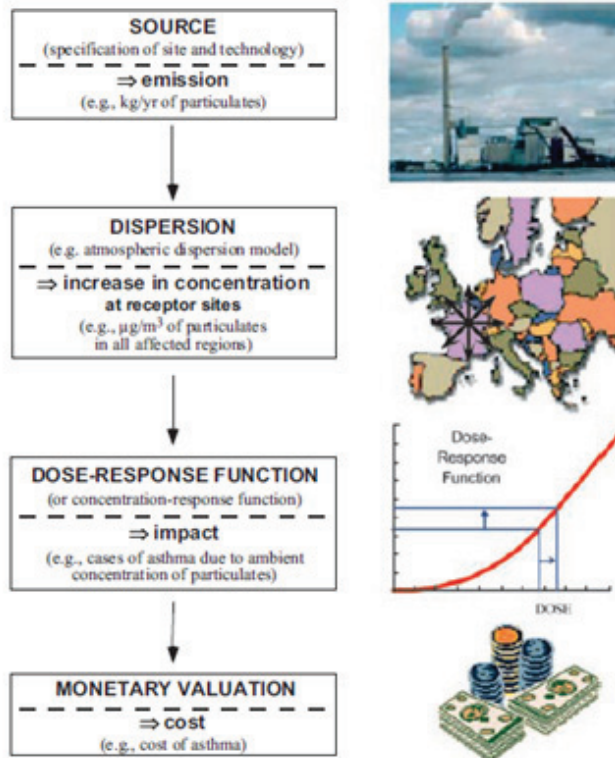
<표 3-2> 2005년 이후 ExternE 프레임워크를 적용한 프로젝트 목록

프로젝트명	연구 기간
URGENCE	2011~2014
LC-IMPACT	2009~2012
UBA Fluglärm	2009~2012
UBA Meeresschutzstrategie-Richtlinie	2010~2012
PAREST	2012
EXIOPOL	2007~2011
MEGAPOLI	2006~2011
HEIMTSA	2007~2011
IEHIAS	2011
TRANSPHORM	2007~2011
IN-STREAM	2008~2011
UBA Methodenkonvention Update	2009~2011
INTARESE	2005~2010
DECOPAINT	2007~2009
NEEDS	2004~2009
CASES	2006~2008
CAFE CBA	2005~2007
THRESHOLDS	2005~2007
Crace	2005~2007
HEATCO	2004~2006
METHODEX	2004~2006

자료: ExternE, http://www.externe.info/externe_d7/ [2015. 11. 30].

1990년대 초부터 2005년까지 대기 분야에서 진행된 ExternE는 대기 분야의 물리적 환경영향 분석과 함께 화폐단위로 환산하는 일련의 분석 프레임워크를 구축하는 등 환경가치 분야에 이론적·방법론적으로 기여를 하였다. ExternE의 분석

프레임워크는 크게 물리적 환경영향 분석모듈과 경제적 환경가치 분석모듈 두 단계로 이루어져 있고, 모식도는 아래 <그림 3-3>과 같다. 대기분야 ExternE 프로젝트의 방법론은 다음 절에서 자세히 살펴보았다.



자료: Bickel P. and Friedrich R editors(2005), *ExternE: externalities of energy. Methodology 2005 update*, European Communities.

<그림 3-3> ExternE의 환경가치 분석 프레임워크

나. 생태계 부문

생태계 부문은 새천년생태계평가(Millennium Ecosystem Assessment, MA)(2005)와 생물다양성경제학(The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB)(2010)의 연구 이래로 자연이 인간에게 제공하는 혜택에 대한 인식이 제고되었으며, '생태계서

비스' 개념이 대두되고 관련 연구가 더욱 활성화되었다. MA(2005)에서는 생태계와 인간 후생 사이의 연계를 염두에 두고 생태계의 보전 및 지속가능한 방향으로의 활용 방안을 고려한다. 지난 50년간 인간의 활동이 생태계 시스템을 매우 빠르게 변화시켰고 이러한 변화는 인간의 후생과 경제성장 측면에서 득이 되었지만 생태계 서비스의 저하를 비용으로 수반하였다. 이에 서비스 저하를 최소화하여 미래 세대가 누릴 생태계서비스의 혜택을 보장하기 위해서 의사결정자들의 인식 변화 및 정책에의 반영이 필요함을 주장하고 생태계가 제공하는 서비스, 생태계를 지속가능하게 사용하는 방법에 대한 최신의 정보에 근거한 과학적 진단 결과를 제시하고 있다. 한편, TEEB(2010)에서는 생태계와 생물다양성의 중요성 및 이들이 제공하는 혜택에 대한 경제적 가치 도출에 목표를 두고 관련 개념 및 방법론에 대한 검토를 하였다. 생물다양성의 훼손에 의한 경제적 비용 및 생태계 건강성 훼손의 경제적 비용에 대한 이해를 높이고자 하였고, 이해 당사자인 국가, 지방, 민간의 정책 또는 의사 결정자별로 차별화된 보고서를 구성하여 이해도를 높이고자 하였다. MA(2005), TEEB(2010) 및 다수의 관련 연구에서 제시하고 있는 생태계서비스 정의는 <표 3-3>과 같다.³⁾

<표 3-3> 생태계서비스 개념과 정의

출처	생태계서비스 정의/개념
Daily (1997)	인간생활 충족을 위해 요구되는 생물다양성과 재화의 생산을 유지하기 위한 자연생태계의 조건과 과정
Costanza et al. (1997)	인간이 생태계 기능으로부터 직접 또는 간접적으로 이끌어내는 편익
de Groot et al. (2002)	인간의 필요를 충족시키기 위한 자연적 과정과 요소의 생산능력
MA (2005)	인간이 생태계로부터 얻는 편익

자료: 안소은(2013) 재구성.

3) 생태계서비스의 정의 및 분류체계는 안소은 외(2014)의 연구 결과를 인용하였음

유사한 의미를 담고 있으나 Daily(1997)에서는 보다 근본적인 기능에 관심을 두고 생태계 형성 조건 및 과정을 포함하고 있고, Costanza et al.(1997)에서는 인간의 관점에서 활용 유무에 초점을 두고 있다는 점에서 차이가 있다. 한편, MA(2005)는 두 연구의 특징을 모두 포함하는 정의를 내리고 있다.

생태계서비스에 대한 분류 체계 역시 각 연구들마다 조금씩 다른 세부 항목을 제시하고 있다. 생태계서비스가 생태계 기능으로부터 도출되는 것으로 파악한 Costanza et al.(1997)의 연구 결과를 바탕으로 이후 연구들이 수행되었으며, de Groot et al.(2002)는 생태계 기능을 생산기능, 조절기능, 서식처기능, 정보기능으로 나누고 23개 세부 기능을 제시하였다. MA(2005)는 공급서비스, 조절서비스, 지지서비스, 문화서비스로 구분하고 25개의 세부 서비스를 열거하였다.

한편, 생태계가 제공하는 혜택에 대한 경제학적 접근은 UN(1987)의 연구 이후로 다양하게 시도되었다. 생태계 분야에 적용 가능한 방법론에 대해 살펴본 연구들로는 Freeman(2003), Heal et al.(2005), Barbier(2009), EPA(2009), Haneley and Barbier(2009), Mendelsohn and Olmstead(2009), NERC(2009), Bateman et al.(2011)의 연구가 있다. 이들은 일반적인 가치추정기법의 적용이 생태계의 불확실성과 비가역성, 회복 가능성, 지역별 특수성 등을 효율적으로 반영할 수 있도록 주의를 기울여야 한다고 주장하였다. 최근 부각된 생태계서비스에 대한 연구 이외에 생태계 및 개별 생물 등에 대한 가치 추정 연구도 다수 존재한다. 최근에 수행된 연구로는 한국산업기술원(2014)이 있다. 생태계 교란종 중 하나인 뉴트리아 및 멸종위기종에 속하는 광릉요강꽃 각각에 대해 실증연구를 시도하여 제시하였다.

생태계서비스에 대한 생물물리학적 접근도 존재한다. 화폐단위 이외의 단위로 생태계 시스템의 가치를 측정하기 위해 에머지의 개념이 활용되었다. Odum(1996)은 에머지를 재화나 서비스를 생산하기 위해 직·간접으로 투입된 모든 에너지의 합으로 정의하였다. 즉, 평가 대상이 만들어지는 과정에 필요했던 모든 에너지의 합을 구하여 대상재화 또는 서비스의 가치로 보는 것이다. 에머지 개념을 활용하여 생태계의

가치를 추정한 사례로 Campbell and Brown(2012)의 연구가 있으며 이 연구에서는 미국 산림의 가치를 에머지로 도출하였다. 이외에 생물물리학적 접근을 시도한 연구로 Natural Capital Project에서 운영하고 있는 InVEST 모형을 들 수 있다.

3. 방법론 검토

본 절에서는 앞서 살펴본 대기 분야, 생태계 분야의 환경가치 분석 방법론을 검토하고자 한다. 현재 각 분야별 환경가치 분석 방법론 구축 현황과 한계점 등을 중점적으로 살펴보고, 향후 환경가치 중장기 연구 수요 로드맵 구축을 위한 기초 자료로 활용하였다.

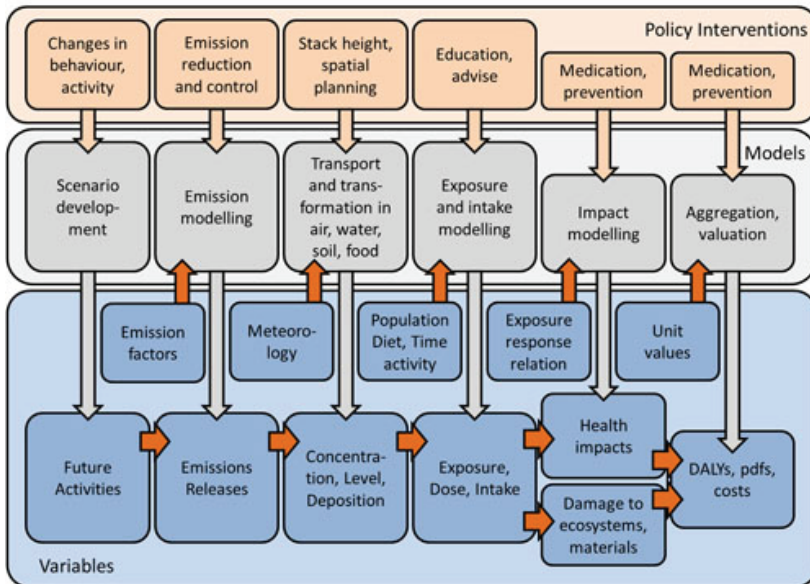
가. 대기 부문

대기 분야의 대표적인 방법론은 1991년부터 2005년까지 진행된 ExternE 프로젝트에서 구축된 방법론이다. ExternE 방법론은 ExternE 프로젝트 기간 동안 개발된 환경외부비용(Environmental External Costs)을 산출하는 접근법으로 주로 영향경로 접근(Impact-Pathway-Approach) 방법론을 개발하여 활용하고 있다. 영향경로 접근 방법론을 활용하여 산성비, 지구온난화에 대한 환경 영향 및 외부비용 산출 등에 활용되고 있다. 영향경로접근 방법론과 더불어 피해함수접근(Damage Function Approach)을 개발하여 통계로부터 직업병의 직접적 피해비용을 산출하는데 활용되고 있다⁴⁾. ExternE 프로젝트가 종료된 2005년 이후에는 ExternE 방법론을 활용하거나 통합적 평가(Integrated Assessment) 방법론 개발에 대한 많은 프로젝트가 지속적으로 수행되었다.

ExternE의 대표적인 방법론인 영향경로접근법은 상향식(Bottom-up) 방식의

4) ExternE, http://www.externe.info/externe_d7/ [2015. 11. 30].

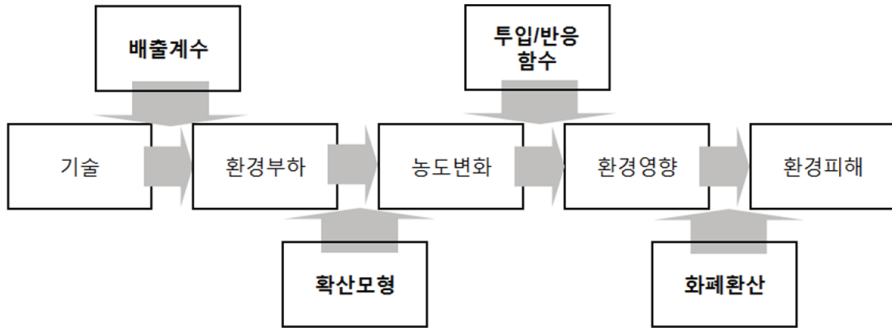
환경적 외부비용 평가 방법론으로 대기오염 물질 배출 경로에 따른 추정된 환경적 편익과 비용을 화폐단위로 변환하기 전에 공기, 토양, 물의 질적 변화를 평가하여 전체적인 환경영향을 분석하는 방법론이다. 영향경로접근법은 <그림 3-4>와 같이 발생 가능한 다양한 시나리오하에서 정부정책 및 인구 구성 등 다양한 요소들을 반영하여 환경가치를 산출하게 된다.



자료: ExternE, http://www.externe.info/externe_d7/ [2015. 11. 30].

<그림 3-4> ExternE 영향경로접근법

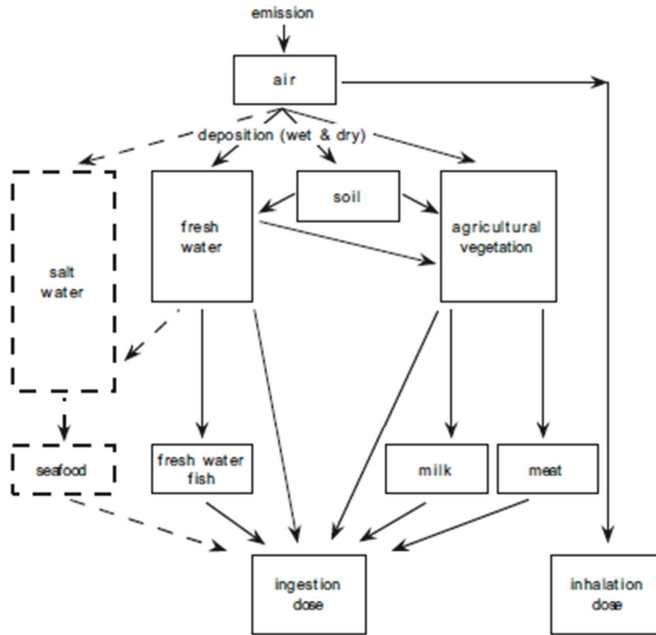
영향경로접근법을 요약하면, 크게 대기오염 물질 배출(Emission), 대기오염 물질의 확산(Dispersion), 공기/토양/물/건강 등에 미치는 영향(Impact), 피해비용환산(Cost) 4단계로 구분할 수 있다. 즉, 대기오염 물질로 인한 공기/토양/물/건강 등에 미치는 물리적 영향을 투입-반응 함수(Exposure-response function)를 통해 분석하고, 경제학적 가치평가법인 지불의사액 방법을 활용하여 경제적 가치로 전환하게 된다. 영향경로접근법에 개념적인 흐름도를 나타내면 <그림 3-5>와 같다.



자료: 한화진(2001), 온실가스 저감조치의 환경적 편익분석사업, 한국환경정책평가연구원, 재구성.

〈그림 3-5〉 ExternE 영향경로접근법

영향경로접근법에서 경제적 화폐단위로 전환하기 전 공기/토양/물 등의 질적 변화로 인한 물리적인 영향을 추정하는 투입-반응 함수는 주로 환경오염으로 인한 물리적인 영향이 공공 건강(Public health), 농작물(Crops), 건축물(Building material)에 미치는 영향을 분석한다. 투입-반응 함수는 초미세먼지(PM2.5)에 대한 함수, 황산염 에어로졸(Sulphate aerosols)에 대한 함수, 질산염 연무제(Nitrate aerosols)에 대한 함수, 아황산가스(SO₂)에 대한 함수, 오존에 대한 함수 등으로 구성되어 있다(Holland and Watkiss, 2002). 물리적 환경영향 분석모듈인 투입-반응 함수는 직·간접 영향을 모두 고려하는 것이 특징이다. 〈그림 3-6〉은 대기오염에 의한 토양/물/농작물 등에 미치는 영향을 모식화한 사례이다.



자료: Bickel and Friedrich(2005).

〈그림 3-6〉 공기오염 물질에 대한 물리적 영향 모식도

영향경로접근법은 주로 사망률에 미치는 영향을 바탕으로 가치를 평가하기 때문에 투입-반응 함수에서는 공기오염이 수명 단축에 미치는 기간을 추정하게 된다. 〈그림 3-7〉에서는 공기오염의 종류에 따라 건강에 영향을 주는지 농작물 등의 환경에 영향을 주는지 여부에 대한 관계를 정리하고 있다.

Impact Category	Pollutant / Burden	Effects
Human Health - mortality	PM ₁₀ ^a , SO ₂ NOx, O ₃ Benzene, Benzo-[a]-pyrene 1,3-butadiene Diesel particles Noise Accident risk	Reduction in life expectancy Cancers Loss of amenity, impact on health Fatality risk from traffic and workplace accidents
Human Health - morbidity	PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂ PM ₁₀ , O ₃ PM ₁₀ , CO Benzene, Benzo-[a]-pyrene 1,3-butadiene Diesel particles PM ₁₀ O ₃ Noise Accident risk	Respiratory hospital admissions Restricted activity days Congestive heart failure Cancer risk (non-fatal) Cerebro-vascular hospital admissions Cases of chronic bronchitis Cases of chronic cough in children Cough in asthmatics Lower respiratory symptoms Asthma attacks Symptom days Myocardial infarction Angina pectoris Hypertension Sleep disturbance Risk of injuries from traffic and workplace accidents
Building Material	SO ₂ Acid deposition Combustion particles	Ageing of galvanised steel, limestone, mortar, sand-stone, paint, rendering, and zinc for utilitarian buildings Soiling of buildings
Crops	NO _x , SO ₂ O ₃ Acid deposition	Yield change for wheat, barley, rye, oats, potato, sugar beet Yield change for wheat, barley, rye, oats, potato, rice, tobacco, sunflower seed Increased need for liming
Global Warming	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, N, S	World-wide effects on mortality, morbidity, coastal impacts, agriculture, energy demand, and economic impacts due to temperature change and sea level rise
Amenity losses	Noise	Amenity losses due to noise exposure
Ecosystems	Acid deposition, nitrogen deposition	Acidity and eutrophication (avoidance costs for reducing areas where critical loads are exceeded)

^a particles with an aerodynamic diameter < 10 µm, including secondary particles (sulphate and nitrate aerosols)

자료: European Commission(2003).

〈그림 3-7〉 공기오염 물질과 환경 및 건강과의 관계

마지막 단계인 화폐단위로 변환은 시장재화(Market goods)인 경우는 물리적인 영향으로 인한 시장가격 변화를 바탕으로 피해비용을 분석할 수 있으나, 비시장재화(Non-market goods)인 경우는 개개인의 선호도를 바탕으로 지불의사액(Willingness-To-Pay, WTP) 또는 수용의사액(Willingness-To-Accept, WTA)을 분석한다. 환경가치 분석모듈은 분석 자료의 특성에 따라 크게 시장자료인 현시선

호자료(Revealed Preference data, RP data)를 이용하거나 설문을 이용한 진술선호자료(Stated Preference data, SP data)를 이용한 분석모듈로 구분된다. 구체적인 환경가치 분 모듈은 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> ExternE 환경가치 분석모듈

구분	간접적 접근 방법	직접적 접근 방법
현시선호자료(RP)	Household production function approach Travel cost method Averting costs	Simulated markets
		Actual referenda
	Hedonic price analysis	Market prices
진술선호자료(SP)	Choice experiments Conjoint analysis Contingent ranking Contingent rating Pairwise comparisons	Replacement costs
		Contingent valuation

자료: Bickel and Friedrich(2005).

공기오염이 건강에 미치는 영향을 화폐단위로 변환하는 방법은 사망으로 인한 가치인 100만 유로와 연계하여 공기오염 종류별 환경가치를 산출한다(Holland and Watkiss, 2002). <그림 3-8>은 질병에 따른 가치를 분석한 결과를 나타낸다. <그림 3-8>의 결과 및 투입-반응 함수의 결과와 연계하여 최종적으로 대기오염 물질별 환경가치를 산출하게 된다.

Valuation data	Value €, year 2000 price level	Source
Congestive heart failure	3,260	ExternE
Restricted activity days	110	ExternE
Bronchodilator usage - adults	40	ExternE
Cough - adults	45	ExternE
Lower resp symptoms - adults	8	ExternE
Bronchodilator usage - children	40	ExternE
Cough - children	45	ExternE
Lower resp symptoms - children	8	ExternE
Respiratory hospital admission (RHA)	4,320	ExternE
Cerebrovascular hospital admission	16,730	ExternE
Chronic mortality - deaths	490,000	European Commission
Chronic bronchitis - adults	169,330	ExternE
Chronic cough - children	240	ExternE
Acute mortality - deaths	1,000,000	European Commission
Asthma attack	40	ExternE
Minor restricted activity day (MRAD)	8	ExternE

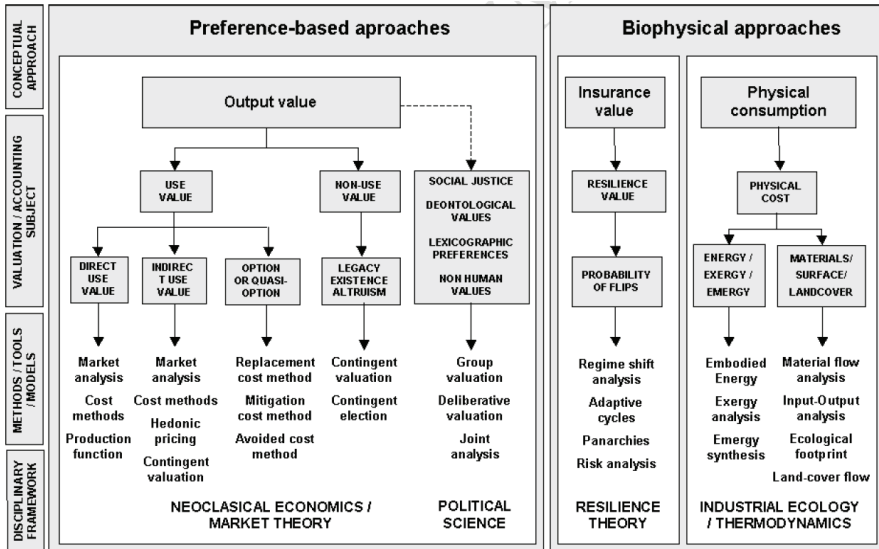
자료: Holland and Watkiss(2002).

〈그림 3-8〉 질병 종류에 따른 화폐환산 가치

ExternE에서 제시한 영향경로접근 방법론을 활용하여 유럽연합에 속한 국가들과 더불어 다양한 국가에서 대기 분야 환경가치 연구들이 진행되고 있다. 하지만 현재까지 지구온난화 등 다양한 가치평가 연구들이 존재하지만 여전히 산성화, 문화가치 등에 대한 가치평가 자료가 여전히 부족한 실정이다. 따라서 투입-반응 함수 결과와 연계하여 환경가치를 평가하기 위해서는 다양한 조건부가치측정 연구(Contingent valuation studies)가 필요한 실정이다(European Commission, 2003).

나. 생태계 부문

생태계 분야에서 가치 측정을 위해 적용되고 있는 방법론들을 요약해보면 〈그림 3-9〉와 같다.



자료: TEEB(2010), Ch.5.

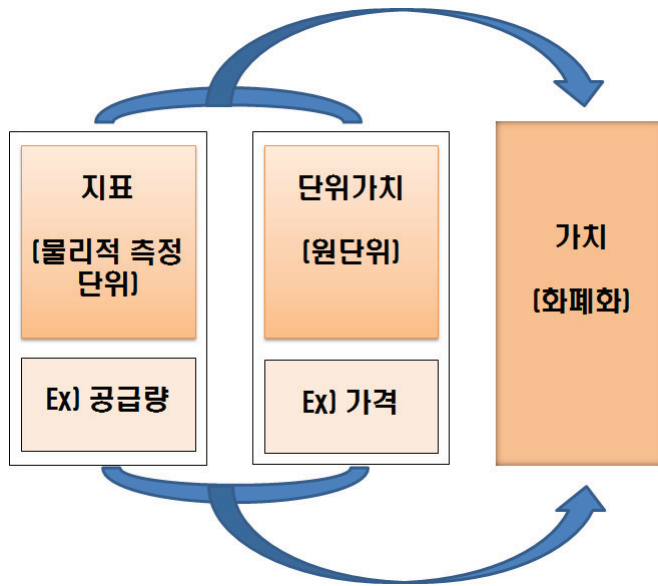
〈그림 3-9〉 생태계 부문 가치 측정의 방법론

선호기반 접근법으로 표현될 수 있는 경제학적 방법론과 생물물리학적 접근을 시도하는 방법론이 각 분야에서 병렬적으로 연구되고 있다. 대상 생태계 또는 생물의 사용가치와 비사용가치를 도출하기 위해 다양한 가치 추정 기법들이 적용된다. 경제학적 방법론의 경우, 소비자의 선호가 현시된 자료를 이용하는 현시선호접근법 (Revealed Preference Method, RP)과 소비자의 선호에 대해 직접 묻는 방식을 통해 구축된 자료를 활용하는 진술선호접근법(Stated Preference Method, SP)으로 구분할 수 있다. RP에는 생산함수접근법, 헤도닉 가격기법 등이 포함되고, SP에는 조건부가치측정법, 컨조인트 분석법 등이 해당된다.

두 가지 접근법이 각자의 분야에서 독립적으로 시도되는 것도 의미가 있지만, 각 분야의 한계를 서로 보완할 수 있도록 연결고리가 마련될 필요가 있으며 이러한 인식에 기반을 두고 최근 통합적 접근이 시도되고 있다.

안소은 외(2014)에서는 MA(2005)와 TEEB(2010)의 생태계서비스 분류 체계

를 중심으로 대상 항목의 측정을 목적으로 시도된 지표 개발 연구 결과를 하천 생태계서비스에 적용하여 하천 생태계서비스의 측정을 위한 지표를 개발하고 이후 지표와 가치 추정의 연계를 시도함으로써 <그림 3-10>과 같은 구조의 생태계서비스 분야의 통합연구 방법론을 개발 중이다.



자료: 안소은 외(2014) 재구성.

<그림 3-10> 개발 중인 생태계 부문 통합연구 방법론의 구조

생태계서비스의 가치를 도출할 때 생태계서비스 세부 항목의 정교한 측정을 위하여 각 항목이 제공하는 기능 및 서비스의 특성을 잘 반영하는 지표를 개발해 제시하였다. 이후 각 지표에 적용 가능한 단위가치를 산정하고 연계함으로써 가치를 도출한다. 현재 특정 생태계를 중심으로 방법론을 시범 적용 중이다.

4. 활용 사례

본 장에서는 앞서 살펴본 대기 분야, 생태계 분야에서 이미 구축된 환경가치 분석 방법론의 활용 사례를 살펴보고자 한다. 현재 구축된 환경가치 분석 방법론이 정책 및 관련 연구에 활용되는 현황과 한계점 등을 살펴보고, 향후 환경가치 중장기 연구 수요 로드맵 구축에서 활용도 측면의 계획 수립에 기초 자료로 활용하였다.

가. 대기 부문

ExternE에서 제시된 방법론적 프레임워크는 정책 수립과 결정뿐만 아니라 다양한 대기오염 물질의 가치평가 연구에 활용되었다. European Commission(2003)에 따르면, ExternE의 방법론적 프레임워크를 바탕으로 환경 관련 정책들의 경제성을 평가하는 데 활용되었다. 예를 들면, <표 3-5>와 같이 일반폐기물 소각에 대한 기본 지침(Draft directive on non-hazard waste incineration), 대형연소설비지침(Large combustion plant directive), PAHs에 대한 공기 질 제한(Air quality limits of PAHs) 등 다양한 정책들의 경제성을 평가하는 데 활용하였다(European Commission, 2003). 또한 Krewitt(2002)에 따르면, 초기 ExternE 프로젝트가 시작될 때 활용 분야로 계획하지 않았지만 ExternE의 방법론적 프레임워크가 가장 성공적으로 적용된 분야는 환경정책에 대한 비용·편익 분석 분야이다. ExternE의 방법론적 프레임워크 중 비용·편익 분석에 활용하는 모듈인 영향 평가 방법(Impact assessment methods)과 시장가치 평가 부분은 각각 실험과 시장가치를 통해 결과를 도출하기 때문에 불확실성이 상대적으로 모든 모듈을 고려하는 정책 수립부분 보다 작은 장점이 있다.

〈표 3-5〉 ExternE 분석 프레임워크 정책 경제성 평가 적용 사례

구분	정책명
1	Draft directive on non-hazardous waste incineration
2	Large combustion plant directive
3	EU strategy to combat acidification
4	Costs and benefits of the UN-ECE Multi-pollutant, Multi-effect protocol and of proposals under this protocol (e.g. NO _x and VOC control)
5	Costs and benefits for the emission ceilings directive
6	Air quality limits for PAHs
7	Diversion of PVC from incineration to landfill and recycling
8	Benefits of compliance with the EU environmental acquis: quantification of the benefits of air quality improvements
9	Costs and benefits of acidification and ground level ozone
10	Regulatory appraisal of the SO ₂ , NO ₂ and PM10 air quality objectives for UK department of the Environment, Transport and the Regions
11	Air quality guidelines on CO and benzene
12	Environmental costs of lorries (a study to incorporate environmental costs in vehicle excise duty rates in UK)
13	Second NO _x Protocol (for the UNECE Task Force on economic aspects of abatement strategies)

자료: European Commission(2003).

많은 경우 ExternE 분석 프레임워크는 환경친화적인 기술에 대해서 경제적 관점에서 투자의 장점을 밝히는 데 활용 가능하다. 국가정책 단위의 활용 사례 이외에 ExternE 분석 프레임워크는 국내외 많은 연구에서 활용되었다. 하지만 주로 ExternE 분석 프레임워크를 통해 도출한 분석 결과를 활용하는 연구가 대부분이다. Barker and Rosendahl(2000)에서는 하향식(Top-down) 모형인 E3ME (Energy-Environment-Economy Model for Europe)과 상향식(Bottom-up) 모형으로부터 산출된 ExternE의 연구 결과를 활용하여 온실가스 완화 정책에 대한

부수적 환경편익(Ancillary benefits)을 산출하는 하향식 분석 프레임워크를 제안하였다. 환경정책별 시나리오 분석에 앞서 E3ME에서 산출된 결과와 ExternE의 분석 결과를 활용하여 유럽 국가별 배출량 및 피해액은 아래 표와 같다.

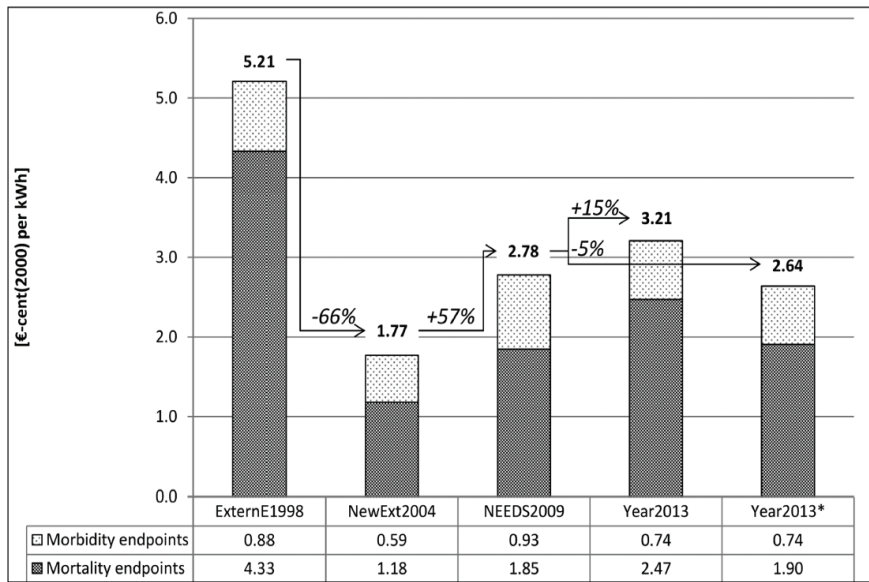
〈표 3-6〉 유럽 국가별 오염물질 배출량 및 피해액 분석 결과 (1994년 기준)

(단위: 1,000톤, 10억 유로)

국가	SO ₂		NO _x		PM10		Total damage costs
	Emissions	Damage costs	Emissions	Damage costs	Emissions	Damage costs	
Austria	55	0.4	183	2.9	39	0.6	3.9
Belgium	279	2.9	345	4.0	27	0.6	7.5
Denmark	157	0.5	272	1.3	14	0.1	1.9
Finland	111	0.1	282	0.6	72	0.1	0.9
France	1,013	9.5	1,831	26.0	211	4.7	40.2
Germany	2,998	30.3	2,042	24.9	755	13.6	68.8
Greece	556	1.3	358	1.1	0	-	2.4
Ireland	177	0.6	116	0.5	105	0.4	1.5
Italy	1,436	9.6	1,791	13.7	501	4.0	27.3
Luxembourg	13	0.1	22	0.3	0	-	0.4
Netherlands	146	0.9	493	3.2	38	0.5	4.7
Norway	34	0.1	212	0.9	24	0.1	1.1
Portugal	273	1.0	379	2.0	0	-	3.0
Spain	2,061	10.1	1,206	8.033	33	0.2	18.3
Sweden	74	0.2	329	1.0	48	0.1	1.2
Switzerland	31	0.3	140	2.0	19	0.3	2.6
UK	2,697	16.5	2,289	16.8	426	5.1	38.5

자료: Barker and Rosendahl(2000).

van der Kamp and Bachmann(2015)에서는 1990년대부터 현재까지 영향경로 접근 방법론을 기반으로 개발된 대기오염의 피해비용을 분석하는 모형들을 검토하고, 최근 EU의 자료를 바탕으로 업데이트된 피해비용을 산출하였다. 가장 먼저 개발된 ExternE 분석 방법론부터 개선된 NewExt2004, NEEDS2009까지 모두 물리적 영향을 고려한 영향경로접근 방법론과 화폐단위로 변환하는 가치산출 단계를 포함하고 있어 각 단계별로 데이터 및 분석 가정들을 비교분석하고 최근 자료를 바탕으로 각 단계를 업데이트하였다. 비교분석한 결과 석탄화력발전소로 인한 피해비용은 <그림 3-11>과 같이 분석 기간별로 차이를 보였다.



자료: van der Kamp and Bachmann(2015).

<그림 3-11> 서로 다른 영향경로방법을 활용한 석탄화력발전의 피해비용 산출 결과

국내 연구들을 살펴보면, 한화진(2001)에서는 온실가스 저감에 대한 환경적 편익을 산출하기 위해 대기오염별 피해비용을 산출한 ExternE의 연구 결과를 활용하

였다. ExternE는 유럽 자료를 바탕으로 피해비용을 산출하였으므로 국내에 직접 적용하는 데 한계가 있다. 따라서 한화진(2001)에서는 국내총생산(GDP), 대기오염 배출량, 인구밀도 정보를 이용하여 피해비용에 미치는 각 요인별 효과를 분석하고, GDP, 배출량, 인구밀도 자료를 활용하여 대기오염 물질별 피해비용을 간접적으로 산출하였다. 강만옥·이상엽(2013)에서는 합리적인 에너지 가격 체계를 개편을 위해 에너지 사용에 따른 사회적 비용을 고려하였다. 이때 에너지 사용에 따른 대기오염 물질별 사회적 비용은 ExternE 프로젝트의 연구 결과를 활용하였다. 이 외에 강광규·김종원(2012)에서도 ExternE 분석 방법론을 활용해서 오염물질별 피해비용을 산출한 Holland and Watkiss(2002)의 연구 결과를 바탕으로 석탄화력 발전설비 증설에 따른 환경 피해비용을 산출하였다.

국내의 연구의 특징을 살펴보면, 국외 연구는 ExternE 연구 결과를 그대로 인용하기 보다는 ExternE 분석 프레임워크의 각 분석 단계별로 최근 데이터 및 가정의 변화를 반영하여 모형 개선을 통해 대기오염 물질별 피해비용을 산출하는 특징이 있다. 반면에 국내 연구는 현재까지는 기존 ExternE 연구 결과를 그대로 활용하거나 ExternE의 연구 결과를 GDP, 인구밀도 등의 거시지표를 국내 수준에 맞게 보정하여 활용하는 실정이다.

나. 생태계 부문

생태계 부문에서는 각각의 목적과 적용 가능성을 염두에 두고 경제학적 접근법과 생물리학적 접근법이 활용되고 있었고 최근 두 방법론의 통합이 시도되고 있다. 현재 통합연구방법론이 개발 중이기에 활용 사례를 찾아보기에는 무리가 있었다. 향후 완성된 방법론을 통해 도출된 생태계 분야 가치평가 결과는 Augustin et al.(2015)이 제시하는 6개의 활용 목적 중 하나로 분류될 수 있다.

〈표 3-7〉 생태계 부문 가치평가 결과의 활용 목적

목적	설명
업무 범위와 상황 분석	생태계서비스가 어떠한 상태에 있고 어떤 가치 및 관계자가 연관되어 있는지 확인
환경 의식의 향상과 정책 옵션에 대한 설명	생태계서비스의 정보를 제공하고 이 정보의 활용을 통해 특정 정책의 효과에 대해 설명
대체 가능한 정책과 프로그램, 프로젝트의 비교	생태계서비스의 관점에서 정책, 프로그램, 프로젝트들의 장단점을 비교
개발 및 투자 기회의 인식	새로운 경제적 기회가 생태계 서비스의 보존과 지속적인 사용을 기반으로 한 상태에서 발생할 수 있는지에 대한 확인
인센티브, 규제와 감시 등의 환경 정책 수단 설계	생태계서비스의 정보를 더 효과적이고 공정하며 지속 가능한 환경정책 수단을 설계하도록 만드는 데에 활용
환경 분쟁에 대한 대처	환경 분쟁을 해결하는 데에 생태계서비스가 신뢰할 만한 정보를 제공

자료: Augustin et al.(2015) 재구성.

생태계 부문 가치평가 결과의 첫 번째 활용 가능성은 생태계서비스의 현재 상태와 중요성을 확인하고 미래 발전 가능성을 확립하는 것이다. 생물·물리화학적 측면뿐만 아니라 생태계서비스와 사회경제 관계를 포괄하여 생태계서비스의 모든 측면을 고려하는 범위에서 출발해 점차 좁혀 나가는 방식을 통해, 정책이나 의사결정에 중요한 방향성을 제공할 수 있다. 실제로 튀니지에서는 국유림이 제공하는 다양한 생태계서비스에 대한 분석이 수행된 바 있는데, 이러한 결과는 향후 국가 및 지역 차원의 개발계획 수립 시 검토되었고 국가 차원의 계획에서는 반영되지 못한 생태계 기능에 대한 정보 제공으로 지역 개발계획의 개혁 필요성을 제공하였다(Augustin et al., 2015).

생태계서비스에 대한 정보 제공은 환경에 대한 의식을 높이는 데 활용될 수 있다. 또한 특정 정책의 효과에 대한 설명이나 옹호를 위해 사용될 수 있으며, 이 과정에서는 신중하게 전략을 고안하는 것이 필수이다. 수용하는 사람과 정책에 대한 명확한

설정이 필요하고 연구 결과의 신뢰성을 확보하여 정책 사례에 올바르게 적용될 수 있도록 하여야 한다.

정책이나 개발 계획들의 비교 과정에서도 활용될 수 있다. 대체 가능한 정책과 프로그램, 프로젝트를 비교할 때 실질적인 영향에 대한 비교를 가능하게 함으로써 사회에 미치는 영향의 관점에서 부작용이 있는지를 확인한다. 비용편익 분석과 다기준 분석(MCA) 등의 방법이 주로 활용된다. 전략적 환경 평가와 환경영향 평가 시에 개발 및 투자 계획의 영향을 확인하는 경우가 많으며, 생태계서비스에 대한 정보는 생·물리학적 특성과 사회·경제학적 측면을 결합해야 하므로 이 과정에서 주의가 요구되고 있다.

생태계서비스에 대한 평가 정보를 통해 개발 및 투자 기회에 대한 인식을 새롭게 해볼 수 있다. 지금까지는 개발 및 투자를 위한 의사결정 과정에서 생태계 시스템의 가치가 적극적으로 반영되지 못하였다. 그러나 생태계의 가치에 대한 화폐가치화를 시도하는 평가결과들이 도출됨에 따라 기존의 개발 및 투자 기회를 평가할 때 이에 대한 고려가 점차 가능해지는 추세이다. 실제로 인도에서는 주요 경작물의 농업생산성에 대한 곤충 수분의 경제적 가치를 추정함으로써 관련 사업의 개발 및 투자 기회에 대한 인식을 새롭게 한 바 있다.

정책 수단과 인센티브 설계 시 생태계서비스에 대한 평가 결과가 활용될 수 있다. 즉, 규제와 감시 등의 환경정책 수단 설계 시 생태계서비스의 흐름에 대한 정보를 고려함으로써 더욱 효과적이고 지속가능한 환경정책 수단으로 만들 수 있다. 생태계 서비스 제공의 변화가 이해관계자 그룹의 경제적 가치나 효용에 어떠한 영향을 주는지 확인함으로써 생태계에 대한 평가 결과는 새로운 정책 수단의 필요성을 제시하거나 다른 수단의 제안에 대한 평가를 수행한다. 또한 경제적 인센티브를 통해 더 경제적으로 이득이 되는 행동을 하는 것에 생태계의 건강성이 효과적으로 수반되도록 한다. 이러한 목적으로 생태계에 대한 평가 결과를 활용하는 정책 사례는 생태계서비스 지불제도(Payments for Environmental Services, PES)이다. PES는

생태계서비스 제공을 증가시킬 수 있는 직접적인 인센티브를 제공하는 프로그램으로서 기존의 메커니즘에 비해 보다 능동적이고 직접적인 제도이며 다른 정책 수단과 함께 정책 조합의 일부로 사용 가능한 신축성 있는 제도이다(추장민 외, 2014). 우리나라에서 실시 중인 물이용부담금제도 및 생물다양성관리계약제도가 PES의 일종으로 볼 수 있으나, 현재로선 운용 과정에서 생태계에 대한 평가 결과가 직접적으로 활용되지는 않고 있다.

여섯 번째 목적은 환경분쟁 시의 대처 방안으로 활용하는 것이다. 생태계서비스에 대한 정보는 분쟁 시 매우 유용한 정보로 활용될 수 있고, 타협의 여지를 위한 새로운 가능성을 제공할 수도 있다. 즉, 분쟁 해결의 열쇠로 활용될 수 있으나 역효과를 낳을 가능성도 존재하기에 평가는 신중하게 수행되고 평가 방법이 정교하게 고안될 필요가 있다.

제4장 환경가치 중장기 연구를 위한 시사점

앞 장에서 전문가 포럼 운영 결과와 이를 통한 기존 환경가치 연구의 한계점을 살펴보고, 구체적으로 살펴보기 위해 EVIS의 분류 체계에 따라 분야별 현황을 살펴보았다. 크게 생활환경 분야의 대기 부문과 자연환경 분야의 생태계 부문의 현황과 분야별 환경가치 분석 방법론을 검토하였다. 또한 이미 구축된 분야별 분석 방법론의 활용 사례를 살펴보았다. 이를 바탕으로, 본 장에서는 환경가치 중장기 연구 수요 로드맵 구축을 위한 시사점을 도출하고자 한다.

1. 기존 연구의 한계점 및 향후 연구 방향

환경자산에 대한 가치를 확인하고 추정하는 연구에 대한 필요성이 더욱 높아짐에 따라 각 분야에서 다양한 방법론이 적용되어 왔다. 최근에는 분야별 특성을 반영하고, 선행 연구에서 주로 활용되던 경제학적 접근법 이외에 생물·물리학적 접근법을 결합한 방법론 개발에 대한 수요가 제기되어 본 연구에서는 대기 부문과 생태계 부문을 대상으로 현황을 살펴보았다. 두 분야 모두 통합적 평가 방법론에 대한 시도가 있었으나, 생태계 분야의 경우 시작 단계로 향후 많은 관련 연구가 필요한 것으로 판단되었고, 기존 연구의 한계점을 도출하기에는 무리가 있었다. 대기 분야에서 ExternE의 연구를 통해 조금 더 발전된 형태의 방법론 및 적용 사례를 가지고 있었기에 이를 중심으로 한계점 및 연구 방향을 살펴보고자 한다.

<그림 3-3>에서 살펴보았듯이 대기 분야의 환경가치 분석 프레임워크는 크게 배출원으로부터 오염물질 배출 데이터 구축, 대기 질 확산 모형을 통한 대기 질 악화 정도 파악, 대기 질 악화에 따른 건강영향 평가모형 구축, 건강영향에 대한 경제학적 피해비용 산출로 크게 4단계로 나눌 수 있다. 대기 분야 환경가치 분석 프레임워크하에서 국내 연구 현황을 살펴보면, 앞서 언급한 4단계를 통합적으로

연결한 국내 연구는 부족한 실정이다. 하지만 각 단계별 독립적인 연구와 일부 단계를 연결하는 연구는 최근에 이루어지고 있다. 구체적으로 살펴보면, 첫 번째 단계인 배출원별 오염물질 배출 자료는 에너지경제연구원에서 발간하는 에너지통계 연보자료를 통해 산출이 가능하다. 배출원별 오염물질 배출자료를 바탕으로 대기 질 영향을 분석하는 국내 연구로는 문난경(2015)이 있다. 다시 말해, 문난경(2015)에서는 첫 번째 단계와 두 번째 단계를 연결하여 국내 화력발전소 운영에 따른 대기 질 영향을 대기 질 확산모형을 활용하여 분석하였다. 일부 대기 질 영향을 바탕으로 조기 사망자 수를 산출하였지만 국내 보건자료를 활용하여 산출한 값이 아닌 해외 자료를 활용한 한계점이 있다. 국내 보건자료를 활용하여 건강영향 평가모형과 건강영향 평가모형으로부터 사회적 피해비용을 산출한 연구는 신용승(2015), 정해관 외(2014) 등에서 현재 활발히 진행되고 있다. 검토 결과, 환경가치 분석 프레임워크하에서 국내 대기 분야 연구는 배출원별 오염물질 배출량과 대기 질 확산을 연계한 연구와 건강영향 평가와 가치평가를 연계하는 연구는 국내에서 진행 중에 있지만 대기 질 확산이 건강에 미치는 영향 분석은 현재 미흡한 것으로 판단된다. 따라서 배출원부터 가치평가 연구까지의 통합적 연계를 위해서 대기 질 확산이 건강에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

환경가치 연구는 측정하기 어려운 다양한 불확실성이 존재하므로 대기 분야 환경가치의 대표적인 연구인 ExternE에서도 연구 결과에 대한 신뢰성과 연구 과정에 대한 불확실성에 대한 논의가 지속적으로 이루어지고 있다. ExternE에서의 불확실성은 크게 5가지로 구분된다(European Commission, 2003). 첫 번째는 활동 제한에 대한 비용, 오염물질의 퇴적속도 등 자료에 대한 불확실성이 있다. 두 번째는 오염물질과 건강 영향 사이의 인과관계에 대한 가정들, 용량 반응 함수의 역치(Threshold)에 대한 가정들, 대기 확산에 대한 모형 선택 등 모형의 불확실성이 있다. 세 번째는 할인율에 대한 가정, 통계적 삶의 가치 등 정책 및 윤리적 선택에 대한 불확실성이 있다. 네 번째는 저항력이 큰 종의 개발로 인한 농작물 피해의 감소 잠재력 등

미래에 대한 불확실성이 있다. 마지막 다섯 번째는 불완전 정보 또는 모호한 해석 등 분석가에 따른 특이성으로 볼 수 있다. 첫 번째와 두 번째 불확실성은 통계적 기법의 개발로 인해 불확실성을 줄일 수 있는 가능성이 있다. 하지만 오염물질건강 영향과 수명 단축의 가치에 대한 제한된 지식으로 인해 가장 큰 불확실성을 내포하고 있다. 따라서 이러한 불확실성에 대한 지속적인 연구가 필요하고, 불확실성으로 인해 분석 가치에 대한 민감도 분석 또는 시나리오 분석이 필요하다.

특히 국내 대기 분야의 환경가치 연구들을 살펴보면, 대부분 선호기반 접근법인 조건부 가치 측정법(CVM) 또는 컨조인트 분석을 통해서 대기오염 물질에 대한 소비자들의 지불의사액을 분석하였다. 일부 연구에서는 유럽에서 진행된 ExternE의 오염물질에 대한 피해비용 분석 결과를 국내에 그대로 적용하여 활용하거나 GDP, 인구, 구매력 등의 지표를 활용하여 보정한 후 활용하였다. 하지만 국외 연구에서처럼 ExternE의 분석 프레임워크 전체를 활용하여 각 분석 단계별 자료를 업데이트해 각 지역 특성에 맞게 분석하는 연구는 국내에는 없는 실정이다. 따라서 유럽의 지역적·산업적 특성을 고려한 ExternE의 연구 결과를 그대로 차용하는 데 그치지 않고, 국내 실정에 맞게 물리적 영향, 경제학적 가치 등의 연구를 수행함으로써 국내 환경가치 연구를 개선할 필요가 있다.

2. 통합적 시각에서의 로드맵

통합적 시각에서 분야별 국내 현황을 정리하면, <표 4-1>과 같다. 대기 부문 환경가치에 대한 국내 연구는 상대적으로 경제학적 시각에서의 접근이 주를 이루고 있다. 곽소윤 외(2013)에 따르면, 대기 질의 환경가치와 관련된 선행 연구 28편 중 공학적 시각에서 접근은 5편인 데 반해 경제학적 시각의 접근은 23편에 이르는 실정이다. 하지만 통합적 시각에서 접근하는 연구는 현재까지 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 활용 사례 측면에서는 대기 분야 환경가치 추정 결과를 바탕으로 피해비용을 산출하거나 사회적 비용을 고려한 가격 체계 개선에 활용하는 연구들은

존재하지만 여전히 기존 문헌의 연구 결과를 그대로 활용하고, 각 연구 사례 실정에 맞도록 재분석하는 연구는 부족한 것으로 판단된다.

〈표 4-1〉 통합적 시각에서의 분야별 국내 현황 정리

구분	자연환경 분야	생활환경 분야
	생태계	대기
경제학적 시각에서의 접근 측면	○	○
공학적 시각에서의 접근 측면	△	△
통합적 시각에서의 접근 측면	×	×
활용 사례 측면	×	△

주: ◎ 강, ○ 중, △ 약, × 접근 사례 없음.
자료: 연구진 작성.

생태계 부문의 경우, 곽소운 외(2013)에 따르면 자연환경 분야에 대한 분류 기준 중 개별 생태계에 대한 선행 연구를 중심으로 살펴보면, 총 298개의 추정치 중 공학적 시각에 기반을 둔 추정치는 25개에 불과하였고, 경제학적 시각에서 도출된 추정치는 273개로 나타났다. 또한 통합적 시각으로 접근한 연구 사례는 안소은 외(2014)에 불과한 것으로 확인된다. 활용 사례 측면에서도 특정 목적으로 각 연구에서 가치 추정치를 도출한 경우만 존재하고, 이를 활용하거나 재분석하는 연구는 없는 것으로 판단된다.

살펴본 바와 같이 국내 현황을 중심으로는 두 부문 모두 통합적 시각에서 접근한 사례가 부족하였다. 국외 선행 연구를 중심으로 살펴보았을 때에는 대기 부문이 비교적 선도적이라고 판단되며, 향후 ExternE의 연구에서와 같이 대상 부문의 영향 범주를 확인하고 확인된 항목에 대한 물리적 영향을 정량화한 후, 물리적 영향에 대한 화폐화를 연계하는 과정을 적용하여 부문별 환경가치를 도출할 필요가 있다. 이를 위해서는 물, 토지/토양/지질, 소음/진동, 폐기물 부문에 대해서도 부문별 연구 현황, 방법론, 활용 사례에 대한 검토가 선행되어야 하며 ExternE의 구도를 활용하되 부문별 특성을 반영해 통합적 방법론을 개발하여야 한다.

제5장 결론

최근 지속가능발전목표(SDGs)가 새롭게 채택되고 사회, 환경, 경제 부문을 균형 있게 통합하고자 하는 시도가 더욱 주목받는 가운데, 경제적 효과를 확인할 때 환경에 미치는 영향을 적극적으로 고려하고자 한다. 이에 환경자산의 가치를 다루는 연구에 관심이 증대되었고 기존 연구 결과의 활용 기준 마련, 필요한 부문에 대한 가치 정보의 생성을 통한 활용 가능한 단위 정보 제시에 대한 수요가 증가하고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 전문가 포럼을 개최하여 각 분야 전문가들의 의견을 수렴하고 기존 연구 사례들을 검토함으로써 환경가치 분야의 중장기 발전 방안에 대해 고찰해보았다.

총 3차례의 전문가 포럼을 통해 특정 방법론에 치우친 환경가치의 도출보다는 부문별 특성을 반영하는 다양한 방법론에 기초한 시도에 대한 필요성에 공감하였다. 생물·물리학적 접근과 경제학적 접근을 연계하는 통합연구 방법론에 대한 검토 제안이 있었고, 부문별 계획의 수립 시 정책적 활용도를 고려한 우선순위 설정을 통해 단기적·중장기적 목표가 구분될 필요가 있다는 의견이 있었다. 이러한 시사점에 근거하여 생활환경 분야의 대기, 자연환경 분야의 생태계 부문에 대해 연구 현황 및 방법론, 활용 사례를 살펴보았다. 대기 부문의 대표적인 환경가치 연구로는 1990년대 초반부터 유럽연합 집행위원회에서 진행된 ExternE 프로젝트를 들 수 있었다. 배출량 추정, 대기 질 모델링, 물리적 영향 측정, 화폐화의 과정을 거치는 영향경로접근 방법론을 개발해 활용하고 있었고, 이는 다양한 정책의 경제성을 평가하는 데 활용되었다. 생태계 부문에서는 MA(2005)와 TEEB(2010)의 연구 이래로 생태계서비스 개념이 주목받고 있었으며 이에 대한 경제학적, 생물·물리학적 접근이 다양하게 시도되고 있었다. 최근에는 이 두 접근법에 대한 연계의 필요성이 대두되어 관련 연구가 시작되었고, 시작 단계이기에 직접적인 활용 사례를 찾기는 어려웠다. 두

부문 중 방법론의 통합에 대한 연구가 비교적 선도적으로 진행된 것으로 판단되는 대기 부문의 방법론을 중심으로 가치 연구의 불확실성 감소를 위한 방안을 고민해 보았고, 향후 유사한 절차의 다른 부문에의 적용 가능성을 제안하였다. 대상 부문의 영향 범주를 확인하고, 확인된 항목에 대한 물리적 영향을 정량화한 후, 물리적 영향에 대한 화폐화를 연계하는 과정을 적용하되 부문별 특성을 반영할 수 있도록 주의를 기울여야 한다. 이를 위해 본 연구에서 살펴본 대기 및 생태계 부문 이외에 물, 토지/토양/지질, 소음/진동, 폐기물 부문에 대해서도 부문별 연구 현황, 방법론, 활용 사례에 대한 검토가 선행되어야 한다.

참고문헌

<국문 자료>

- 강광규, 김종원. 2012. 「영흥화력 7, 8호기 증설 환경영향 및 경제성 분석」. 한국환경정책·평가연구원.
- 강만옥, 이상엽. 2013. 「자원·환경위기 시대에 대비한 에너지가격 개편 추진전략 연구(II)」. 한국환경정책·평가연구원.
- 곽소윤, 안소은, 배두현. 2013. 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 IV」. 한국환경정책·평가연구원.
- 김광임, 민동기, 정희성, 임현정, 김미숙. 1999. 「수질오염의 사회적 비용 계량화 연구 I - 한강수계를 중심으로」. 한국환경정책·평가연구원.
- 김광임, 여준호, 황석준. 2004. 「환경가치평가 포럼」. 한국환경정책·평가연구원 정책자료집.
- 김선희, 이승복, 윤양수, 곽승준, 엄영숙, 김용주, 조승국, 류문현. 2004. 「국토개발사업의 환경가치 평가기준 설정과 적용에 관한 연구 - 댐과 도로사업을 중심으로」. 국토연구원.
- 문난경. 2015. “국내 화력발전소 운영에 따른 대기질 영향”. 한국환경정책·평가연구원. 보도자료
- 신용승. 2015.11.16. “기후변화에 따른 건강영향 평가·적응 기술 및 정책지원 시스템 개발”. 「제2차 기후변화 - 건강영향 국제 심포지엄」. 서울대학교 호암교수회관 pp.123-147.
- 안소은, 김정아, 전동준, 권영한, 노백호. 2014. 「생태계서비스 측정체계 기반구축 I : 하천생태계를 중심으로」. 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은, 배두현, 이창훈. 2011. 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 III」. 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은, 배두현, 전철현, 윤정호. 2010. 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 II」. 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은, 윤정호, 배두현. 2009. 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 I」. 한국환경정책·평가연구원.

- 이진권, 임영아. 2007. 「환경자원의 가치평가체계 구축 I - 조건부가치평가법의 가상편의 검증 및 개선 방안」. 한국환경정책·평가연구원.
- 정해관 외. 2014. 「기후변화로 인한 건강피해 부담 및 사회경제적 영향평가 관련 연구」. 성균관대학교산학협력단.
- 최봉석, 박찬국. 2014. 「원자력발전의 경제적·사회적 비용을 고려한 적정 전원믹스 연구: 전원별 외부 비용 추정」. 에너지경제연구원.
- 추장민 외. 2014. 「한중 생태계서비스 지불제도 비교분석 및 협력 방안 연구」. 한국환경정책·평가연구원.
- 한국환경산업기술원. 2014. 「환경의 경제적 가치 평가를 통한 원단위 환경편익 산정(1)」. 서울과학기술대학교.
- 한화진, 2001. 「온실가스 저감조치의 환경적 편익분석사업: 부수적 환경편익」. 한국환경정책·평가연구원.
- 환경부. 2007. 「생물다양성의 사회·경제적 가치평가 기법의 도출 및 적용」.

<영문 자료>

- Augustin B. Wittich, A. Wittmer, H. Rode, J., Emerton, L. Kosmus, M. van Zyl, H. 2015. "Analysis of 19 Ecosystem Service Assessments for Different purposes. ValuES Project Report".
- Barbier E.B. 2009. "Ecosystems as Natural Assets". *Found Trends Microecon* 4: 611-681.
- Bateman IJ, Georgina M, Fezzi MC, Atkinson G, Turner K. "Economic Analysis for Ecosystem Service Assessments". *Environ Resource Econ* 2011, 48:177-218.
- Bickel P. and Friedrich, R. 2005. *ExternE: externalities of energy. Methodology 2005 update*. European Communities.
- Campbell, E.T., Brown, M.T. 2012. "Environmental Accounting of Natural Capital and Ecosystem Services for the US National Forest System. Environment". *Development and Sustainability*, 14: 691-724.

- Costanza R. et al. 1997. "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital". *Nature*, 387: 253-260.
- Daily, G. C. 1997. "Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems". Island Press, Washington D.C.
- de Groot, R.S. et al. 2010. "Challenges in Integrating the Concept of Ecosystem Services and Values in Landscape Planning, Management and Decision Making". *Ecological Complexity*. 7: 260-272.
- EPA 2009. "Valuing the Protection of Ecological Systems and Services: A Report of the EPA Science Advisory Board". Washington, DC: EPA-SAB-09-012 [May 2009] <http://www.epa.gov/sab>[2015, November 30].
- European Commission, 1995. "Externalities of Fuel Cycles". European Commission, DG XII, Science, Research and Development, JOULE, ExternE Externalities of Energy, Vol. 2, Methodology. European Commission, Luxembourg, EUR 16521.
- _____. 1999. "Externalities of Fuel Cycles". European Commission, DG XII, Science, Research and Development, JOULE, ExternE-Externalities of Energy, Vol. 10, National Implementation. European Commission, Luxembourg, EUR 18523.
- _____. 2003. "External Costs: Research Results on Socio-Environmental Damages due to Electricity and Transport". European Commission, Luxembourg, EUR 20198.
- Freeman A. M. 2003. *The Measurement of Environmental and Resource Values*. Washington, DC: RFF Press.
- Hanley N, Barbier EB. 2009. *Pricing Nature: Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Hargrove, C. 1992. "Weak Anthropocentric Intrinsic Value." *The Monist*. Vol. 75: 183-207
- Heal GM, Barbier EB, Boyle KJ, Covich AP, Gloss SP, Hershner CH, Hoen JP, Pringle CM, Polasky S, Segerson K: Shrader-Frechette, 2005. "Valuing Ecosystem Services: Towards Better Environmental Decision Making." Washington, DC: The National Academy Press.

- Holland, M., and P. Watkiss, 2002. "Benefits Table Database: Estimates of the Marginal External Costs of Air Pollution in Europe". European Commission DG Environment by netcen.
- Krewitt, W. 2002. "External Costs of Energy - Do the Answers Match the Questions? Looking Back at 10 Years of ExterneE". *Energy Policy*, 30: 839-848.
- MA. 2005. "Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis". Island Press, Washington, D.C.
- Mendelsohn R, Olmstead S. "The Economic Valuation of Environmental Amenities and Disamenities: Methods Andapplications". *Annu Rev Environ Resour* 2009 34: 325-347.
- NERC. 2009. "Valuation of Biodiversity: A NERC Scoping Study, Final Report". United Kingdom: Natural Environment Research Council, Swindon.
- Odum, H.T., 1996. "Environmental Accounting, Energy and Decision Making". John Wiley, New York
- Pope, C.A, et al. 1995. "Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of Us Adults". *American Journal of Respiration and Critical Care in Medicine* 151: 669-674.
- Rabl, A, and J.V. Spadaro, 1999. "Damages and Costs of Air Pollution: an Analysis of Uncertainties". *Environment International* 25(1): 29-46.
- TEEB. 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, Pushpam Kumar, Routledge, Abingdon and New York.
- Turner, R.K. 1999. "The Place of Economic Values in Environmental Valuation." In: Bateman, I.J., Willis, K.G. (Eds.), *Valuing Environmental References*. Oxford University Press, Oxford. pp.19-41.
- United Nations 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*

Van der Kamp, J., and T. M. Bachmann, 2015. “Health-Related External Cost Assessment in Europe: Methodological Developments from ExternE to the 2013 Clean Air Policy Package”. *Environmental Science & Technology* 49: 2929–2938.

<온라인 자료>

ExternE http://www.externe.info/externe_d7/.

Abstract

Mid-term Research Plans for the Environmental Valuation

This study contemplated the mid-term research plans on the environmental values by collecting expert's opinions from each field by holding the specialist forums and reviewing the existing research cases to respond to the increased interests in value estimation of the environmental goods and the increased needs for available unit information.

It was emphasized that the researches founded on various methodologies that reflect the characteristics by sector are more required than drawing up the environmental values lopsided to specific methodologies through three times of specialist forums. There were suggestions for reviewing the methodology of integrated research that connects the biophysical approach and economical approach, and opinions that it is necessary to separate the short-term and mid-term objectives by setting the priorities, given the political use in establishing the sector-based plans. Based on such implications, this study reviewed the current status, methodologies and literatures in the atmosphere sector of the living environment and the ecological system sector of the natural environment. The study concerned the measures to reduce uncertainty of the value estimation focusing on the methodology of the atmospheric sector, on which a research on integration of methodology was considered relatively actively progressed among the two sectors, and suggested applicability of the similar process to the other sector. It is required to identify the category of impacts of the target sector, quantify the physical impacts on the identified categories, apply the process that connects the monetary value on the physical impacts, and pay attention to reflecting the characteristics by sector. To that end, this study suggests reviewing on the research status, methodologies and literatures by sector on the water, land/soil/geology, noise/vibration and waste sectors as well as the above-mentioned atmospheric and ecosystem sectors.

Keywords : Environmental Valuation, Integrated Research Methodology

연구진 약력

곽소윤

고려대학교 경제학 박사

한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)

E-mail : sykwak@kei.re.kr

주요 논문 및 보고서

「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 IV」 (2013, 한국환경정책·평가연구원)

「2015 국민환경의식조사 연구」 (2015, 한국환경정책·평가연구원)

신정우

서울대학교 공학 박사(기술경제/기술경영)

한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)

E-mail : jwshin@kei.re.kr

주요 논문

Impact of Electric Vehicles on Existing Car Usage: A Mixed Multiple Discrete-Continuous Extreme Value Model Approach (2012, Transportation Research Part D: Transport and Environment)

Analyzing Public Preferences and Increasing Acceptability for the Renewable Portfolio Standard in Korea (2014, Energy Economics)

The Economic Value of South Korea's Renewable Energy Policies (RPS, RFS, and RHO): A Contingent Valuation Study (2015, Renewable & Sustainable Energy Reviews)

| KEI Working Paper 목록 | 2013~2015

- 2015년
- 2015-01 싱크홀 방지를 위한 환경영향평가 개선방안 연구(김윤승)
 - 2015-02 이슈스캐닝(Horizon Scanning)기법 활용을 통한 물환경관리 부문 이머징 이슈 발굴 연구(한혜진)
 - 2015-03 기후경제통합-지역평가모형(Regional Integrated Assessment Model of Climate and the Economy) 비교분석 및 국내 모형개발을 위한 기초연구(황인창)
 - 2015-04 기후변화로 인한 고온환경 근로자의 작업역량 저하 추정과 공간적 군집 파악 (김동현)
 - 2015-05 환경영향평가 설명회·공청회 운영현황 분석(조공장)
 - 2015-06 도로 및 철도 사업의 토양분야 환경영향평가 사례 연구(신경희)
 - 2015-07 빅데이터를 활용한 환경보건서비스에 관한 기초연구(간순영, 윤성지)
 - 2015-08 자원순환분야 지속가능발전목표(SDGs) 이행 기반 마련을 위한 기초연구(임혜숙)
 - 2015-09 내륙습지에 대한 환경영향평가 개선방안 연구 I - 환경부 전국내륙습지 조사 지침(2011)의 적용을 중심으로(방상원)
 - 2015-10 자원순환성 평가제도 대상 확대를 위한 기초연구(이소라)
 - 2015-11 환경소음 빅데이터의 정책 활용성 제고 방안(박영민)
 - 2015-12 인과지도(Causal Loop)를 활용, 미래 물수급관리 정책 지원을 위한 기초연구 (류재나)
 - 2015-13 생물안전 법제 기초연구(홍현정)
 - 2015-14 지방자치단체 환경영향평가 조례 운영현황 및 효율화 방안(선효성)
 - 2015-15 개발사업의 비점오염 영향평가방법 개발을 위한 기초연구(이진희)
 - 2015-16 환경영향평가제도에서의 생태계보전협력금 활용 개선방안(이상범)
 - 2015-17 환경가치 증장기 연구수요 조사(곽소윤)
 - 2015-18 세종특별자치시의 대기질 관리 기획 연구(심창섭)
 - 2015-19 2015 국민환경의식조사 연구(곽소윤)
- 2014년
- 2014-01 국내 지하수의 자원·환경적 가치 확립을 위한 기초연구(현윤정)
 - 2014-02 층간소음의 건강영향에 대한 기초연구(박영민)
 - 2014-03 소음원 종류에 따른 3차원 소음예측모델 적용방안 마련(선효성)
 - 2014-04 개발사업 입지 및 계획기준의 조사·분석에 관한 연구(주용준)
 - 2014-05 기후변화 취약 근로 직종 파악을 위한 기초 연구(김동현)
 - 2014-06 불확실성을 고려한 수질오염총량관리 안전율 산정 기초연구(정선희)
 - 2014-07 기후변화 적응을 위한 공간계획 수립 시 도시/환경/방재분야 공간정보 연계·활용방안 연구(김태현)
 - 2014-08 기후변화를 반영한 내수침수 리스크 평가 방법론 고찰(류재나)
 - 2014-09 SEA 사후관리를 위한 해외 사례연구(조한나)

- 2014-10 농어촌 관련 정책 및 계획에서의 기후변화 적응 고려 방안(임영신)
- 2014-11 소음·진동 사후관리를 위한 기초연구(선효성)
- 2014-12 2014 국민환경의식조사 연구(이미숙)

- 2013년**
- 2013-01 토양자원 유실 최소화를 위한 국내외 환경영향평가 사례 연구(신경희)
 - 2013-02 PM-2.5 환경영향평가 방안 연구(이영수)
 - 2013-03 지자체 적응대책 수립지원을 위한 기후변화 시나리오 자료 활용 방안(정휘철)
 - 2013-04 기후변화에 따른 도심지역 지질재해 리스크 체계 마련(이명진)
 - 2013-05 비전통가스 개발의 환경영향평가 가이드라인 마련을 위한 기초연구(조한나)
 - 2013-06 모니터링을 통한 친환경 계획기법의 적절성 검증 기초연구 - 도시공간에서의 stepping stone을 중심으로(최희선)
 - 2013-07 국가와 지자체의 기후변화 적응대책 실효성 제고를 위한 연계강화 방안(임영신)
 - 2013-08 KEI 환경정보체계 발전방안(전성우)
 - 2013-09 도시하천 유역의 환경평가 방법 마련을 위한 기초 연구(홍헌정)
 - 2013-10 제조업 환경비용의 국제비교(조일현)
 - 2013-11 바이오가스의 신재생연료 의무혼합제도에 관한 해외사례 분석(조지혜)
 - 2013-12 자연경관심의제도의 현황분석 및 제도 개선방안(주용준)
 - 2013-13 층간소음 관리를 위한 기초연구(박영민)
 - 2013-14 지속가능성 관점에서의 산업구조 변화 분석(이미숙)
 - 2013-15 KEI 중국환경 중장기 연구계획 수립을 위한 기획연구(추장민)
 - 2013-16 기후변화 적응관련 취약계층 지원대책 현황조사 및 분석 연구(신지영)
 - 2013-17 한국 ODA사업의 환경평가 모니터링 현황과 해외사례 비교 연구 - 사업 종료 후 모니터링 사례를 중심으로(김태형)
 - 2013-18 국내 전략환경평가의 사회·경제성 부문 기능 확립을 위한 기초연구(이상윤)
 - 2013-19 환경영향평가시의 시설별 유해대기오염물질 배출량 산정을 위한 기초연구 (주현수)
 - 2013-20 지형장애물 분석을 통한 환경현황자료 작성방안(김지영)
 - 2013-21 상수원보호구역 상·하류의 수변지역 관리방안 연구 - 잠실상수원 보호구역과 팔당상수원 보호구역 구간 중심으로(김태윤)
 - 2013-22 2013 국민환경의식조사 연구(이미숙)

※ KEI 설립 이후 현재까지의 보고서 원문은 KEI 홈페이지(www.kei.re.kr)에서 보실 수 있습니다.

KEI Working Paper 2015-17

환경가치 증장기 연구 수요 조사



한국환경정책·평가연구원

Korea Environment Institute

30147 세종특별자치시 시청대로 370

세종국책연구단지 B동(과학·인프라동)

Tel 044.415.7777 Fax 044.415.7799

<http://www.kei.re.kr>



ISBN 978-89-8464-957-6