

환경 · 경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구

환경 · 경제 통합분석 시스템 구축

환경가치연구단



© 2017 한국환경정책·평가연구원

발행인	조 명 래
발행처	한국환경정책·평가연구원 (30147) 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 과학·인프라동 전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799 http://www.kei.re.kr
인 쇄	2017년 12월 26일
발 행	2017년 12월 31일
등 록	제 2015-000009호(1998년 1월 30일)
ISBN	979-11-5980-172-3 94530 979-11-5980-209-6 (세트)

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처를 표시해 주십시오.
안소은 외(2017), 「환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구: 환경·경제 통합분석 시스템 구축」, 한국환경정책·평가연구원.

값 7,000원

■ 연구진: 환경가치연구단

연구진	소속	역할	참여 부문
안소은	KEI 환경전략연구실 연구위원	총괄 책임자	연구 총괄
김현노	KEI 물환경연구실 부연구위원	부문 책임	생태계 가치추정
김충기	KEI 국토자연연구실 부연구위원	부문 책임	생태계 모델링
서양원	KEI 환경보건연구실 부연구위원	부문 책임	화학물질 건강영향
배현주	KEI 환경보건연구실 연구위원	부문 책임	대기오염 건강영향
곽소윤	KEI 환경전략연구실 부연구위원	부문 책임	건강영향 단위가치 추정
윤태경	KEI 환경전략연구실 초빙연구원	연구 참여	국민환경의식조사
김진옥	KEI 환경전략연구실 초빙연구원	연구 참여	건강영향 경제성분석
이홍림	KEI 환경전략연구실 위촉연구원	연구 참여	환경가치 DB(EVIS)
조윤량	KEI 환경전략연구실 위촉연구원	연구 참여	빅데이터 분석
박윤선	KEI 국토자연연구실 위촉연구원	연구 참여	생태계 모델링
지선우	KEI 물환경연구실 위촉연구원	연구 참여	수질/수량 가치추정
박주영	KEI 환경보건연구실 위촉연구원	연구 참여	대기오염 건강영향
신정우	경희대학교 산업경영공학과 교수	외부 참여	소음 건강영향
강완모	서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원	외부 참여	생태계 모델링
신영철	대진대학교 글로벌경제학과 교수	외부 참여	천식 질병비용 분석
이창훈	KEI 환경전략연구실 선임연구위원	연구 자문	환경·경제 통합분석
문난경	KEI 환경평가모니터링센터 선임연구위원	연구 자문	대기질 모델링
전호철	KEI 기후융합연구실 부연구위원	연구 자문	환경가치추정
정다운	KEI 환경보건연구실 부연구위원	연구 자문	화학물질 건강영향
하종식	KEI 공공인프라평가실 연구위원	연구 자문	대기오염 건강영향
강형식	KEI 물환경연구실 연구위원	연구 자문	물 환경
이승준	KEI 기후융합연구실 연구위원	연구 자문	생태계 모델링

■ 연구자문위원 (가나다 순)

- 김경석 (환경부 기후미래전략과 서기관)
- 김종률 (환경부 대기환경정책관)
- 김중호 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)
- 박정규 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)
- 엄영숙 (전북대학교 경제학과 교수)
- 이영준 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)

서 언

대부분의 환경자산·서비스는 시장에서 거래되지 않기 때문에 객관적인 화폐가치 측정이 어렵습니다. 따라서 화폐가치를 통해 정책·사업의 비용과 편익을 평가하는 오늘날의 의사결정 틀에서는 환경영향을 과소평가하는 우를 범하기 쉽습니다. 이러한 배경 아래 KEI는 ‘환경서비스의 화폐화 가치’에 대한 기초정보를 제공하고자 환경가치 DB를 구축하여 2011년 이후 운영해오고 있습니다.

본 연구는 KEI에서 운영 중인 환경가치 DB를 기반으로 물리적 환경영향에 대한 정보를 연계하여 영향경로분석(impact pathway analysis)에 근거한 환경·경제 통합분석 시스템 구축을 목적으로 기획되었습니다. 생태계, 대기, 물, 화학물질, 건강, 환경가치추정 등 다양한 분야의 전문가들이 팀을 이루고, 생·물리학적 방법론과 경제학적 방법론을 결합한 융합 접근법을 취해 환경가치 연구를 정책·사업평가를 위한 통합분석 시스템으로 확장하고자 합니다. 향후 환경·경제 통합분석 시스템은 국가정책 및 대규모 사업의 사전·사후 평가에 있어 과학적 사실에 기반을 둔 의사결정을 지원할 수 있을 것이라 기대합니다.

끝으로 본 연구의 총괄을 맡은 안소은 박사, 부문 책임자로 수고해 주신 김현노, 김충기, 서양원, 배현주, 곽소윤 박사, 연구에 참여하여 도움을 준 윤태경, 김진옥 박사, 이홍림, 조윤량, 지선우, 박윤선, 박주영 연구원, 이창훈 박사를 포함한 내부 연구자문단, 외부 참여자로 수고해 주신 신영철, 신정우 교수, 강완모 박사께 고마운 마음을 전합니다. 또한 연구의 각 과정에서 전문적인 의견으로 도움을 주신 KEI 이영준, 박정규, 김종호 박사, 환경부 김종률 대기환경정책관, 김경석 서기관, 엄영숙 교수 등 자문위원께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

2017년 12월

한국환경정책·평가연구원

원 장 조 명 래

환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구

1권	환경·경제 통합분석 시스템 구축
2권	부문별 영향평가 및 가치추정
별책부록	2017 국민환경의식조사

■ 일러두기

자료출처가 명시되지 않은 표, 그림은 본 연구의 결과임을 밝혀드립니다.

국문요약

인간활동이 환경에 미치는 영향을 포괄적으로 평가하기 위해서는, 환경정책·개발사업으로 인한 영향과 그 범위를 구체적으로 확인하는 작업과, 확인된 영향의 정량화 작업이 선행되어야 한다. 여기서 정량화는 환경영향의 물리적 크기 또는 정도의 측정을 의미하며, 관련 서비스·편익의 화폐화는 합리적 수준에서 가치추정이 가능한 범위에 한정하여 진행하는 것이 바람직하다. 환경정책·개발사업-물리적 환경영향-환경서비스·편익-환경가치 변화로 이어지는 일련의 과정을 고려할 때, 물리적 환경영향의 분석과 환경편익·비용을 고려한 경제성분석은 큰 틀에서 동시에 맞물려 수행되어야 정책·사업 평가의 완성도를 높이고 합리적인 의사결정을 위한 종합적인 정보를 제공할 수 있다.

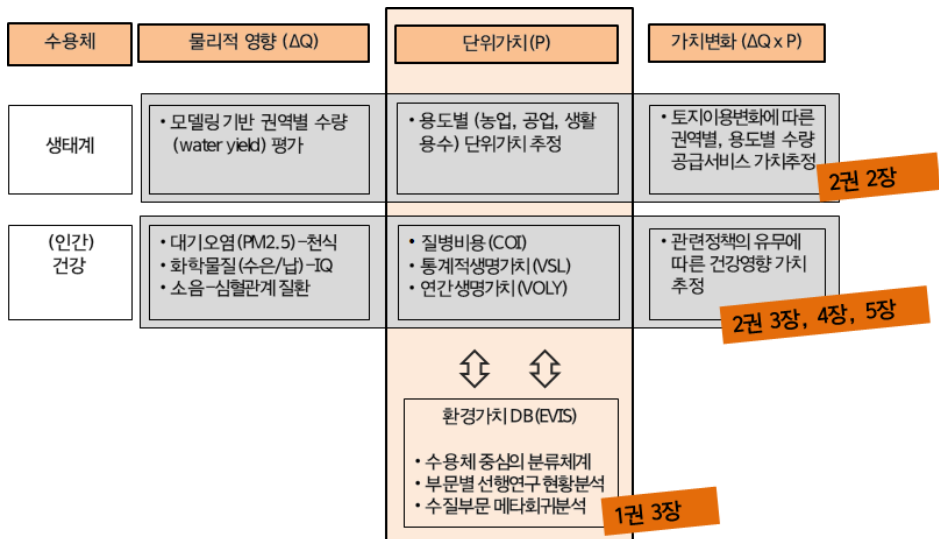
이러한 배경 아래 한국환경정책·평가연구원(KEI)은 환경서비스·편익의 ‘화폐화 가치’에 대한 기초정보를 제공하고자 국내 환경가치 선행연구의 주요 결과를 요약하고, 환경서비스 항목의 단위가치(원단위) 정보를 온라인 DB화하는 사업을 수행한 바 있다(안소는 외, 2011). 본 연구는 KEI 환경가치 DB(EVIS: Environmental Valuation Information System)¹⁾ 사업의 연장선상에서 기획되었다. 현재 운영 중인 환경가치 DB(EVIS)가 위에서 언급한 경로분석(정책·사업-물리적 환경영향-환경서비스·편익-환경가치)의 마지막 단계인 환경가치 정보의 체계화에 국한되어 있었다면, 본 연구는 환경가치 DB(EVIS)의 단위가치로부터 출발하여 항목별 단위가치를 보완 및 직접 추정하고, 단위가치를 물리적 환경영향에 대한 정보와 연계하여 경로분석에 근거한 환경·경제 통합분석 시스템 구축 및 의사결정 지원을 목적으로 한다. 본 연구의 세부목표로는 1) 웹기반 환경가치 DB(EVIS) 개선 및 단위가치 분석, 2) 오염원별 단위피해비용, 생태계서비스 단위가치 생성을 위한 직접연구, 3) 부문별 물리적 환경영향 정량화 및 관련정보 체계화, 4) 경로분석 사례연구에 근거한 부문별 분석 템플릿 설계, 5) 환경가치 DB(EVIS)와 경로분석 템플릿을 연계한 통합분석 시스템 구축 등을 포함한다.

1) 환경가치종합정보시스템(EVIS), <http://evis.kei.re.kr>.

본 연구는 방대한 연구범위로 인하여 계속사업으로 기획되었으며, 3년 단위로 연구범위를 설정하고, 부문별 연차계획을 수립하여 진행한다. 1단계(2016~2018) 사업의 주요 목표는 환경영향 정량화와 단위가치 연계를 위한 시스템 기반 구축이다. 이를 위해 부문별 통합분석 사례연구를 진행하며, 경로분석과 가치추정의 연계 가능성을 타진한다. 2단계(2019~2021)는 환경·경제 통합분석 사례연구의 경험을 바탕으로 시스템 개선과 관련 정보의 축적을 도모한다. 3단계(2022~2024)는 통합분석 시스템을 고도화하고 정책평가의 활용도 제고를 목적으로 한다.

2017년도는 1단계 사업(2016~2018)의 2차 연도에 해당하며, 연구내용은 크게 총괄, 생태계 평가 및 가치추정, 건강영향 평가 및 가치추정, 국민환경의식조사 4부문으로 구분된다. 먼저 총괄부문의 주요 목표는 환경가치 DB(EVIS) 개선 작업이다. 이는 기존의 환경자산/서비스 분류체계로부터 수용체(건강, 생태계, 유·무형자산) 중심의 분류체계로의 수정, 수정된 분류체계를 적용한 단위가치 요약 및 비교분석, 메타회귀분석을 통한 수질부문의 단위가치 추정을 포함한다. 생태계부문은 수량(water yield) 공급 서비스를 대상으로 통합분석 사례연구를 진행한다. 수량은 생태계 유형별로, 단위가치는 용도별(농업, 공업, 생활용수)로 추정하고, 토지이용변화에 따른 권역별, 용도별 수량공급 서비스의 가치변화를 도출한다. 건강부문은 3부문으로 구분하는데, 즉 대기오염(PM2.5)-건강영향(천식)-단위가치(COI), 화학물질(수은·납)-건강영향(IQ점수, DALY)-단위가치, 소음-건강영향(심혈관계 질환)으로 세분화하여 진행한다. 건강부문의 가치변화는 특정 정책의 유무 또는 규제의 달성 여부를 중심으로 도출한다. 본 연구는 2권의 보고서로 구성된다. 1권은 총괄부문의 주요 결과, 즉 환경가치 DB(EVIS) 및 통합분석 시스템 구축과 관련된 내용으로 구성하였으며, 2권은 생태계부문과 건강부문의 경로분석 사례연구를 중심으로 구성하였다(그림 참조).

보고서 1권의 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 2장은 ‘영향경로분석법’과 ‘효용기반 환경가치추정’을 중심으로 설계한 경로분석 템플릿이 환경·경제 통합분석 시스템 구축의 출발점임을 설명하고 있다. 또한 부문별 사례연구 결과를 바탕으로 가능한 부문의 개념적·방법론적 템플릿을 구체화하여 제시하였다. 생태계부문의 기후조절(탄소흡수·저장기능), 물(담수) 공급, 수질정화를 대상으로 템플릿을 제시하였고, 건강부문의 경우 미세먼지(PM2.5, PM10)와 수은에 대한 건강영향 경로분석 템플릿을 예시로 제시하였다.



〈그림〉 2017년도 주요 연구내용 및 보고서 구성

3장은 환경가치 DB(EVIS)의 주요 개선 내용을 정리한다. 2011년도에 오픈한 환경가치 DB(EVIS)는 국내 환경가치 선행연구의 주요 내용을 정리한 메타정보 DB이며, 비용편익분석, 규제영향분석, 환경영향평가 등의 정책분석 지원을 목표로 구축되었다. 기존의 환경가치 DB(EVIS) 분류체계는 크게 생활환경과 자연환경으로 구분된다. 생활환경분야는 환경영향평가와의 연계를 고려하여 매체(대기, 물, 토양 등)별로, 자연환경은 개별 생태계와 생태계서비스 분류체계를 병행하여 활용하고 있다. 본 연구는 기존 매체 중심의 분류체계를 수용체 중심으로 개편함으로써 최근 환경정책 기조 변화를 반영하고자 하였다. 또한 개편안은 경로분석 및 효용기반 통합분석 틀을 지원할 수 있도록 세부항목을 구성하였다.

수용체 중심의 분류체계(안)는 크게 생태계, 건강, 유·무형자산으로 구분된다. 생태계부문의 분류체계(안)는 생태계 유형과 생태계서비스·편익의 2가지 분류기준을 병행하도록 구성하였다는 측면에서 기존 분류체계와 유사하다고 볼 수 있으나, 세부항목은 MA(2005), TEEB(2013), IPBES(2017)와 호환이 가능하도록, 국내 선행연구에서 다룬 가치추정 대상의 특성을 반영할 수 있도록 재정의, 재배치하였다. 건강부문의 경우 환경보건지표 항목을 참고하여 분류하였고, 유·무형자산의 경우 원료·물질, 시설·인프라 등의 유형자산과 문화유

산과 같은 무형자산을 포괄할 수 있도록 설계하였다. 또한 수용체별 분류와 별도로 정책 및 규제평가 관련 연구를 독립적인 유형으로 구분하였다.

이와 같은 분류체계를 바탕으로 DB 내 선행연구 정보를 재정리하였으며, 유형별 보유 선행연구 수와 가치추정치 수를 제시하여 어떤 부문의 연구가 활발하고, 어떤 부문의 연구가 상대적으로 미흡한지 파악할 수 있도록 하였다. 나아가 부문별, 세부항목별로 동일한 측정단위를 묶고 유사한 측정단위를 합리적인 수준에서 전환함으로써 다수의 이질적인 가치추정치를 표준화하여 유형별 단위가치 요약통계량을 제시하였다. 또한 환경가치 DB(EVIS) 정보를 활용한 메타회귀분석을 수행하였다. 환경가치 DB(EVIS)에 수록된 정보를 기반으로 2010년 이후 진행된 선행연구를 추가하고 수질부문 메타회귀분석을 수행하였으며, 수질개선 수준에 따른 유역별 지불의사액(WTP)을 추정하였다.

2018년도는 지난 2년간의 연구내용을 종합·평가하고 그 결과를 반영하여 2단계 사업계획을 정비한다는 차원에서 중요하며, 환경가치 DB(EVIS)를 재오픈한다는 점에서 의미가 있다. 2018년 연구도 총 4부문, 즉 총괄, 생태계 평가 및 가치추정, 건강영향 평가 및 가치추정, 국민환경의식조사로 구분하여 진행한다. 총괄은 환경가치 DB(EVIS)의 부문별 단위가치 요약과 메타회귀분석 확대·적용을 지속적으로 추진하는 동시에 환경가치 정보의 접근성과 활용성을 제고하기 위한 기능적 측면을 개선한다. 또한 부문별 개념적·방법론적 템플릿을 중심으로 진행한 통합분석 틀을 실질적인 정책평가에 활용 가능한 계산식 템플릿으로 전환하고 시범적용할 계획이다.

주제어 : 환경·경제 통합분석, 영향경로분석, 환경가치 DB(EVIS), 수용체 중심 분류체계, 수질 메타회귀분석

| 차례 |

제1장 서론	1
1. 연구배경 및 목적	1
2. 연구내용 및 범위	3
3. 보고서 구성	6
제2장 환경·경제 통합분석 시스템 기반 구축	7
1. 경로분석 및 효용기반 통합분석 틀	7
2. 통합분석 시스템 구축을 위한 부문별 경로분석 템플릿 설계	10
가. 생태계부문	11
나. 건강부문	18
3. 경로분석 템플릿 설계 개선방향	22
제3장 환경가치 DB 현황 및 개선	23
1. DB 개요 및 분류체계 수정	23
2. 부문별 환경가치 연구현황 및 단위가치 요약	32
가. 생태계부문	32
나. 건강부문	45
다. 유·무형자산	47
라. 정책 및 규제평가	47
3. 부문별 단위가치 추정: 수질부문 메타회귀분석	48
가. 메타회귀분석 개요	48
나. 모델설정	49
다. 데이터	51
라. 추정결과	54

마. 편익추정	56
바. 시사점	58
4. 환경가치 DB 개선방향	59
 제4장 향후계획	60
 참고문헌	63
 Abstract	67

| 표차례 |

〈표 2-1〉 생태계 기후조절 서비스 경로분석 템플릿 설계: 탄소흡수·저장	13
〈표 2-2〉 생태계 물(담수) 공급서비스 경로분석 템플릿 설계	15
〈표 2-3〉 수질정화에 따른 생태계서비스 경로분석 템플릿 설계	17
〈표 2-4〉 건강영향 경로분석 템플릿 설계	19
〈표 2-5〉 대기오염물질 건강영향 경로분석 템플릿 설계: 미세먼지	20
〈표 2-6〉 화학물질 건강영향 경로분석 템플릿 설계: 수은	21
〈표 3-1〉 환경가치 DB(EVIS) 기존 분류체계와 수정된 분류체계(안)의 비교	24
〈표 3-2〉 IPBES, APR, 환경가치 DB(EVIS) 생태계 유형 분류체계 비교	28
〈표 3-3〉 MA(2005), TEEB(2013), IPBES(2017) 생태계서비스 분류체계 비교	29
〈표 3-4〉 EVIS 생태계서비스·편익 분류체계(안)	30
〈표 3-5〉 환경가치 DB(EVIS) 생태계부문 선행연구 현황	33
〈표 3-6〉 생태계 유형별, 생태계서비스·편익별 선행연구 수(중복연구 포함)	34
〈표 3-7〉 생태계 유형별, 생태계서비스·편익별 가치추정치 수(중복연구 포함)	34
〈표 3-8〉 생태계부문 측정단위 표준화 내용	35
〈표 3-9〉 산림의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	36
〈표 3-10〉 초지의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	37
〈표 3-11〉 습지의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	38
〈표 3-12〉 도시생태계의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	39
〈표 3-13〉 경작지의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	40
〈표 3-14〉 담수(육수)의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	41
〈표 3-15〉 해양의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	42
〈표 3-16〉 해안의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량	42
〈표 3-17〉 생태계 유형별, 생태계서비스·편익 유형별 주요 단위가치 요약통계량(중위값)	44
〈표 3-18〉 환경가치 DB(EVIS) 건강부문 선행연구 현황	45

〈표 3-19〉 대기 오염물질별 단위가치	46
〈표 3-20〉 환경가치 DB(EVIS) 유·무형자산부문 선행연구 현황	47
〈표 3-21〉 환경가치 DB(EVIS) 정책 및 규제평가부문 선행연구 현황	47
〈표 3-22〉 패널데이터 검정결과	49
〈표 3-23〉 수질의 경제적 가치추정 선행연구 요약	52
〈표 3-24〉 수질부문 메타회귀분석에 사용된 변수요약 및 기초통계량	53
〈표 3-25〉 수질부문 메타회귀분석 추정결과	55
〈표 3-26〉 수질부문 메타회귀분석 모형 유효성 검정	56
〈표 3-27〉 수질개선 한계지불의사액(MWTP) 추정결과	57
〈표 3-28〉 한계지불의사액(MWTP)에 근거한 권역별 연간 수질개선 편익추정 결과	58

| 그림차례 |

〈그림 1-1〉 환경·경제 통합분석 시스템 구축의 주요 내용	3
〈그림 1-2〉 단계별, 부문별, 연차별 연구내용	4
〈그림 1-3〉 2017년도 주요 연구내용 및 보고서 구성	6
〈그림 2-1〉 인간활동-환경 질-환경영향-수용체 영향경로	8
〈그림 2-2〉 수용체 중심의 역방향 경로분석과 가치추정의 연계	8
〈그림 3-1〉 환경가치 DB(EVIS) 발표연도 및 분류체계별 선행연구 분포	31
〈그림 4-1〉 1단계 사업의 부문별 연차별 연구내용	60

제1장

서론

1. 연구배경 및 목적

인간활동이 환경에 미치는 영향을 포괄적으로 평가하기 위해서는, 환경정책·개발사업으로 인한 영향과 그 범위를 구체적으로 확인하는 작업과, 확인된 영향의 정량화 작업이 선행되어야 한다. 여기서 정량화는 환경영향의 물리적 크기 또는 정도의 측정을 의미하며, 관련 서비스·편익의 화폐화는 합리적 수준에서 가치추정이 가능한 범위에 한정하여 진행하는 것이 바람직하다. 환경정책·개발사업-물리적 환경영향-환경서비스·편익-환경가치 변화로 이어지는 일련의 과정을 고려할 때, 물리적 환경영향의 분석과 환경편익·비용을 고려한 경제성분석은 큰 틀에서 동시에 맞물려 수행되어야 정책·사업 평가의 완성도를 높일 수 있으며 합리적인 의사결정을 위한 종합적인 정보를 제공할 수 있다.

문제는 환경영향의 정량화도 화폐화도 쉽지 않다는 점이다. 환경은 문제의 복잡성으로 인해 영향경로의 과학적 규명이 쉽지 않고, 대부분의 환경서비스는 시장에서 거래되지 않기 때문에 객관적인 화폐가치 측정이 어렵다. 또한 환경이 제공하는 다양한 기능이 어떠한 과정을 거쳐 환경서비스·편익으로 즉, 인간에게 실질적인 혜택으로 인지되는지 그 연결고리도 명확하지 않다. 한편 물리적 환경영향의 측정과 환경서비스 단위가치에 대한 정보가 존재한다 할지라도, 가용한 정보가 체계적으로 정리되어 있지 않은 것이 현실이다. 이는 측정 상의 한계와는 별도로 정보 접근성 차원의 문제가 있다는 의미이기도 하다. 또한 환경정책·사업의 타당성 평가수단으로 광범위하게 활용되고 있는 비용편익분석 틀에서는 화폐로 측정되지 않는 항목은 그 중요성과 상관없이 분석에 반영되지 못하고 ‘가치가 없는’ 것으로 취급되어 온 경향이 있다.

앞서 열거한 환경영향 측정의 어려움, 환경서비스 화폐화의 한계, 관련정보의 접근성 문제, 비용편익분석에 치우친 의사결정 등은 합리적인 의사결정에 장애요인으로 작용해 왔으며, 결과적으로 지속적인 환경의 저평가 및 질 저하를 초래해 왔다는 것이 통상적인 문제의식이다.

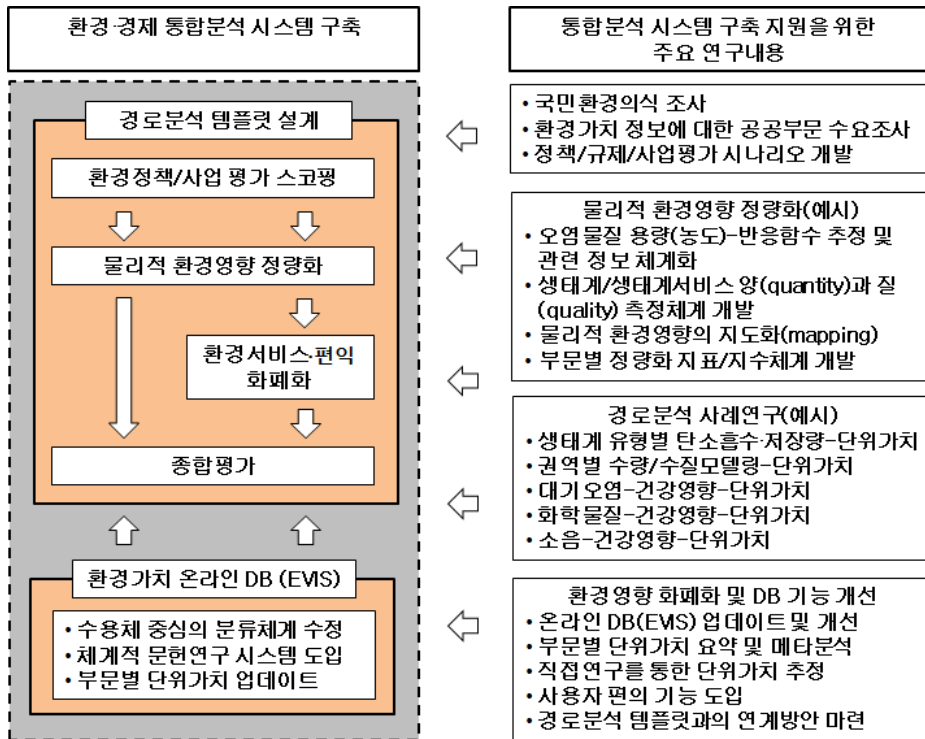
이러한 배경 아래 한국환경정책·평가연구원(KEI)은 환경서비스·편익의 ‘화폐화 가치’에 대한 기초정보를 제공하고자 국내 환경가치 선행연구의 주요 결과를 요약하고, 환경서비스 항목의 단위가치(원단위) 정보를 온라인 DB화하는 연구(안소은 외, 2011)를 수행한 바 있으며,²⁾ DB화 된 환경가치 정보를 활용하여 가치이전(value transfer) 적용절차와 사례분석(곽소운 외, 2013)을 제시한 바 있다.

본 연구는 KEI 환경가치 DB(EVIS: Environmental Valuation Information System) 구축과 활용의 연장선상에 있다. 환경가치 DB(EVIS)의 단위가치로부터 출발하여 현재 DB에서 제공하고 있지 않거나 제공하더라도 대표성이 낮다고 판단되는 부문의 환경가치를 보완 및 직접 추정하고, 환경가치 정보를 물리적 환경영향에 대한 정보와 연계하여 경로분석에 근거한 환경·경제 통합분석 시스템 구축 및 의사결정 지원을 목적으로 한다. 즉, 앞서 언급한 KEI의 환경가치 DB(EVIS) 선행연구가 경로분석의 마지막 단계인 환경가치 정보의 체계화에 국한되어 있었다면, 본 연구는 물리적 환경영향 정보를 종합하고 경로분석 사례연구를 병행함으로써, 환경가치 DB(EVIS)를 환경·경제 통합분석 시스템으로 확장·발전시키는데 초점이 있다. 본 연구의 세부목표를 제시하면 다음과 같다.

- 웹기반 국내 환경가치 DB(EVIS) 개선 및 단위가치 분석
- 오염원별 단위피해비용, 생태계서비스 단위가치 생성을 위한 직접연구
- 부문별 물리적 환경영향 정량화 및 관련정보 체계화
- 경로분석 사례연구에 근거한 부문별 분석 템플릿 설계
- 환경가치 DB(EVIS)와 경로분석 템플릿을 연계한 통합분석 시스템 구축
- 설문을 통한 국민환경의식조사 및 환경가치 정보에 대한 수요조사

2) 환경가치종합정보시스템(EVIS), <http://evis.kei.re.kr>.

2. 연구내용 및 범위



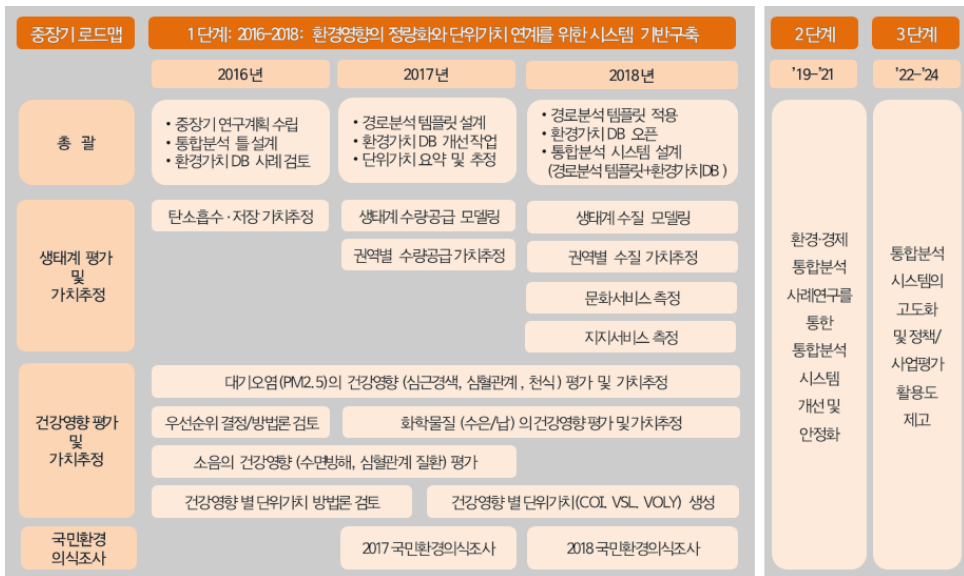
자료: 저자 작성.

〈그림 1-1〉 환경·경제 통합분석 시스템 구축의 주요 내용

본 연구의 주요 내용 및 추진체계는 〈그림 1-1〉과 같으며, 왼쪽 패널은 통합분석 시스템 구축을, 오른쪽 패널은 시스템 지원을 위한 주요 연구내용을 요약하고 있다. 환경·경제 통합분석 시스템 구축은 부문별 경로분석 사례연구 결과에 기반을 둔 분석 템플릿 설계와 독립적으로 운영되던 환경가치 DB(EVIS)가 통합분석을 지원할 수 있도록 개선하는 작업으로 구분된다. 경로분석 템플릿 설계는 환경정책·개발사업 평가절차에 기반하고 있으며 영향범위 설정을 위한 스코핑, 물리적 환경영향 정량화, 화폐화를 거쳐 종합평가로 마무리된다. 무리한 화폐화는 지양하며 합리적 수준에서 가능한 항목에 한정하여 진행한다. 따라서 현재 화폐화가 어려운 항목은 화폐화 과정을 거치지 않고 종합평가로 직접 연결하는 것으로 설계

한다. 이는 속성상 화폐화가 어려운 항목을 스코핑 단계에서 확인 및 분류하고, 중요성을 측정할 수 있는 다양한 방법론을 개발함으로써, 그 결과를 종합평가에 반영하고자 함을 의미하기도 한다.

본 연구는 방대한 연구범위로 인하여 계속사업으로 기획되었으며, 3년 단위로 연구범위를 설정하고, 부문별 연차계획을 수립하여 진행한다(그림 1-2 참조). 1단계(2016~2018) 사업 종료 후 평가를 실시하고, 평가결과를 반영하여 2단계 사업계획을 수정·보완하여 추진한다. 1단계(2016~2018) 사업의 주요 목표는 환경영향 정량화와 단위가치 연계를 위한 시스템 기반 구축이다. 이를 위해 부문별 통합분석 사례연구를 진행하며, 경로분석과 가치추정의 연계 가능성을 타진한다. 2단계(2019~2021)는 환경·경제 통합분석 사례연구의 경험을 바탕으로 시스템 개선과 관련 정보의 축적을 도모한다. 3단계(2022~2024)는 통합분석 시스템을 고도화하고 정책평가의 활용도를 제고한다.



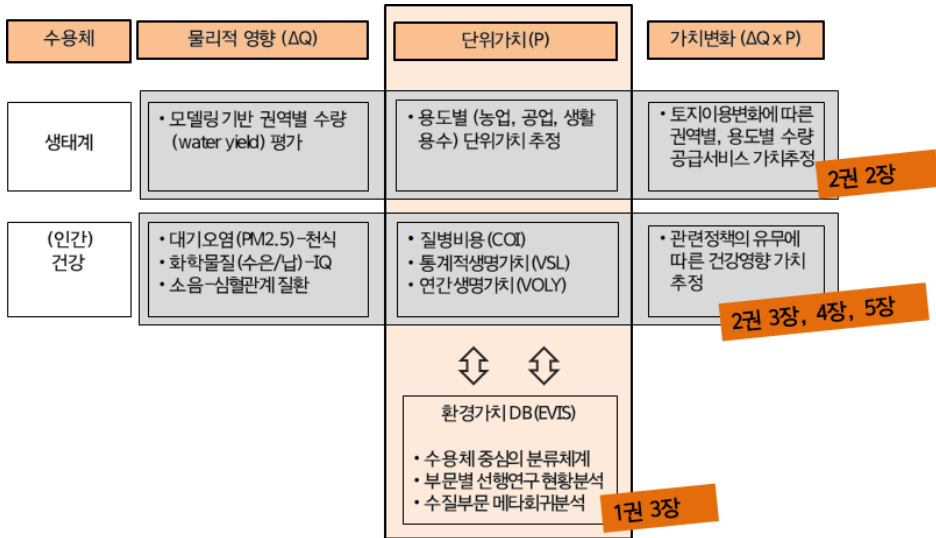
자료: 저자 작성.

〈그림 1-2〉 단계별, 부문별, 연차별 연구내용

1단계 사업(2016~2018)은 총괄, 생태계 평가 및 가치추정, 건강영향 평가 및 가치추정, 국민환경의식조사 4부분으로 구분된다. 총괄은 부문별 사례연구 결과를 기반으로 한 경로 분석 템플릿 설계와 환경가치 DB(EVIS) 개선을 담당한다. 2016년은 환경·경제 통합분석을 위한 개념적, 방법론적 틀을 구축하고 부문별(물, 대기, 소음, 화학물질, 생태계, 건강) 연구 현황을 검토하였으며, 이를 기반으로 중장기 부문별 연구 로드맵을 작성하였다.

2017년도는 1단계 사업(2016~2018)의 2차 연도에 해당하며 부문별 연구내용은 <그림 1-3>과 같다. 먼저 총괄부문의 주요 목표는 환경가치 DB(EVIS) 개선 작업이다. 이는 기존의 환경자산/서비스 분류체계로부터 수용체(건강, 생태계, 유·무형자산) 중심의 분류체계로의 수정, 수정된 분류체계를 적용한 단위가치 요약 및 비교분석, 메타회귀분석을 통한 수질 부문의 단위가치 추정을 포함한다. 생태계부문은 수량(water yield) 공급 서비스를 대상으로 환경·경제 통합분석 사례연구를 진행한다. 수량은 생태계 유형별로, 단위가치는 용도별(농업, 공업, 생활용수)로 추정하고, 토지이용변화에 따른 권역별, 용도별 수량공급 서비스의 가치변화를 도출한다. 건강부문은 다시 3부분으로 구분하여, 대기오염(PM2.5)-건강영향(천식)-단위가치(COI), 화학물질(수은·납)-건강영향(IQ점수, DALY)-단위가치, 소음-건강영향(심혈관계 질환)으로 세분화하여 진행한다. 건강부문의 가치변화는 특정 정책의 유무 또는 규제의 달성 여부 등을 중심으로 도출한다.

국민환경의식조사는 2017년도부터 본 연구로 편입되었기 때문에 2017년도는 기존의 설문조사 틀을 유지하여 과거 5년간(2012~2016) 진행된 설문조사와의 일관성을 담보하고자 한다. 2018년도에는 6년간 축적된 정보를 기반으로 경향분석을 포함한 다양한 분석을 실시하는 한편, 환경에 대한 국민의식은 물론 환경가치에 대한 수요를 파악할 수 있도록 설문조사 문항을 일부 수정할 예정이다.



자료: 저자 작성.

〈그림 1-3〉 2017년도 주요 연구내용 및 보고서 구성

3. 보고서 구성

본 연구는 2권의 보고서로 구성된다. 1권은 총괄부문의 주요 결과, 즉 환경가치 DB(EVIS) 및 통합분석 시스템 구축과 관련된 내용으로 구성하였다. 앞서 언급한 바와 같이 환경가치 DB(EVIS)는 분류체계 수정을 시작으로 전반적인 검증 작업이 수행될 예정이며, 이와 관련한 내용은 1권 3장에, 환경·경제 통합분석 시스템 구축을 위한 개념 틀과 부문별 경로분석 템플릿 설계와 관련된 내용은 1권 2장에 제시하였다. 2권은 생태계부문과 건강부문의 경로분석 사례연구를 중심으로 구성하였다(그림 1-3 참조). 한편 2017년도 국민환경 의식조사의 주요 결과는 별책 부록으로 정리하였으며, 과거 6년간의 설문조사 분석결과는 새로운 설문조사 틀이 완성되는 2018년 보고서에 정리하고자 한다.

제2장

환경·경제 통합분석 시스템 기반 구축

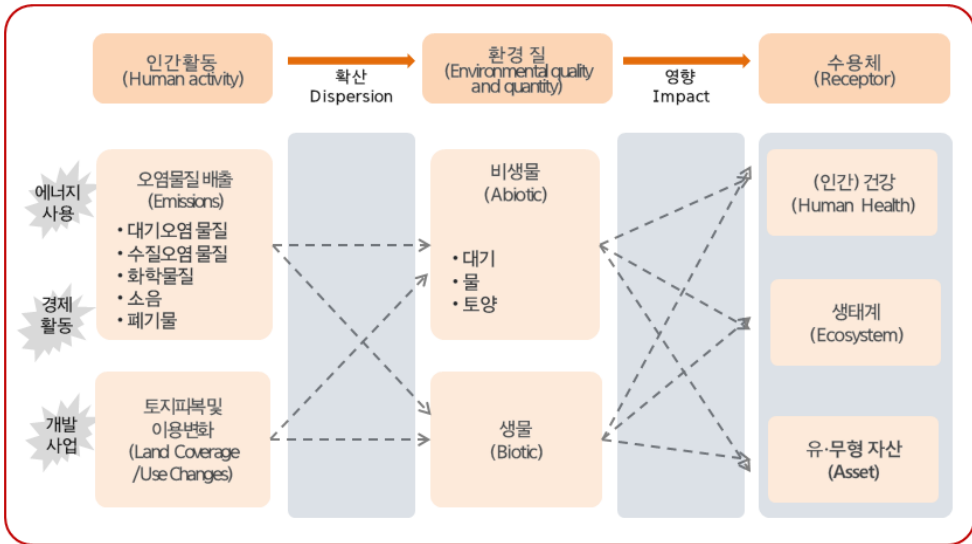
1. 경로분석 및 효용기반 통합분석 틀

환경·경제 통합분석 틀은 ‘영향경로분석법(Impact-Pathway-Approach)’과 ‘효용기반 환경가치추정(Utility-based Environmental Valuation)’에 기반을 둔다. 영향경로분석법³⁾은 인간활동-환경 질의 변화-수용체 영향으로 이어지는 경로를 추적하여 각각의 영향을 생·물리적 측면에서 평가하고 이를 인간활동과 직접적으로 연계시키는 접근방법이다(그림 2-1 참조). 여기서 인간활동은 에너지 사용, 경제활동, 개발사업 등을 포함하며, 이러한 활동은 오염물질 배출과 토지피복·이용 변화를 가져오고 다양한 생물 또는 비생물 매체 및 경로를 통해 환경 질의 변화를 야기한다. 이러한 환경의 질적 또는 양적 변화는 결국 인간건강, 생태계, 유·무형자산으로 구분되는 수용체에 영향을 미친다.

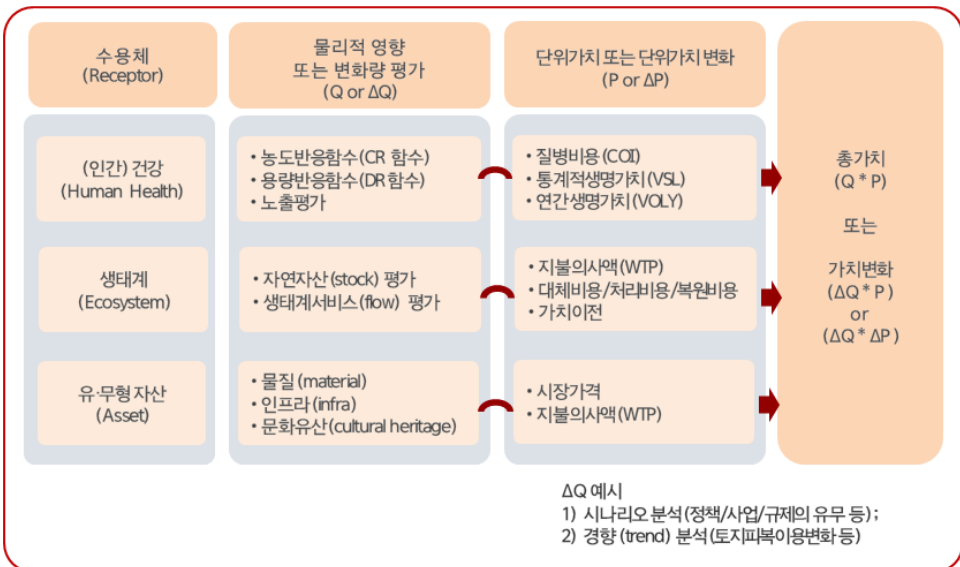
한편 수용체를 중심으로 한 역방향의 경로분석과 가치추정을 연계하면 <그림 2-2>와 같이 표현할 수 있다. 영향경로의 마지막 단계인 수용체(인간건강, 생태계, 유·무형자산)를 출발점으로 하여 분석목적 및 맥락에 따라 가치추정의 구체적 대상인 종결점(end-point)을 명확히 하는 것으로 분석이 시작된다. 다음으로 종결점을 중심으로 물리적 영향(또는 변화량)을 역방향으로 추적하고, 해당 평가대상의 화폐화를 위해 적절한 단위가치를 선정한다. 최종적으로 물리적 영향(또는 변화량) 평가결과와 단위가치를 연결함으로써 총 가치 또는 가치변화를 추정한다.⁴⁾

3) 영향경로분석의 대표적인 사례로는 에너지 사용으로 인한 외부비용 평가 프로젝트인 유럽연합의 ExternE를 들 수 있으며, 접근법과 관련한 자세한 내용은 EC(2005)를 참조하기 바란다.

4) 여기서 총 가치(Q^*)는 주어진 시점 또는 상황을 기준으로 한 가치이며, 가치변화(ΔQ^*)는 일정 기간 또는 정책·규제 등의 유무로 인한 물리적 영향의 변화량에 대한 화폐화로 해석할 수 있다.



〈그림 2-1〉 인간활동-환경 질-환경영향-수용체 영향경로



〈그림 2-2〉 수용체 중심의 역방향 경로분석과 가치추정의 연계

예를 들어 건강영향의 종결점을 미세먼지(PM10, PM2.5)로 인한 호흡기계 입원으로 설정하면, 대기 중 미세먼지 농도와 호흡기계 입원 간의 상관관계를 규정하는 농도반응(CR)함수와 질병비용(COI)을 연결하는 것이 통상적이며, 종결점이 미세먼지로 인한 사망이라면 미세먼지 농도와 호흡기계 사망 간의 상관관계를 나타내는 농도반응(CR)함수와 통계적생명가치(VSL)를 연결하는 것이 일반적이다. 생태계의 경우에는 가치추정의 맥락이 자연자산저량(stock)에 대한 평가를 요구하는지 아니면 생태계서비스 유량(flow)에 대한 평가를 요구하는지 명확히 구분하는 것이 중요하다. 대부분의 의사결정은 특정 정책 또는 개발사업으로 인해 예상되는 생태계서비스 변화량에 대한 가치추정과 연관되며, 이 경우 유량(flow) 변화의 물리적 측정이 필요하고 유량(flow) 변화 평가에 적절한 단위가치를 선정하거나 적절한 단위가치로 변형하는 작업이 필요하다.

‘효용기반 환경가치 추정’이라 함은 인간의 선호체계(preference)에 근거한 경제학적 접근법을 활용하여 환경 질 변화에 따른 인간의 효용(만족감, 행복감 등) 변화를 추정하는 접근법을 의미한다. 일반적으로 환경가치는 환경 질 개선에 따른 지불의사액(WTP) 또는 환경 질 악화에 따른 수용의사액(WTA)으로 측정된다. 따라서 효용기반 환경가치는 인간후생 변화를 전제로 인간이 부여하는 ‘인간 중심’의 가치이며,⁵⁾ 수요자 관점의 가치이다. 한편 환경가치 추정은 환경서비스 관리 및 공급 측면의 ‘비용기반’ 접근법도 적용 가능하다. 대체비용법과 복원비용법이 대표적인 기법에 해당하는데, 비용기반 추정기법은 환경의 특정 기능 또는 서비스가 사라졌을 때, 이를 대체 또는 복원하는 데 소요되는 비용을 환경가치의 대리정보(proxy)로 간주하는 방법이다.⁶⁾

-
- 5) ‘환경가치’의 개념은 개인에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 이는 ‘가치’가 본질적으로 개인의 세계관, 가치관, 문화배경 등을 기반으로 하여 형성되고, 현재 개인이 처한 상황 등에 영향을 받는 등 복잡하고 다차원적인 개념이기 때문이다. 자연과학, 사회과학, 환경관리 분야에서는 ‘환경가치’의 개념과 범위를 논할 때, 가치를 부여하는 주체가 인간인지 여부와, 인간에게 사용적 또는 도구적 가치를 제공하는지 여부에 따라 1) 인간 중심의 도구적 가치, 2) 인간 중심의 내재적 가치, 3) 비인간 중심의 도구적 가치, 4) 비인간 중심의 내재적 가치로 분류하기도 한다. 본 연구의 ‘효용기반 환경가치’는 네 가지 개념 중 1) 인간 중심의 도구적 가치에 가장 가까운 개념이다. 환경가치 분류체계에 대한 보다 자세한 내용은 안소은 외(2009)를 참조하기 바란다.
- 6) 비용기반 접근법은 서비스의 공급비용에 해당하기 때문에 수요자의 선호(preference)에 근거한 지불의사액(WTP)을 반영하고 있지 않고, 따라서 엄격한 의미에서 경제학적 접근법에 해당하지 않는다. 그러나 비용기반 추정기법은 비용도출 시 공학적 단위(원단위)를 사용하기 때문에 가상시장에 근거한 진술선호법에 비해 정책적으로 수용성이 높은 것이 현실이다(안소은, 배두현, 2014).

본 연구는 ‘영향경로분석법’과 ‘효용기반 환경가치추정’을 환경·경제 통합분석의 기본적인 개념 틀로 활용하되, 분석의 맥락과 수용체의 특성에 따라 맞춤형으로 변형하여 적용하고자 한다. 특히 단위가치 추정에 있어서 효용기반 접근법을 우선적으로 고려하되, 가능한 부분에 한해서 공급기반 접근법도 병행하여 단위가치를 도출하고자 한다. 이는 지불의사액(WTP)으로 측정되는 환경가치와 서비스 공급비용으로 측정되는 환경가치는 개념적인 출발점으로부터 정책적 시사점에 이르기까지 차별화된 해석이 가능하고 분석목표에 따라 상호 보완적으로 활용 가능하기 때문이다.

2. 통합분석 시스템 구축을 위한 부문별 경로분석 템플릿 설계

부문별 경로분석 템플릿 설계는 앞 절에서 소개한 ‘영향경로분석법’과 효용기반 환경가치 추정’을 기반으로 하며, 분석대상 종결점(end-point)을 구체화하고 본 연구의 사례연구 결과를 반영함으로써, 관련 정책평가에 실질적으로 활용할 수 있는 계산식 도출을 최종 목표로 한다. 1단계 사업기간(2016~2018)에는 부문별 사례연구 결과를 중심으로 개념적, 방법론적 경로분석 템플릿 설계와 계산식 시범적용에 집중하고자 하며, 2단계 사업기간에는 방법론적 템플릿을 정교화하는 작업과 계산식 적용 확대 및 관련 자료의 신뢰성을 높이는 작업을 병행하고자 한다. 최종적으로 경로분석 템플릿은 환경가치 DB(EVIS)와 연계하여 통합분석 시스템으로 확장된다.

2017년도 주요 목표인 개념적 경로분석 템플릿 설계는 <그림 2-1>에서 소개한 인간활동-환경 질-환경영향-수용체로 이어지는 영향의 흐름과 <그림 2-2>에서 제시한 수용체 중심의 역방향 경로분석과 가치추정의 연결을 구체화한 것이라 할 수 있다. 템플릿 설계는 명확한 평가대상 종결점(end-point)을 선정하는 것으로 시작되며, 선정된 종결점을 대상으로 가치추정이 가능한 환경영향 정량화 측정지표를 구체화하는 작업과 선정된 지표에 영향을 미치는 환경 질 또는 양의 범위를 역으로 추적하는 작업을 거친다. 즉, 종결점-환경영향-환경 질-인간활동(오염원)의 방향으로 추적한다. 역방향 경로분석은 가치추정 대상으로부터 출발하므로 상대적으로 영향경로를 명확히 파악할 수 있다는 점과 종결점을 평가하기 위해

요구되는 정보의 범위를 보다 효율적으로 확인할 수 있다는 장점이 있다.

특히 본 연구는 부문별 경로분석 템플릿의 종결점(end-point) 선정에 있어, 3장에서 제시하고 있는 수용체 중심의 환경가치 DB(EVIS) 분류체계 개편안과의 일치성(consistency)을 고려하고자 한다. 이는 앞서 <그림 1-1>의 왼쪽 패널에서 제시한 바와 같이, 환경가치 DB(EVIS)가 궁극적으로는 물리적 환경영향 정량화 단계와 환경서비스·편익 화폐화 작업을 연결해주는 기저 DB의 역할을 담당하기 때문이다. 즉, 환경가치 DB(EVIS)는 분류체계별 단위가치를 요약 또는 생성하는 동시에 경로분석 템플릿을 계산식으로 전환할 수 있도록 지원한다.

가. 생태계부문

1) 생태계 기후조절: 탄소흡수·저장

생태계가 제공하는 대표적인 조절서비스(regulating services)인 기후조절 서비스의 대표 항목은 탄소흡수·저장 기능이다. <표 2-1>은 개별 생태계의 탄소흡수·저장 기능을 종결점으로 설계한 개념·방법론 템플릿에 해당하며, 크게 수용체 중심의 종결점, 생태계기능(환경영향) 정량화, 생태계서비스·편익 화폐화로 구분된다.

먼저 수용체 중심의 종결점은 환경가치 DB(EVIS)의 8개 생태계 유형과 탄소흡수·저장 기능을 묶어 정의한다. 특정 지역 또는 국가차원의 평가를 위해서는 개별 생태계의 물리적 경계가 중복되지 않도록 유의해야 한다. 탄소흡수·저장 측정을 위한 기본단위는 면적(ha)으로 한다. 생태계 유형별 면적은 토지피복·이용 정보를 활용하여 산출할 수 있고, 단위면적당 탄소흡수 및 저장능력의 질적 또는 양적 차이는 각 생태계 유형별 단위면적당 탄소흡수 또는 저장계수로 반영 가능하다.

탄소흡수·저장 기능의 중요한 특성은 유량(flow)과 저장(stock)으로 구분 가능하다는 것이다. 예를 들어 산림은 1년 동안 지상부와 지하부에 탄소를 흡수함으로써 기후조절 서비스를 제공하기도 하지만(유량), 그 시점에 이르기까지의 누적된 탄소저장고의 역할을 하기도 한다(저량). <표 2-1>은 유량 또는 저장인지 여부에 따라 단위면적당 흡수량($tC/ha/년$) 또는 저장량(tC/ha)으로 구분하고 있다. 탄소흡수·저장은 생태계 유형별로 측정할 수도 있

고, 개별 유형별로 측정한 후 특정 지역 내에서 합산할 수도 있다.

탄소흡수·저장 서비스의 화폐화는 측정 지표인 단위면적당 탄소흡수량 및 저장량에 적절한 단위가치를 연결하는 것으로 정의할 수 있다. 단위가치의 추정은 탄소시장의 가격을 활용하는 방법으로부터 대체 또는 복원비용법을 사용하거나 선호기반 추정법을 이용하는 등 다양한 방법이 적용 가능하다. 특정 단위가치만을 적용하는 것보다는 가격, 지불의사액(WTP), 공급비용에 근거한 다양한 형태의 단위가치를 적용하고 차별화된 시사점을 도출하는 것이 바람직하다.

〈표 2-1〉 생태계 기후조절 서비스 경로분석 템플릿 설계: 탄소흡수·저장

수용체 중심의 종결점(end-point)		생태계기능 정량화(평가)				생태계서비스·편익 화폐화	
생태계 유형	생태계서비스	측정 기본단위	측정방법		측정지표	화폐화 방법론	가치추정
산림	탄소흡수 ·저장 (기후조절)	생태계 유형별 면적 (예: 토지피복 ·이용면적(ha))	유량 (flow)	· 단위면적당 탄소흡수량 도출 (tC/ha/년) - 단위면적당 탄소흡수량 계수 - 생물리학적 모델링	단위면적당 탄소흡수량× 생태계유형별 총면적 (tC/년)	· 탄소흡수 단위가치 (원/tC) 적용 - 시장가격법 - 대체/복원비용법 - 선호기반 추정법 (현시/진술선호법)	생태계 유형별 탄소흡수서비스의 가치추정 (유형별 연간 탄소흡수량×단위가치) (원/년)
초지							
습지							
도시							
경작지			저량 (stock)	· 단위면적당 탄소저장량 도출(tC/ha) - 단위면적당 탄소저장량 계수 - 생물리학적 모델링	단위면적당 탄소저장량× 생태계유형별 총면적 (tC)	· 탄소저장 단위가치 (원/tC) 적용 - 시장가격법 - 대체/복원비용법 - 선호기반 추정법 (현시/진술선호법)	생태계 유형별 탄소저장서비스의 가치추정 (유형별 탄소저장량 ×단위가치) (원)
담수(육수)							
해양							
해안/연안							

자료: 저자 작성.

2) 생태계 물(담수) 공급

생태계 물(담수) 공급서비스에 대한 템플릿은 <표 2-2>와 같다. 물 생산(water yield)은 생태계의 고유 기능인 수량조절에 가까우나, 생산된 물의 이용 측면에서 보면 사용 주체에 따라 가치가 차별화된다는 특징이 있다. 예를 들어 물은 용도에 따라 농업용수, 공업용수, 생활용수 등으로 구분되어 다양한 경제활동을 지원하는데, 이 때 이용 주체는 인간이 된다. 또한 전체 사용가능한 수량 중 인간활동에 사용되지 않은 잔존량(residual)은 대부분 생태계에 남아 생태계를 유지하는 데 쓰인다고 가정하면, 이 때 이용 주체는 자연생태계가 된다. 생태계서비스 분류체계에 따르면 전자는 공급서비스에 해당하고 후자는 지지기능에 가깝다고 볼 수 있다. 요약하면, 물 생산은 생태계를 기반으로 하지만 가치추정의 대상인 종결점(end-point)은 물(담수) 공급이라 할 수 있으며, 가치추정은 이용 주체에 따라 차별화하여 접근한다.

물 생산량 측정을 위한 기본단위는 면적(ha)으로 한다. 생태계 유형별 면적은 토지피복·이용 정보를 활용하여 산출할 수 있고, 단위면적당(또는 픽셀) 물 생산량은 모델링을 통해 도출할 수 있으며, 분석목적에 따라 특정 생태계 또는 지역으로 합산 가능하다. 따라서 생태계기능 정량화 관련, 측정 기본단위는 면적(ha), 측정방법론은 물 생산(water yield) 모델링, 측정지표는 특정 생태계 또는 지역의 총 물 생산량($m^3/년$)이 된다.

또한 템플릿은 동일한 물일지라도 실제로 누구에 의해 어떤 용도로 사용되었는지에 따라 가치가 달라질 수 있음을 감안하여, 화폐화 단계에서 이용 주체 및 용도에 따라 단위가치를 세분화하여 설계하였다.⁷⁾ 용도가 공업용수 또는 생활용수인 경우 형성된 시장가격이 존재하므로 이를 적용할 수 있으며, 농업용수와 같이 무상으로 공급되고 있어 가격정보가 없는 경우 용수 사용에 따른 농업생산 부가가치를 통해 단위당 가격을 추정할 수 있다. 한편 이용 주체가 생태계인 경우(잔존량) 역시 가격정보가 없으므로, 별도의 비시장재 가치추정기법을 이용하여 생태계 유지를 위해 사용되는 물에 대한 단위가치를 추정하거나 기존의 사례연구로부터 유사한 값을 이전하여 활용하여야 한다.

7) 물 공급 서비스의 경로분석 템플릿 설계는 본 연구에서 진행한 사례연구를 참조하여 작성한 내용으로서, 사례연구에 대한 자세한 내용은 보고서 2권 2장을 참조하기 바란다.

〈표 2-2〉 생태계 물(담수) 공급서비스 경로분석 템플릿 설계

수용체 중심의 종결점(end-point)		생태계기능 정량화(평가)			생태계서비스·편익 화폐화				
생태계 유형	생태계 서비스	측정 기본단위	측정방법	측정지표	화폐화 방법론			가치추정	
산림	물(담수) 제공	생태계 유형별 면적 (예: 토지피복 ·이용면적) (ha)	생태계 유형별 단위면적당 물 생산량 (모델링 또는 측정 (m³/ha/년)	생태계 유형별 연간 물 공급량 (m³/년)	담 수 이 용	농업 용수	· 잔존가치접근법 - 용수 사용에 따른 부가가치 추정(원/m³)	물 용도별 (혹은 생태계 유형별) 물 공급 가치 (원/년)	
초지						공업 용수	· 시장가격법 - 공급 평균단가(원/m³)		
습지						생활 용수	· 시장가격법 - 공급 평균단가(원/m³)		
도시¹) (시가화지)					생태계 이용 (잔존량)³)		· 생태계 잔존 수량에 대한 단위가치 (원/m³) - 생태계 유지를 위한 물 공급 지불의사액 (WTP)		
경작지¹) (농경지)									
수역²)									
나지									

주: 1) 생태계 물 생산(water yield) 모델링을 위해서는 도시가 시가지인지, 녹지인지 등을 구분할 필요가 있으며, 경작지의 경우에도 농경지인지 아닌지의 구분이 필요함. 따라서 상기 표의 생태계 유형구분은 환경가치 DB(EVIS) 생태계 유형구분과 정확하게 일치하지 않으며, 토지피복·이용을 기준으로 분류하였음

2) 환경가치 DB(EVIS) 생태계 유형분류에서의 해안, 해양, 담수(육수) 유형이 대략적으로 수역에 해당된다고 할 수 있음

3) 가용한 총 물(담수) 생산량 중 공업용수, 농업용수, 생활용수를 제외한 나머지(residual) 수량에 해당하며, 대부분 생태계 유지를 위해 사용한다고 가정함

자료: 저자 작성.

3) 생태계 수질정화

생태계 수질정화 기능을 대상으로 한 경로분석 템플릿 설계는 분석의 대상이 생태계 고유의 자정 및 정화기능인지, 아니면 관련 정책 및 시설 투입의 결과인 수질개선으로부터 파생된 2차 서비스 또는 편익인지를 구분하여 작성되어야 한다. 실질적인 이용 측면에서 보면, 수질을 직접 소비한다기보다는 수질과 관련된 생태계서비스 또는 편익을 소비하는 것이므로 가치추정의 대상인 종결점(end-point)은 <표 2-3>에서 예시한 것과 같이 다양화될 수 있다.

수질변화와 같이 환경의 질적 변화가 일어날 경우 관련 생태계가 제공하는 거의 모든 생태계서비스 역시 영향을 받게 되나, 그 중에서도 수질에 크게 영향을 받을 것으로 예상되는 항목을 열거하면 서식처 제공, 식량 제공, 유전자원 공급원, 휴양·레저·경관미 등을 들 수 있다. <표 2-3>에서와 같이 열거한 4가지 생태계서비스를 수질과 관련된 서비스로 선정하고, 각각의 생태계서비스 특성을 고려한 측정지표를 선정할 수 있으며, 측정지표에 따라 차별화된 가치추정을 진행할 수 있다.⁸⁾ 수질변화와 관련된 생태계 유형으로는 담수(육수), 해양, 해안·연안을 선정하였다. 습지 역시 대상 생태계 유형으로 포함될 수 있으나 내륙습지는 담수 생태계에, 연안습지는 해안 생태계에 포함될 수 있으므로 생략하였다.

단일 종결점 템플릿의 경우, 해당 서비스·편익을 담보하기 위해 생태계의 어떤 기능 또는 능력(capacity)이 요구되는지를 확인하고 이를 측정하기 위해 적절한 측정단위, 방법론, 측정지표를 설계하는 순서로 작업이 진행된다. 반면 다수의 종결점을 대상으로 한 템플릿의 경우, 즉 어떤 이유로 다수의 생태계서비스·편익이 영향 받을 것으로 예상되면, 그 파급효과를 다각적으로 검토하여 템플릿을 작성하는 것이 필요하다. <표 2-3>은 특정 정책으로 인해 수질개선이 예상되고, 그에 따라 다수의 생태계 유형과 서비스가 영향 받을 것으로 예상되는 경우, 정책 효과분석에 적용될 수 있는 틀을 예시하고 있다. 환경·경제 통합분석은 평가 목적에 따라 언급한 2가지 유형의 템플릿을 차별화하여 활용할 수 있을 것이다.

8) 수질개선에 따른 환경 질 변화가 생태계가 아닌 인간건강에 직접적으로 영향을 미치는 경우는 별도의 템플릿 작성이 가능하다. 본 연구는 인간건강을 별도의 수용체 그룹으로 다루고 있으므로 여기서는 생태계 관련 항목만을 포함한다.

〈표 2-3〉 수질정화에 따른 생태계서비스 경로분석 템플릿 설계

수용체 중심의 종결점(end-point)		생태계기능 정량화(평가)				생태계서비스·편익 화폐화	
생태계 유형	생태계 서비스	측정 기본 단위	측정 방법론		측정지표	화폐화 방법론	가치추정
담수 (육수)	서식처 제공	수질 관련 지표 변화 (예: BOD, COD)	서식처 제공	수질-생물다양성의 상관관계(함수)	생물다양성 지표 (예: 종다양성/풍부도)	· 대체비용법 · 시장가격법 - 서식처 제공 서비스로 인한 생산성 기여분을 시장가치로 측정 · 조건부가치측정법, 선택실험법 등의 진술선호법 - 생태계 서식처 제공 서비스에 대한 지불의사 추정	수질정화에 따른 생태계서비스 가치변화 도출
	식량 제공		식량 제공	수질-생산량(혹은 생산비용)의 생산(비용)함수	수산물 생산량 (채취/양식)	· 시장가격법 - 생산량 혹은 단위비용변화에 시장가격을 적용 · 조건부가치측정법, 선택실험법 등의 진술선호법 - 생태계 식량제공 서비스에 대한 지불의사 추정	
	유전자원 공급원		유전자원 공급원	수질-생물다양성의 상관관계(함수)	생물다양성 지표 (예: 종다양성/풍부도)	· 대체비용법 · 시장가격법 - 생태계 유전자원을 이용하여 개발된 약품 등의 시장가치 · 조건부가치측정법, 선택실험법 등의 진술선호법 - 생태계 유전자원 공급원 서비스에 대한 지불의사	
	휴양·레저·경관미		휴양·레저·경관미	수질-휴양자원 속성별 질적 변화의 상관관계(함수)	· 경관등급 · 물놀이 가능 등급 (낚시, 보트 타기, 수영) · 생물다양성 지표 · 물 투명도 등	· 휴양수요모형과 같은 현시선호법 - 확률효용모형, 여행비용법 · 조건부가치측정법, 선택실험법 등의 진술선호법	

주: 습지 생태계는 담수 혹은 해안 유형에 내륙습지와 연안습지의 형태로 포함될 수 있음.

자료: 저자 작성.

나. 건강부문

생태계부문의 종결점(end-point)이 생태계 유형 및 생태계서비스로 구체화된다면, 건강 부문은 오염물질, 매체, 건강영향으로 종결점을 구체화할 수 있다. <표 2-4>는 건강부문의 일반적인 개념적 템플릿 설계에 해당하며, 이를 기반으로 오염물질 및 매체에 따라 차별화된 템플릿 작성이 가능하다.

건강부문의 환경 질은 오염물질 농도로 측정 가능하며, 오염물질 및 매체 특성에 따라 다양한 형태 및 경로로 인간건강에 영향을 미친다. 오염물질과 건강 간의 상관관계는 실험 데이터에 기반을 둔 용량반응(DR)함수 또는 역학연구에 기반을 둔 농도반응(CR)함수 등으로 정량화된다. 건강영향의 종결점은 이론적으로 건강 피라미드⁹⁾와 같이 다양한 형태로 측정 가능하나 크게 사망 또는 질병영향으로 범주화할 수 있다. 사망영향은 조기사망자 수로, 질병영향은 입원 및 외래 건수 등으로 측정하고, 화폐화를 위한 단위가치도 사망과 질병에 따라 차별화된다. 사망의 경우 통계적생명가치(VSL)를, 질병의 경우 통계적연간수명가치(VOLY) 또는 질병비용(COI)을 적용하는 것이 통상적이다. 통계적생명가치(VSL)는 조건부가치측정법, 헤도닉접근법, 회피행위법, 인적자본접근법 등 다양한 기법을 통해 도출 가능하다.

본 연구에서는 건강영향 경로분석의 개념적 템플릿과 함께, 사례연구로 진행된 대기오염과 화학물질 건강영향 평가 및 가치추정 분석절차에 기반을 둔 템플릿을 예시로서 제시하고자 한다.¹⁰⁾ 미세먼지(PM10, PM2.5)로 인한 대기오염 건강영향 종결점은 심혈관계, 호흡기계와 같은 질환군으로 구분하였으며, 질병 및 사망영향을 정량화하고 건강영향을 경제적 가치(피해)로 환산하는 방식으로 템플릿을 작성하였다(표 2-5 참조). 화학물질 템플릿은 수은의 건강영향을 대상으로 진행하였다. 수은의 건강영향 정량화 지표로 IQ 점수와 장애보정생존연수(DALY: Disability Adjusted Life Years)를 사용하였으며, 해당 건강영향을 화폐화하기 위해 인적자본접근법에 근거한 IQ 점수당 소득변화 추정치와 통계적연간수명가치(VOLY)가 사용될 수 있음을 제시하였다.

9) 건강영향의 범위를 영향 받는 인구집단의 크기(가로축)와 영향의 심각성(세로축)으로 나타냄

10) 초미세먼지(PM2.5) 및 수은·납의 건강영향 평가 및 가치추정 사례연구는 보고서 2권의 3장, 4장을 각각 참고하기 바란다.

〈표 2-4〉 건강영향 경로분석 템플릿 설계

종결점(end-point)			건강영향 정량화(평가)			건강영향 화폐화			
오염 물질	매체		건강영향 ^{주)}	오염물질 측정지표	건강영향합수 추정 방법론	건강영향 평가 측정지표		화폐화 방법론(단위가치)	가치(피해)추정
오염 물질	대기			(매체) 오염물질 농도 또는 농도변화	· 노출평가 · 용량반응(DR) 합수 추정 · 농도반응(CR) 합수 추정	사망	사망영향 정량화 (예: 조기사망)	· 통계적생명가치(VSL) (헤도닉접근법, 회피행위법, 인적자본접근법, 진술선호법 등으로 도출)	오염물질로 인한 사망영향의 경제적 가치 (피해비용) 추정
	물	음식							
	토양								
	생태계 (생물)								

주: 건강영향의 범위를 영향 받는 인구집단의 크기(가로축)와 영향의 심각성(세로축)을 피라미드 형태로 나타냄; 즉 어떤 요인(오염물질, 소음 등)으로 인한 건강영향은 심각성 정도에 따라 증상-외래-입원(응급실, 일반)-사망으로 이어지며, 각 단계에 영향 받는 인구집단의 크기는 감소함.

자료: 저자 작성.

〈표 2-5〉 대기오염물질 건강영향 경로분석 템플릿 설계: 미세먼지

종결점(end-point)			건강영향 정량화(평가)			건강영향 화폐화	
오염물질	매체	건강영향	오염물질 측정지표	건강영향합수 추정 방법론	건강영향 평가 측정지표	화폐화 방법론(단위가치)	가치(피해)추정
미세먼지 (PM2.5 PM10)	대기	심혈관계 (외래/입원/ 사망)	대기 중 미세먼지 농도 또는 농도변화	미세먼지 농도-심혈관계 질환(외래/입원)의 농도반응합수	· 질병발생 위험변화(%) · 외래환자, 입원자 수	통계적연간수명가치(VOL Y) 혹은 질병비용법(COI)	미세먼지 농도변화에 따른 심혈관계 입원영향 가치(피해) 추정
				미세먼지 농도-심혈관계 사망의 농도반응합수	· 사망 위험변화(%) · 조기사망자 수	통계적생명가치(VSL)	미세먼지 농도변화에 따른 심혈관계 사망영향 가치(피해) 추정
		호흡기계 (외래/입원/ 사망)		미세먼지 농도-호흡기계 질환(외래/입원)의 농도반응합수	· 질병발생 위험변화(%) · 외래환자, 입원자 수	통계적연간수명가치(VOL Y) 혹은 질병비용법(COI)	미세먼지 농도변화에 따른 호흡기계 입원영향 가치(피해) 추정
				미세먼지 농도-호흡기계 사망의 농도반응합수	· 사망 위험변화(%) · 조기사망자 수	통계적생명가치(VSL)	미세먼지 농도변화에 따른 호흡기계 사망영향 가치(피해) 추정

자료: 저자 작성.

〈표 2-6〉 화학물질 건강영향 경로분석 템플릿 설계: 수은

종결점(end-point)			건강영향 정량화(평가)			건강영향 화폐화	
오염 물질	매체	건강 영향	오염물질 측정지표	건강영향함수 추정 방법론	건강영향 평가 측정지표	화폐화 방법론(단위가치)	가치(피해)추정
수은	다양한 경로 (음식 등)	신경계	가임기 여성 혈중 수은 농도 ($\mu\text{g/g}$)	수은 농도-신생아 IQ의 건강영향함수	신생아 IQ 점수	인적자본접근법 (예: IQ 한 단위당 소득변화(원/IQ))	수은 노출에 따른 IQ 하락 총 피해액(원) 산출
				수은 농도-MMR(경미한 정신적 지체)의 건강영향함수 ²⁾	DALY ¹⁾	통계적연간수명가치(VOLY) 혹은 질병비용법(COI)	수은 노출에 따른 경미한 정신적 지체(MMR) 총 피해액(원) 산출
		사망 (심혈관계 원인)		수은 농도-심장마비에 의한 DALY의 건강영향함수	DALY ¹⁾	통계적생명가치(VSL)	수은 노출에 따른 심혈관계 원인 사망의 총 피해액(원) 산출

주: 1) DALY(장애보정생존년, Disability Adjusted Life Years)는 건강측정지표의 하나로써 조기 사망으로 인한 수명손실(YLL)과 장애로 인한 건강연수의 손실(YLD)을 합한 개념임.

2) 관계식을 통해 도출된 장애가중치와 평균기대수명을 이용하여 건강영향 정량화 지표인 DALY가 산출됨.

자료: 저자 작성.

3. 경로분석 템플릿 설계 개선방향

2018년도 부문별 경로분석 템플릿 설계는 2016~2017년 2년 동안 사례연구 형태로 진행하였던 생태계 평가, 건강영향 평가, 단위가치 추정으로부터의 연구결과를 최대한 반영하는 것을 목표로 한다. 2017년에 설계한 부문별 개념적, 방법론적 템플릿의 정교화는 물론 관련 정보가 상대적으로 축적된 부문에 따라서는 분석대상인 종결점(end-point)을 보다 구체화하고 영향경로 확인을 통해 간단한 계산식 형태의 템플릿으로 전환해 가능한 범위 내에서 사례연구를 통해 산출한 수치를 활용하여 시범적용해 보고자 한다.

예를 들어 생태계의 탄소흡수량·저장 기능을 종결점으로 하여 작성한 템플릿(표 2-1 참조)의 경우, 모델링을 통해 도출한 생태계 유형별(산림, 초지, 경작지, 습지 등) 탄소흡수량·저장량을 검토하고, 이를 저장(stock)과 유량(flow) 형태로 구분하여 정리한 후, 단위면적(ha)당 탄소흡수량·저장량에 생태계 유형별 면적을 곱해주면 생태계 유형별 총 흡수량과 저장량 산출이 가능하다. 또한 단위면적(ha)당 탄소흡수량·저장량에 시장가격법, 대체·복원비용법, 진술선호법 등에 의해 도출된 단위가치를 곱해주면 단위면적당 생태계 유형별 가치를 산출할 수 있으며, 이에 생태계 유형별 총면적을 곱해주면 총 가치를 추정할 수 있다. 더 나아가 여기에 기준선(baseline)과 시나리오를 적용하면 정책 또는 사업평가가 가능한 분석 틀이 완성된다.

제3장

환경가치 DB 현황 및 개선

본 장에서는 KEI에서 개발·운영 중인 환경가치 온라인 DB인 EVIS(Environmental Value Information System)의 개요와 더불어, DB 업데이트 및 개선작업의 주요 내용을 정리하고자 한다. 2017년도 개선작업의 주요 내용은 분류체계 수정, 수정된 분류체계를 바탕으로 한 선행연구 검토 및 단위가치 요약, 수질부문 메타회귀분석 결과 제시 등을 포함한다. 환경가치 DB(EVIS)는 2년(2017~2018)간의 개선작업을 거쳐 2018년도 말에 재오픈될 예정이다.

1. DB 개요 및 분류체계 수정

환경가치 DB(EVIS)는 다양한 의사결정자 및 이해당사자에게 환경 질 변화에 따른 환경가치 기초정보를 제공함으로써 비용편익분석, 환경영향평가, 규제영향분석 등의 정책분석 지원을 목표로 구축되었다(안소은 외, 2011).¹¹⁾ 기존의 환경가치 DB(EVIS)의 분류체계는 크게 생활환경과 자연환경으로 구분된다. 생활환경분야는 환경영향평가와의 연계를 고려하여 매체(대기, 물, 토양 등)별 분류체계를, 자연환경은 개별생태계와 생태계서비스 분류체계를 병행하여 활용하고 있다(표 3-1의 왼쪽 패널 참조). 검토 중인 분류체계(안)는 매체 중심에서 수용체 중심으로의 환경정책 기조 전환을 반영한 것이며, 2장에서 정리한 경로분석 및 효용기반 통합분석 틀을 지원할 수 있도록 수정한 것이다. 새로 제안된 분류체계와 기존 분류체계의 비교는 <표 3-1>과 같다.

11) 환경가치 DB(EVIS)의 기획 목표, 개발과정, 분류체계, 부문별 단위가치 요약 등에 대한 자세한 내용은 안소은 외(2011)를, 수록된 사례연구 및 운영현황은 <http://evis.kei.re.kr>를 참조하기 바란다.

〈표 3-1〉 환경가치 DB(EVIS) 기존 분류체계와 수정된 분류체계(안)의 비교

기존 분류체계				수정된 분류체계(안)					
구분		구분(소)		구분		구분(소)			
자연환경	개별 생태계	해양		개별 생태계	산림				
		해안			초지				
		도서			습지				
		습지			도시				
		강/하천			경작지				
		호수			담수(육수)				
		경작지			해양				
		산림			해안/연안				
		도시생태계			기타				
		보호지역/자연공원							
	생태계 서비스	공급서비스		생태계 서비스 ·편익	공급서비스	- 식량 및 사료 제공 - 에너지 생산	- 원료제공 - 물(담수)제공	- 의료·생화학·유전 자원 공급원	
		조절서비스	- 대기조절/정화 - 수량조절/물공급 - 재해방지		- 기후조절/탄소흡수 - 수질정화	조절기능 (서비스)	- 대기정화 - 기후조절 - 수량조절	- 수질정화 - 수분작용 - 재해조절	- 생물학적 조절 - 토양보전 및 정화
		지지서비스	- 토양침식방지 - 생물다양성		- 서식처 제공	서식처제공	- 서식처 제공		
		문화서비스	- 휴양/생태관광 - 문화예술/교육		- 경관미	문화서비스	- 교육·예술·지적 영감	- 정체성 지지	- 휴양·레저·경관미
		기타				보전가치			
						기타			

자료: 저자 작성.

〈표 3-1〉의 계속

기존 분류체계			수정된 분류체계(안)	
구분		구분(소)	구분	구분(소)
생활환경	대기	대기질/ 시정거리/ 농업영향/ 제조업영향/ 악취/ 생태계영향/ 건강/ 보건/ 기타	건강	대기질
	물	수질/ 농업영향/ 악취/ 탁도/ 상하수도/ 수상레저/ 휴양/ 생태계영향/ 건강/ 보건/ 기타		실내공기질
	토지/토양/지질	토양오염/ 토양침식/ 생태계영향/ 건강/ 보건/ 기타		기후변화(폭염 등)
	소음/진동	생활소음/ 도로/ 교통/ 건설소음/ 비행소음/ 축산농가 피해/ 생태계영향/ 건강/ 보건/ 기타		물
	폐기물	매립장/ 소각장/ 재활용/ 유해폐기물처리장/ 방사능/ 생태계영향/ 건강/ 보건/ 기타		소음
				유해(화학)물질
기타			유·무형자산	기타(악취 등)
추정기법	선호체계 접근법	시장분석법/ 현시선호법/ 진술선호법/ 편익이전		원료/물질
	물리적 접근법	대체비용법/ 복원비용법/ 피해비용접근법/ 예머지분석법/ 기타	정책 및 규제 평가	시설/인프라
				문화유산
				식품안전 및 환경제품 인증
				온실가스 저감정책
				의료 복지제도
				기타(정책 및 규제)

자료: 저자 작성.

제안된 수용체 중심의 분류체계(안)는 수용체를 크게 생태계, 건강, 유·무형자산으로 구분하고 그 아래 세부항목을 배치하였다. 생태계부문 분류체계는 MA(2005), TEEB(2013)의 기본 틀을 유지하되, 생물다양성과학기구(IPBES)가 글로벌, 지역, 국가 생태계보고서 작성 시 활용을 권고한 IPBES(2017)의 생태계 분류체계를 반영하고자 하였다. 수정된 분류체계(안)는 생태계 유형과 생태계서비스·편익의 2가지 분류기준을 병행하도록 구성하였다는 측면에서 기존 분류체계와 유사하다고 볼 수 있으나, 세부항목은 위에서 언급한 MA(2005), TEEB(2013), IPBES(2017)과 호환이 가능하도록, 국내 선행연구에서 다른 가치추정 대상의 특성을 반영할 수 있도록 구성하고자 하였다.

먼저 생태계 유형은 IPBES(2017)에서 제시한 16개의 유형 중 정의와 범위 측면에서 국내 개별 생태계와 대응된다고 판단되는 8개를 채택하였다. <표 3-2>는 환경가치 DB(EVIS)의 8개 생태계 유형 분류와 그에 해당하는 IPBES(2017) 내용을 정리하고 있다. 다음으로 생태계서비스·편익 분류체계를 구성하기 위해 MA(2005), TEEB(2013) 생태계서비스 분류체계와 더불어, 보전가치의 개념을 포함하고 있는 IPBES(2017)의 생태계 혜택(NCP: Nature's Contribution to People) 분류를 참고하였다. MA(2005), TEEB(2013), IPBES(2017) 간의 연관성은 <표 3-3>에 정리하였으며, 이들 분류체계들을 바탕으로 국내 생태계부문 선행연구 내용을 반영할 수 있는 세부항목을 고려하여 환경가치 DB(EVIS) 생태계서비스·편익 분류체계(안)를 새롭게 구축하였다(표 3-4 참조).

환경가치 DB(EVIS)의 생태계서비스·편익 분류체계는 기존의 생태계서비스 세부항목을 참고하되, 각 항목별 정의를 보다 확장적으로 적용한 것이라 할 수 있다. 예를 들어 조절 기능(서비스)에 해당하는 생태계서비스·편익 유형의 경우 기존 분류체계의 정의를 따른다면 생태계 고유의 기능이 유발하는 환경가치만을 분류체계 내에 포함시켜야 한다. 하지만 국내 환경가치 연구의 대부분은 생태계의 기능이 서비스로 다시 편익으로 이어지는 과정에서 인적 자본(인간활동)과 물적 자본(시설·인프라)이 생태계 기능과 결합됨으로써 증가한 생태계 혜택에 대한 가치를 평가하고 있다. 다시 말해 현재 환경의 질 또는 양이 정책이나 사업 등으로 인해 변화할 때 그 변화량에 대한 가치가 이에 해당한다.

결과적으로 환경가치 DB(EVIS)의 분류체계 개편(안)은 이러한 국내 선행연구까지도 포함할 수 있도록 확장적인 생태계서비스·편익 개념을 적용하고자 한다. 수정된 분류체계(안)

는 기존 MA(2005), TEEB(2013)의 생태계서비스 직·간접사용가치의 형태로 분류가 가능함은 물론, IPBES(2017)에서 제시하고 있는 보전가치 항목을 통해 생태계 자산의 선택가치, 존재가치, 유산가치 등의 개념을 포괄할 수 있어 생태계의 비사용가치를 독립적으로 다룰 수 있다는 측면에서도 개선점이 있다고 할 수 있다.

건강부문 분류의 경우 「환경보건법」 상에 제시되어 있는 환경보건지표 항목을 참고하였다.¹²⁾ 유·무형자산 분류는 원료·물질, 시설·인프라 등의 유형자산과 문화유산과 같은 무형자산을 포괄할 수 있도록 설계하였다. 또한 수용체라 볼 수는 없지만, 환경가치가 환경정책 또는 규제평가의 일부로 다루어진 사례가 다수 존재한다는 점을 고려하여 ‘정책 및 규제평가’를 별도의 유형으로 구성하였다.

12) 국가법령정보센터, <http://law.go.kr>, 검색일: 2017.10.19.

〈표 3-2〉 IPBES, APR, 환경가치 DB(EVIS) 생태계 유형 분류체계 비교

생물다양성과학기구(IPBES)	아시아·태평양 지역보고서(APR)	환경가치 DB(EVIS)
Tropical and subtropical dry and humid forests	Tropical and subtropical dry and humid forests	
Temperate and boreal forests and woodlands	Temperate and boreal forests and woodlands	Forest(산림)
Mediterranean forests, woodlands and scrub		
Tundra and mountain grasslands (only high elevation grasslands)	Heath lands, scrubs and tundra	
Tropical savannas and grasslands	Savannas and grasslands (e.g. xeric grasslands, alpine meadows)	
Temperate grasslands		Grasslands(초지)
Drylands and deserts	Dry lands and deserts	
Wetlands - peatlands, mires, bogs	Wetlands including peatlands, mires and bogs	Wetlands(습지)
Urban/semi-urban	Urban/semi-urban	Urban(도시)
Cultivated areas (incl. cropping, intensive livestock farming etc.)	Productive systems such as cultivated areas (incl. cropping, intensive livestock farming etc.)	Cultivated areas (경작지)
Aquaculture		
Inland surface waters and water bodies/freshwater - rivers, lakes and estuaries	Inland surface waters and water bodies/freshwater - rivers, lakes and estuaries	Inland water (담수/육수)
Deep waters over the continental shelf out to the national 200 mile EEZs	Marine/deepwater/offshore systems	Marine (해양)
Coral reefs, sea grass beds, mangroves and other structural complex habitats	Coastal habitats/coastal and near shore marine/inshore ecosystems	Coastal (해안/연안)
Offshore Banks commonly referred to as "fishing banks"		
All the rest of the coastal waters and seabed from the shoreline out to the continental shelf edge		

자료: IPBES(2017)와 APR에서 사용된 생태계 유형을 참고하여 저자 작성.

〈표 3-3〉 MA(2005), TEEB(2013), IPBES(2017) 생태계서비스 분류체계 비교

MA(2005)		TEEB(2013)		IPBES(2017)
공급 서비스	식료품	공급 서비스	식품	식량 및 사료 제공
	연료재		-	에너지 생산
	식이섬유		원료	원료 제공
	담수		물	-
	생화학물질		의료자원	의료·생화학·유전자원 공급원
	유전자원		유전자원	
	-		장식자원	-
조절 서비스	대기정화	조절 서비스	대기질조절	대기조절
	기후조절		기후조절	기후조절
	물조절		물흐름조절	수량조절
	수질정화 및 폐기물 처리		폐기물 처리	수질정화
	수분		수분	수분작용
	폭풍으로부터 보호		재해조절	재해방지
	생물학적 조절		생물학적 조절	해충조절
	(인간)질병조절		-	-
	침식조절		침식방지	토양보전 및 정화
			토양형성을 포함한 토양유지 및 영양분 순환	
	-		-	해양 산도조절
지지 서비스	토양형성	-	-	
	영양분 순환			
	일차적 생산			
-		서식처 서비스	이주성 종의 라이프사이클 유지 유전다양성의 유지	서식처 제공
문화 서비스	휴양/생태관광		문화 서비스	여가와 관광기회
	경관미	경관미적 정보		
	공간적 안정감	-		
	교육	인식발달 정보 제공		교육·예술·지적영감
	예술적 영감	문화적, 예술적, 디자인적 영감		
	문화적 유산	영적경험		정체성 지지
	영적/종교적 가치	-		
	-	-		보전가치

주: 상기 표는 다수 분류체계 간의 관계를 비교할 목적으로 작성되었다. 분류체계별로 대응된 각 항목의 개념이 완전한 일대일 대응이 되지는 않으며, 또한 동일 분류체계 내의 항목일지라도 서로 상호배타적인 관계는 아님을 밝힌다.

자료: MA(2005); TEEB(2013); IPBES(2017) 분류체계를 참고하여 저자 작성.

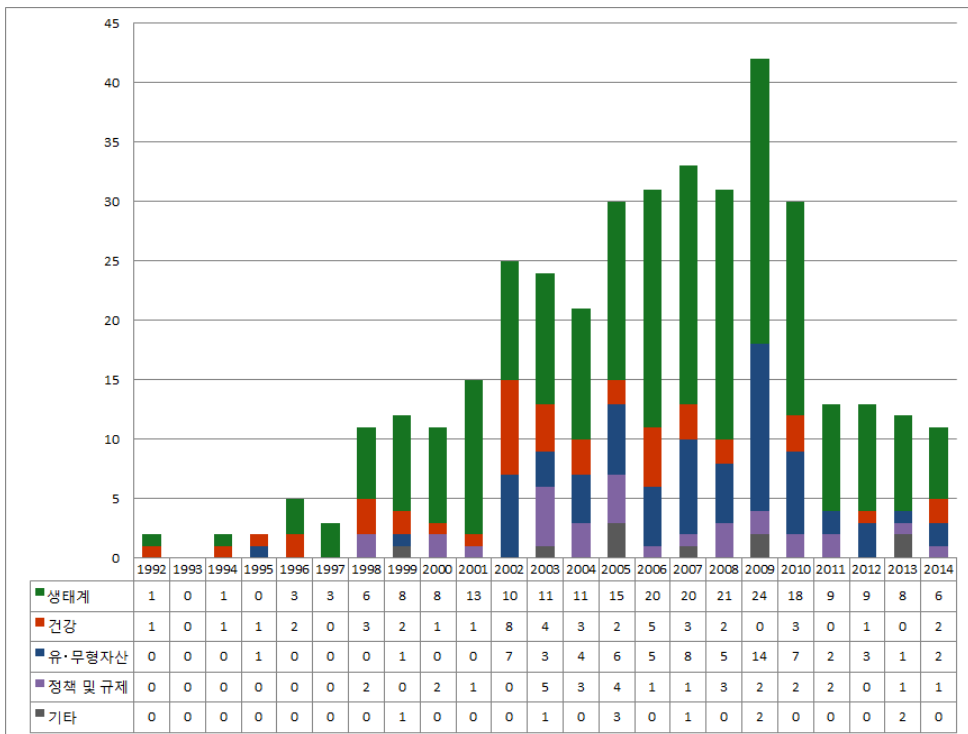
〈표 3-4〉 EVIS 생태계서비스·편익 분류체계(안)

구분	구분(소)	내용
공급 서비스	식량 및 사료 제공	식용작물과 식용동물의 제공
	에너지 생산	잠재적 에너지로서의 유용성을 보유한 생물 및 비생물적 요소(예: 바이오매스, 수력발전)
	원료 제공	원료로 잠재적 유용성을 보유한 생물 및 비생물적 요소(예: 목재, 식물성 기름)
	의료·생화학·유전자원 공급원	생태균형 유지를 통한 잠재적으로 유용한 화학용/의학용 유전자원(또는 종다양성)의 유지
	물(담수) 제공	생태계가 제공하는 물(담수) 제공 기능(예: 생활용수, 공업용수, 농업용수)
조절 기능 (서비스)	대기정화	생태계가 대기로부터 오염물질을 제거하는 기능(예: 산림의 대기정화 기능)
	기후조절	토지피복과 생물학적 매개과정 등을 통하여 지역 및 글로벌 기후를 조절하는 기능(예: 산림의 탄소흡수 기능)
	수량조절	생태계가 수행하는 물 저장/방출 역할(예: 산림의 녹색 댐 기능)
	수질정화	유기물을 포함하여 수질 내 오염물질을 제거 및 분해하는 생물 및 비생물적 기능
	수분작용	종자식물의 결실을 위한 꽃가루매개 작용(예: 곤충, 바람, 물 등에 의한 타가수분)
	재해조절	생태계의 자연재해 조절기능(예: 산림에 의한 극한 기후현상 완화 혹은 하천 홍수조절 기능)
	생물학적 조절	생태계의 생물학적 조절 기능(예: 해충 개체군 제어 기능)
	토양보전 및 정화	토양의 형성과 침식방지 및 오염정화 기능
서식처 제공	서식처 제공	종의 생존, 생식, 증식과 휴식을 위한 서식 공간 제공 및 유지
문화 서비스	교육적 가치(지적영감)	생태계가 제공하는 교육, 과학적 가치와 예술적 영감
	휴양·레저·경관미	생태계의 휴식(예: 생태관광), 야외활동을 포함한 레저활동(예: 낚시, 수영, 보트 타기 등), 시각적 경관미 제공 기능
	정체성 지지	문화, 종교 관련 상징적 자원이 제공하는 정체성 지지 기능
보전가치		자원을 유지함에 따라 발생하는 선택가치, 유산가치, 존재가치

주: MA(2005), TEEB(2013), IPBES(2017) 생태계서비스(혹은 생태계 혜택) 분류체계와 수집된 국내 환경가치 연구현황을 바탕으로 상기 EVIS 생태계서비스·편익 분류체계(안)을 작성함.

자료: 항목별 설명의 경우 안소는 외(2014), IPBES(2017)의 생태계서비스별 설명을 변형하여 저자 작성.

〈표 3-1〉에서 제시한 수용체 중심의 분류체계를 중심으로 DB에 수록된 선행연구를 재검토하였다. 재검토 과정에서 원문과의 대조를 통해 일부 표기상의 오류를 수정하였고, 중복으로 수록된 연구를 제외하였으며 관련 용어를 통일하였다. 이러한 과정을 통해 2017년 9월 30일 기준 총 368편의 선행연구에 대한 기본정보를 엑셀 형태로 정리하였으며, 본 자료는 향후 추가적인 작업을 위한 마스터파일의 역할을 담당한다.



주: 2010년 이후 선행연구가 다소 감소한 것은 관련연구가 감소했다기보다는 안소는 외(2011) 이후로 DB 업데이트가 실질적으로 진행되지 못했기 때문이다. 선행연구 업데이트 작업은 2017~2018년에 걸쳐 진행될 예정이며, 2018년 DB 재오픈 시 그 결과를 보고할 예정이다.

자료: 저자 작성.

〈그림 3-1〉 환경가치 DB(EVIS) 발표연도 및 분류체계별 선행연구 분포

〈그림 3-1〉은 환경가치 DB(EVIS)에 수록되어 있는 368개의 선행연구를 연도별, 유형별로 나타내고 있다. 국내 환경가치 연구는 1990년대 초반부터 시작되었으나 본격적으로 연

구가 활발하게 진행된 것은 2000년대 초반 이후이다. 2010년 이후 선행연구가 다소 감소한 것은 실제 관련연구가 감소했다기보다는 안소은 외(2011) 이후로 DB 업데이트가 실질적으로 진행되지 못했기 때문이라고 할 수 있다. 선행연구 업데이트 작업은 2017~2018년에 걸쳐 진행될 예정이며, 2018년 DB 재오픈 시 그 결과를 보고할 예정이다.

2. 부문별 환경가치 연구현황 및 단위가치 요약

본 절에서는 2017년 현재 환경가치 DB(EVIS)에 수록되어 있는 부문별 환경가치 선행연구 현황을 정리하고, 분류 유형별 단위가치 요약 결과를 제시하고자 한다. 가치의 원단위라 해석할 수 있는 단위가치를 도출하기 위해서는 다수의 가치추정치 값을 합산 혹은 비교 가능한 형태로 전환하는 과정이 필요하다. 예를 들어 서로 다른 기준연도로 평가된 가치추정치는 물가 조정을 통하여 기준연도로 통일하는 작업이 요구된다. 본 연구에서 제시한 부문별·항목별 단위가치는 2010년 기준으로 조정된 값이며, 물가 조정을 위해서는 World Bank(2017) 세계발전지표(World Development Indicators) 중 한국의 연도별 소비자물가지수(CPI)를 이용하였다.¹³⁾ 기준연도로 물가가 조정된 이후에도 수집된 가치추정치는 다양한 측정단위로 표현되고 있어, 수집된 값들 간의 합산이나 비교가 쉽지 않다. 본 연구는 부문별, 세부항목별로 동일한 측정단위를 사용한 추정치들을 일차적으로 묶고, 유사한 측정단위 중 합리적인 수준에서 전환이 가능한 추정치는 추가적인 작업을 통해 표준화하여 제시하였다.

가. 생태계부문

생태계부문 환경가치 DB(EVIS) 수록 선행연구 현황을 정리하면 <표 3-5>와 같다. 국내에서는 산림, 담수(육수), 습지, 해안/연안 생태계를 중심으로 다수 연구가 진행되었으며, 초지, 해양생태계의 경우에는 상대적으로 적은 연구가 진행된 것을 확인할 수 있다. 생태계

13) CPI를 활용하여 시간에 따른 물가변화를 조정하는 방식은 해외 환경가치 DB에서도 활용되고 있다. 해외 환경가치 DB 중 GecoServ(Plantier-Santos et al., 2012) Gevad, Envalue는 CPI를 이용하여 하나의 기준연도로 물가가 조정된 값을 제공하고 있으며, ESVD(de Groot et al., 2012)는 CPI 대신 GDP deflator를 사용하고 있다.

유형별 가치추정치 수를 살펴보면 중복연구를 포함할 경우 담수(육수), 산림, 습지, 경작지, 해안/연안 순으로 각각 229개, 227개, 156개, 117개, 111개의 가치추정치 수를 보유하고 있는 것으로 나타났다. 도시생태계(주로 도시 내 녹지 공간)는 75개의 가치추정치를 보유하고 있어 상대적으로 적은 정보가 축적되어 있으며, 초지, 해양생태계의 가치추정치는 20개 미만으로 나타나 해당 생태계에 대한 환경가치 연구는 국내에서 거의 이루어지지 않았음을 확인할 수 있다.

〈표 3-5〉 환경가치 DB(EVIS) 생태계부문 선행연구 현황

대분류	중분류	연구 수(개)		가치추정치 수(개)	
		중복연구 포함	중복연구 제외	중복연구 포함	중복연구 제외
생태계 (Ecosystem)	산림(Forest)	60	56	227	206
	초지(Grasslands)	2	2	13	13
	습지(Wetlands)	43	8	156	34
	도시(Urban)	32	30	75	68
	경작지(Cultivated areas)	22	21	114	113
	담수(육수)(Inland water)	60	41	229	145
	해양(Marine)	8	4	19	8
	해안/연안(Coastal)	43	22	111	57
	기타(생태계)	5	5	11	11
	합계	275	189	955	655

주: 동일한 연구에서 2개 이상의 생태계 유형을 대상으로 가치추정을 진행한 경우, 또는 특정 가치추정치가 2개 이상의 생태계 유형에 해당할 경우 중복연구로 취급함.

자료: 저자 작성.

〈표 3-6〉 생태계 유형별, 생태계서비스·편익별 선행연구 수(중복연구 포함)

	생태계서비스·편익																		
	공급서비스					조절기능(서비스)								서식처 제공	문화서비스			보전 가치	기타
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
산림						1								1	2	38		31	
초지	1					1		1					1			2			
습지	12			1		1			16		1			9	1	12		18	1
도시									1						1	28		6	
경작지	2			2			2	1	1		1					7	1	10	3
담수 (육수)	6			1				2	32					6		16		20	1
해양		1																7	
해안	5	1							5					2		21		17	
기타															1	1		3	

주: (1)식량 및 사료 제공, (2)에너지 생산, (3)원료 제공, (4)의료·생화학·유전자원 공급원, (5)물(담수) 제공, (6)대기정화, (7)기후조절 (8)수량조절, (9)수질정화, (10)수분작용, (11)재해조절, (12)생물학적 조절, (13) 토양보전 및 정화, (14)서식처제공, (15)교육·예술, (16)휴양·레저·경관미, (17)정체성 지지, (18)보전가치, (19)기타

자료: 저자 작성.

〈표 3-7〉 생태계 유형별, 생태계서비스·편익별 가치추정치 수(중복연구 포함)

	생태계서비스·편익																		
	공급서비스					조절기능(서비스)								서식처 제공	문화서비스			보전 가치	기타
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
산림						2								1	2	133		89	
초지	2					2		2					4			3			
습지	17			1		1			27		1			23	1	27		57	1
도시									1						1	61		12	
경작지	3			14			5	1	4		1					25	6	29	29
담수 (육수)	13			1				22	84					21		37		50	1
해양		1																18	
해안	5	1							7					3		55		40	
기타															3	4		4	

주: (1)식량 및 사료 제공, (2)에너지 생산, (3)원료 제공, (4)의료·생화학·유전자원 공급원, (5)물(담수) 제공, (6)대기정화, (7)기후조절 (8)수량조절, (9)수질정화, (10)수분작용, (11)재해조절, (12)생물학적 조절, (13) 토양보전 및 정화, (14)서식처 제공, (15)교육·예술, (16)휴양·레저·경관미, (17)정체성 지지, (18)보전가치, (19)기타

자료: 저자 작성.

생태계부문 선행연구 원문에 제시된 단위를 본 연구에서 사용한 표준화 단위로 환산하기 위한 표준화 과정은 <표 3-8>과 같이 요약된다.

<표 3-8> 생태계부문 측정단위 표준화 내용

선행연구 제시 단위	기존 추정치 표준화 과정	표준화된 단위
원/방문인		원/방문인
천 원/방문인	$\times 1,000$	
달러/방문인	$\times \text{해당시기 환율}^{3)}$	
원/방문가구	$\div 2010\text{년 가구당 가구원 수}^{2)}$	
억 원/년	$\times 100,000,000 \div \text{연간 방문객 수}$	
원/년/ha		원/년/ha
만 원/년/ha	$\times 10,000$	
백만 원/년/ha	$\times 1,000,000$	
원/년	$\div \text{평가대상의 면적(ha)}$	
백만 원/년	$\times 1,000,000 \div \text{평가대상의 면적(ha)}$	
원/년/인	$\times 2010\text{년 가구당 가구원 수}^{2)}$	원/년/가구
만 원/년/인	$\times 10,000 \times 2010\text{년 가구당 가구원 수}^{2)}$	
원/월/인	$\times 5.9^{1)}$ $\times 2010\text{년 가구당 가구원 수}^{2)}$	
달러/월/인	$\times \text{해당시기 환율}^{3)}$ $\times 5.9^{1)}$ $\times 2010\text{년 가구당 가구원 수}^{2)}$	
원/월/가구	$\times 5.9^{1)}$	
원/6개월/가구	$\times 2$	
원/년/가구		
원/인	$\times 2010\text{년 가구당 가구원 수}^{2)}$	원/가구
원/가구		

주: 1) 동일 생태계에 대한 월별 지불의사액(WTP)과 연간 지불의사액을 단순히 12배 차이로 보기는 어려움. 안소은, 김지은(2016)은 두 단위 간에 가산성이 성립하지 않는 문제를 부분적으로 해결하기 위해 EVIS자료로부터 얻은 WTP(원/년/가구) $\div$ WTP(원/월/가구)의 경험적 수치인 5.9를 적용하여 하천 단위가치를 표준화함. 본 연구 또한 원/월/가구로 된 가치추정치에 5.9를 곱하여 원/년/가구로 단위를 표준화하였음.
 2) 2010년 가구당 가구원 수는 통계청 인구총조사의 가구 수와 인구 수 자료를 통해 2.7677으로 계산됨.
 3) 다른 국가의 생태계 가치를 원단위로 환산할 때 국가 간 구매력이 반영된 PPP(구매력평가)를 주로 사용함. 여기서는 국내 생태계 가치가 달러로 표기된 경우이므로 단순 환율을 사용하여 가치를 환산함.
 자료: 저자 작성.

앞서 제시한 과정을 통해 선행연구에서 나타난 다양한 가치추정치 단위를 4개의 유형으로 표준화하여 정리하였다. 또한 추정방법론에 따라 가치추정치 값이 크게 달라질 수 있으므로 추정방법론 유형을 구분하여 단위가치 요약통계량을 제시하였다.¹⁴⁾ 즉, 표준화된 단위로 환산된 추정기법별 가치추정치를 생태계 유형, 생태계서비스·편익 유형별로 살펴보면 다음과 같다.¹⁵⁾

〈표 3-9〉 산림의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
공급 서비스	(6) 대기정화	원/년/ha (1, 2)	대체 비용법	17,100,000	105,000,000	105,000,000	193,000,000
서식처 제공	(14) 서식처 제공	원/년/가구 (1, 1)	CE	-	67	-	-
문화 서비스	(15)교육 ·예술	원/방문·인 (1, 1)	CE	-	11,568	-	-
		원/년/가구 (1, 1)	CE	-	737	-	-
	(16) 휴양·레저 ·경관미	원/방문·인 (17, 50)	CE/CVM	3,540	18,791	14,598	92,390
		원/방문·인 (8, 45)	TCM /RUM	507	37,731	3,317	600,537
		원/년/가구 (13, 31)	CE/CVM	392	59,529	9,494	358,640
		원/가구 (3, 7)	CE/CVM	3,324	20,814	10,123	86,208
보전 가치	(18) 보전가치	원/방문·인 (9, 26)	CE/CVM	216	23,903	697	437,300
		원/년/가구 (20, 58)	CE/CVM /CRM	151	48,429	18,176	274,482
		원/년/가구 (1, 1)	가치이전	-	1,631	-	-
		원/가구 (2, 3)	CVM	16,486	25,805	25,521	35,408

자료: 저자 작성.

14) 단위가치 제시에 있어 생태계 가치를 평가하는 다양한 추정기법을 다음과 같이 유형화하여 구분하였다. 선호체계접근법 중 현시선호법(RP: Revealed Preference method)에 해당하는 연구(예: 여행비용법(TCM), 확률효용모형(RUM))을 하나의 유형으로 보고, 진술선호법(SP: Stated Preference method) 사용 연구(예: 선택실험법(CE), 조건부가치추정법(CVM), 조건부순위결정법(CRM))을 두 번째 유형으로 보았다. 앞선 두 유형에 해당하지 않는 기타 비용기반 접근법을 마지막 유형으로 구분하였다.

15) 앞서 제시한 표준화된 단위로의 환산이 어려운 가치추정치는 단위가치 결과 분석에서 제외하였다.

〈표 3-10〉 초지의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
공급 서비스	(1) 식량 및 사료 제공	원/년/ha (1, 2)	대체 비용법	4,343,357	4,518,896	4,518,896	4,694,434
조절 기능 (서비스)	(6) 대기정화	원/년/ha (1, 2)	대체 비용법	1,528,213	1,644,756	1,644,756	1,761,299
	(8) 수량조절	원/년/ha (1, 2)	대체 비용법	104,189	382,438	382,438	660,687
	(13) 토양보전 및 정화	원/년/ha (1, 4)	대체 비용법	509,055	904,817	937,796	1,234,622
문화 서비스	(16) 휴양·레저 ·경관미	원/년/ha (1, 2)	CVM	426,677	571,224	571,224	715,770
		원/년/가구 (1, 1)	CVM	-	93,180	-	-

자료: 저자 작성.

〈표 3-11〉 습지의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
공급 서비스	(1) 식량 및 사료 제공	원/년/ha (10, 15)	시장 가격법	1,733,772	10,200,000	10,500,000	17,600,000
	(4) 의료·생화학 ·유전자원 공급원	원/방문·인 (1, 1)	CE	-	14,454	-	-
조절 기능 (서비스)	(6) 대기정화	원/년/ha (1, 1)	대체 비용법	-	425,850	-	-
	(9) 수질정화	원/년/ha (11, 17)	대체 비용법	387,778	11,300,000	8,245,451	35,000,000
		원/년/가구 (3, 7)	CE/CVM	476	1,047	844	1,899
	(11) 재해조절	원/년/ha (1, 1)	가치이전	-	3,112,091	-	-
서식처 제공	(14) 서식처 제공	원/년/ha (5, 8)	시장가격법, 가치이전	2,096,819	6,854,495	5,117,253	14,400,000
		원/년/가구 (4, 15)	CE/CVM	537	1,278	1,091	3,162
문화 서비스	(15) 교육·예술	원/방문·인 (1, 1)	CE	-	1,115	-	-
	(16) 휴양·레저· 경관미	원/방문·인 (1, 4)	CE	3,585	5,709	5,539	8,172
		원/방문·인 (2, 6)	TCM	51,086	241,980	159,412	771,889
		원/년/ha (2, 2)	가치이전	633,360	680,949	680,949	728,538
		원/년/ha (1, 3)	TCM	184,002	3,590,000,000	2,500,000,000	8,260,000,000
		원/년/가구 (5, 9)	CE/CVM	410	5,835	1,455	43,358
		원/년/가구 (1, 2)	TCM	107,698	179,240	179,240	250,783
보전 가치	(18) 보전가치	원/년/가구 (15, 48)	CVM	3,554	3,332,891	36,429	156,000,000
		원/가구 (2, 8)	CVM	55,254	90,046	80,033	157,170

자료: 저자 작성.

〈표 3-12〉 도시생태계의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
조절 기능 (서비스)	(9) 수질정화	원/년/가구 (1, 1)		-	82,106	-	-
문화 서비스	(15) 교육·예술	원/가구 (1, 1)	CE	-	29,527	-	-
	(16) 휴양·레저·경관미	원/방문·인 (4, 5)	CVM	173	6,499	3,264	15,440
		원/년/가구 (18, 38)	CE/CVM	793	30,006	16,283	208,001
		원/가구 (3, 12)	CE/CVM	7,527	30,187	30,975	54,906
보전 가치	(18) 보전가치	원/방문·인 (1, 3)	CVM	5,134	8,709	8,585	12,407
		원/년/가구 (4, 5)	CE/CVM	17,570	141,104	59,956	408,998
		원/가구 (1, 4)	CVM	14,980	17,951	17,300	22,222

자료: 저자 작성.

〈표 3-13〉 경작지의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
공급 서비스	(1) 식량 및 사료 제공	원/방문·인 (1, 2)	CVM	16,820	18,509	18,509	20,199
		원/방문·인 (1, 1)	TCM	-	74,200	-	-
	(4) 의료·생화학 ·유전자원 공급원	원/년/가구 (1, 6)	CE	12,216	13,974	14,027	15,568
		원/가구 (1, 8)	CVM	1,308	15,607	11,688	38,241
조절 기능 (서비스)	(7) 기후조절	원/년/ha (1, 1)	대체 비용법	-	20,900,000	-	-
		원/년/가구 (1, 4)	CE	16,546	18,083	18,122	19,545
	(9) 수질정화	원/년/가구 (1, 4)	CE	22,596	22,949	22,994	23,213
문화 서비스	(16) 휴양·레저 ·경관미	원/방문·인 (1, 2)	CVM	5,504	7,603	7,603	9,701
		원/방문·인 (1, 4)	TCM	38,206	141,822	171,554	185,975
		원/년/가구 (3, 18)	CE/CRM	2,580	9,991	5,183	50,173
	(17) 정체성 지지	원/년/가구 (1, 6)	CE	9,730	17,607	17,875	25,228
보전 가치	(18) 보전가치	원/년/가구 (7, 24)	CE/CRM	17,570	132,920	72,498	462,623
		원/가구 (2, 3)	CVM	24,776	81,720	94,854	125,529

자료: 저자 작성.

〈표 3-14〉 담수(육수)의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
공급 서비스	(1) 식량 및 사료 제공	원/년/ha (4, 7)	시장 가격법	1,733,772	12,100,000	13,900,000	17,600,000
		원/년/가구 (1, 3)	CVM	11,640	21,020	19,547	31,873
	(4) 의료·생화학 ·유전자원 공급원	원/방문·인 (1, 1)	CE	-	14,454	-	-
조절 기능 (서비스)	(8) 수량조절	원/방문·인 (1, 4)	CE	16,916	22,451	22,365	28,155
		원/년/가구 (1, 18)	CE	1,361	20,088	13,593	65,861
	(9) 수질정화	원/년/ha (5, 10)	대체 비용법	643,871	8,822,085	7,124,931	23,900,000
		원/방문·인 (1, 2)	CE	10,445	10,558	10,558	10,672
		원/년/가구 (25, 71)	CE/CVM	476	40,224	26,468	331,229
서식처 제공	(14) 서식처 제공	원/년/ha (2, 3)	시장가격법, 가치이전	2,096,819	9,332,273	11,500,000	14,400,000
		원/년/가구 (4, 18)	CE/CVM	29	956	750	3,162
문화 서비스	(16) 휴양·레저· 경관미	원/방문·인 (3, 7)	CVM	2,540	7,167	2,801	22,327
		원/방문·인 (1, 1)	TCM	-	51,086	-	-
		원/년/ha (2, 2)	가치이전	633,360	680,949	680,949	728,538
		원/년/ha (1, 3)	TCM	184,002	3,590,000,000	2,500,000,000	8,260,000,000
		원/년/가구 (7, 15)	CE/CVM	410	3,723	1,529	11,852
		원/년/가구 (1, 2)	TCM	107,698	179,240	179,240	250,783
보전 가치	(18) 보전가치	원/년/가구 (15, 35)	CE/CVM	0.83	17,426	4,994	211,261
		원/가구 (4, 12)	CVM	7,914	63,356	65,856	157,170

자료: 저자 작성.

〈표 3-15〉 해양의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
공급 서비스	(2) 에너지 생산	원/년/가구 (1, 1)	CVM	-	3,942		-
조절 기능 (서비스)	(9) 수질정화	원/년/가구 (1, 6)	CVM	49,790	61,506	64,384	70,015
보전 가치	(18) 보전가치	원/년/가구 (6, 17)	CVM	2,473	47,718	53,991	117,373
		원/가구 (1, 1)	CVM	-	44,130		-

자료: 저자 작성.

〈표 3-16〉 해안의 생태계서비스·편익 유형별 단위가치 요약통계량

생태계서비스·편익		단위 (연구 수, 추정치 수)	추정 기법	가치추정치 분포			
				최소	평균	중위	최대
공급 서비스	(1) 식량 및 사료 제공	원/년/ha (4, 4)	시장 가격법	3,094,884	9,461,308	8,675,174	17,400,000
	(2) 에너지 생산	원/년/가구 (1, 1)	CVM	-	19,651	-	-
조절 기능 (서비스)	(9) 수질정화	원/년/ha (4, 5)	대체 비용법	6,844,556	13,600,000	8,475,242	32,500,000
		원/년/가구 (1, 6)	CVM	49,790	61,506	64,384	70,015
서식처 제공	(14) 서식처 제공	원/년/ha (1, 2)	시장 가격법	3,030,783	3,914,792	3,914,792	4,798,800
		원/년/가구 (1, 1)	CE	-	2,080	-	-
문화 서비스	(16) 휴양·레저· 경관미	원/방문·인 (7, 21)	CVM	2,622	50,525	8,659	200,454
		원/방문·인 (4, 15)	TCM/RUM	251	115,532	2,041	771,889
		원/년/가구 (8, 13)	CE/CVM	2,452	38,010	9,542	250,975
		원/가구 (1, 1)	CVM	-	16,981	-	-
보전 가치	(18) 보전가치	원/방문·인 (2, 4)	CVM	1,128	110,495	1,777	437,300
		원/년/가구 (14, 35)	CVM	3,648	4,484,038	23,989	156,000,000
		원/가구 (1, 1)	CVM	-	44,130	-	-

자료: 저자 작성.

지금까지 환경가치 DB(EVIS) 보유 연구들의 가치추정치를 이용하여 각 생태계 유형별, 생태계서비스·편익별 단위가치 요약통계량을 세부적으로 살펴보았다. <표 3-6>, <표 3-7>의 보유 연구 수 및 보유 가치추정치 수 현황에서도 살펴보았듯이 국내 생태계부문 환경가치 연구의 대부분은 다양한 생태계서비스·편익 중에서도 "휴양·레저·경관미"와 "보전가치"를 평가한 연구에 해당한다. 따라서 본고에서는 비교적 많은 자료가 축적된 해당 생태계서비스·편익의 단위가치 요약통계량에 대하여 <표 3-17>과 같이 정리하였다.

〈표 3-17〉 생태계 유형별, 생태계서비스·편익 유형별 주요 단위가치 요약통계량(중위값)

생태계서비스·편익	단위	산림	초지	습지	도시	경작지	담수(육수)	해양	해안
(16) 휴양·레저·경관미	원/방문·인	8,980 (507, 600,537)	-	81,383 (3,585, 771,889)	3,264 (173, 15,440)	103,917 (5,504, 185,975)	3,149 (2,540, 51,086)	-	7,584 (251, 771,889)
		95		10	5	6	8		36
	원/년/ha	-	571,224 (426,677, 715,770)	728,538 (184,002, 8,260,000,000)	-	-	728,538 (184,002, 8,260,000,000)	-	-
			2	5			5		
	원/년/가구	9,494 (392, 358,640)	93,180 (93,180, 93,180)	1,455 (410, 250,783)	16,283 (793, 208,001)	5,183 (2,580, 50,173)	4,157 (410, 250,783)	-	9,542 (2,452, 250,975)
		31	1	11	38	18	17		13
(18) 보전가치	원/방문·인	697 (216, 437,300)	-	-	8,585 (5,134, 12,407)	-	-	-	1,777 (1,128, 437,300)
		26			3				4
	원/년/가구	17,985 (151, 274,482)	-	36,429 (3,554, 156,000,000)	59,956 (17,570, 408,998)	72,498 (17,570, 462,623)	8,980 (0.83, 211,261)	53,991 (2,473, 117,373)	23,989 (3,648, 156,000,000)
		59		48	5	24	35	17	35

주: 숫자 아래 괄호에 표기된 값은 각각 최소, 최댓값을 의미함. 또한 각 셀의 점선 아래 표기된 값은 요약통계량을 도출하기 위해 사용된 가치추정치 수를 나타냄.

자료: 저자 작성.

수정된 분류체계(안)의 주요 특징이라고 할 수 있는 보전가치 개념은 선택가치, 유산가치, 존재가치와 같이 자원을 사용하지 않고 유지함에 따라 발생하는 비사용가치 및 미래 사용가치를 포함한다. 보전가치를 평가하기에 비교적 적절한 단위라고 할 수 있는 원/년/가구의 동일 단위를 기준으로 볼 때, 전반적으로 보전가치의 값이 현재 사용가치에 해당하는 휴양 및 심미적 가치 이상으로 높은 수치를 나타내고 있으며 생태계 가치의 적지 않은 비중을 차지함을 확인할 수 있다. 현재 환경 관련 의사결정에 있어 사용가치만이 주로 고려되고 있음을 고려할 때, 환경자산의 이용이 아닌 보전에 대한 가치정보를 추가적으로 환경관련 의사결정에 고려할 수 있을 것으로 생각된다.

나. 건강부문

2017년 현재, 환경가치 DB(EVIS) 건강부문은 총 48편의 선행연구와 176개의 가치추정치치를 보유하고 있다. 수록된 대부분의 선행연구는 대기질 관련연구이며, 그 외에 물과 소음 관련 건강영향 연구가 일부 포함되어 있다. 최근 이슈가 되고 있는 유해(화학)물질로 인한 건강영향에 대한 연구는 대기질에 비해 상대적으로 매우 미흡하다. 또한 기후변화 특히 폭염 관련 연구가 최근 활발히 진행되고 있으나 아직 DB에는 수록되지 못한 상황이다. 향후 유해(화학)물질 및 기후변화 관련 연구에 대한 문헌검색을 통해 선행연구를 확인하고 추가적인 정보를 업데이트할 예정이다.

〈표 3-18〉 환경가치 DB(EVIS) 건강부문 선행연구 현황

대분류	중분류	연구 수(개)	가치추정치 수(개)
건강 (Health)	대기질(Air(outdoor))	27	118
	실내공기질(Air(indoor))	2	4
	기후변화(폭염 등)(Climate change)	0	0
	물(Water)	8	29
	소음(Noise)	6	15
	유해(화학)물질(Hazardous materials)	1	4
	악취(Odor)	1	2
	기타(건강)	3	4
	합계	48	176

자료: 저자 작성.

상기 표에서 확인할 수 있듯이 환경가치 DB(EVIS)가 보유한 건강부문 연구 중 절반 이상은 대기질과 관련되어 있다. 따라서 본고에서는 대기질 중 일부 오염물질을 선정하여 단위 가치를 시범적으로 제시하고자 하며, 최근 이슈가 되고 있는 미세먼지(PM10), 오존(O₃)을 선정 대상으로 하였다. 기본적인 단위 표준화 방식은 생태계부문과 같으며(표 3-8 참조), 그 이외에도 원/일/인으로 제시된 입원환자 및 외래환자 질병비용에 각각 입원환자의 평균 입원일 수와 외래환자의 평균 방문일 수를 곱함으로써 이를 원/발병(입원), 원/발병(외래)의 단위로 표준화하였다.

〈표 3-19〉 대기 오염물질별 단위가치

오염물질	단위 (연구 수, 추정치 수)	추정기법	가치추정치 분포			
			최소	평균	중위	최대
오존 (O ₃)	원/년/가구 (1, 8)	CVM	153,726	261,997	232,012	551,202
	원/년/가구 /0.001ppm (1, 2)	회피행위모형	4,471	4,717	4,717	4,964
	원/년/가구 /0.001ppm (2, 12)	헤도닉접근법	65,277	324,381	332,127	576,754
	원/년/가구 /0.001ppm (1, 2)	CE	67,396	70,104	70,104	72,812
먼지 (TSP)	원/년/가구 (1, 3)	CVM	71,331	560,548	225,108	1,385,205
	원/발병(입원) (1, 1)	질병비용법	-	408,599	-	-
	원/발병(외래) (1, 1)	질병비용법	-	56,260	-	-
미세먼지 (PM10)	원/년/가구 /μg/m ³ (1, 2)	CE	6,177	6,703	6,703	7,229
	원/발병(입원) (1, 8)	질병비용법	305,268	1,017,438	693,699	1,964,330
	원/발병(외래) (1, 8)	질병비용법	17,331	50,876	42,960	96,771

자료: 저자 작성.

다. 유·무형자산

2017년 현재 환경가치 DB(EVIS) 유·무형자산부문은 총 69편의 선행연구와 198개의 가치추정치를 포함하고 있다. 이 중 60% 정도에 해당하는 연구는 문화재, 지방 문화축제를 포함한 문화유산을 대상으로 한 연구이다. 또한 상·하수도, 폐기물 처리장 등을 포함한 환경 관련 시설·인프라에 대한 연구도 26편 수록되어 있다.

〈표 3-20〉 환경가치 DB(EVIS) 유·무형자산부문 선행연구 현황

대분류	중분류	연구 수(개)	가치추정치 수(개)
유·무형자산 (Asset)	원료/물질(Materials)	2	5
	시설/인프라(Facilities/infra)	26	73
	문화유산(Cultural heritage)	41	120
	합계	69	198

자료: 저자 작성.

라. 정책 및 규제평가

2017년 현재 환경가치 DB(EVIS) 정책 및 규제평가부문에는 총 30편의 선행연구와 134개의 가치추정치가 수록되어 있다. 이 중 대부분이 식품안전 및 환경제품 인증과 관련된 가치추정 연구이며, 온실가스 저감정책과 의료 복지제도 관련연구가 일부 포함되어 있다. 그 외에도 탈원전 정책이나 환경분쟁조정제도 등의 정책을 대상으로 한 가치추정 연구가 기타(정책 및 규제) 영역에 포함되어 있다.

〈표 3-21〉 환경가치 DB(EVIS) 정책 및 규제평가부문 선행연구 현황

대분류	중분류	연구 수(개)	가치추정치 수(개)
정책 및 규제평가 (Policy /regulation)	식품안전 및 환경제품 인증	17	91
	온실가스 저감정책	2	20
	의료 복지제도	3	14
	기타(정책 및 규제)	8	9
	합계	30	134

자료: 저자 작성.

3. 부문별 단위가치 추정: 수질부문 메타회귀분석

본 절에서는 수질개선에 대한 편익을 추정하기 위하여 메타회귀분석을 진행한다. 메타회귀분석은 안소은 외(2011), 곽소윤 외(2013)에서 구축된 자료를 기반으로, 2010년 이후 수행된 수질 관련 학술논문을 추가하고, 관련 자료 및 변수를 새로이 구성하였다. 보완된 주요 변수에는 수질개선 정도에 대한 등급 변수와 성비, 나이, 소득 등과 같은 인구통계학적 특성이 포함된다. 또한 가치추정치는 총소비자물가지수(CPI)를 활용하여 2005년에서 2015년 불변가격으로 전환하였다.

가. 메타회귀분석 개요¹⁶⁾

메타회귀분석은 선행연구로부터의 정량화된 가치추정치와 관련 정보들을 이용하여 회귀분석을 실시하는 방법이다. 메타회귀분석은 기존 보고서나 논문에서 도출된 소비자잉여 혹은 지불의사액(WTP)을 종속변수로 설정하고, 종속변수에 영향을 미치는 설명변수로 표본 집단의 특성, 적용된 방법론, 특정 장소 혹은 소득 등과 관련된 변수들을 포함한다. 메타회귀분석의 특징은 특정 요소, 적용된 방법론, 연구 설계 및 데이터 특성 등의 차이가 가치추정치에 미치는 영향을 추출할 수 있다는 점이다.

1990년대 초반부터 환경·자원경제학 분야에서의 메타회귀분석에 대한 연구가 대두되기 시작하였다. 야외 휴양가치 연구를 대상으로 메타분석을 적용한 Smith and Kaoru(1990)의 연구를 시작으로, Rosenberger and Loomis(2000, 2001), Shrestha and Loomis(2001), Muthke and Holm-Mueller(2004) 등 휴양가치에 대한 메타회귀분석 연구가 주를 이루어 왔다. 이후 Brander et al.(2003)은 자연습지, Yoshida(2004)는 지역 환경세, Alan Randall et al.(2008)은 농작물 생산을 대상으로 하여, 적용 대상이 점차 다양해지고 있다. 국내 환경가치 분야에 메타회귀분석을 적용한 연구로는 안소은(2007a, 2007b)이 각각 습지의 환경가치와 휴양가치를 추정하였고, 조우영 외(2010)는 도시공원의 비시장가치를, 이희수(2010)가 수질보전에 대한 지불용의액(WTP)을 추정하였다.

16) 본 절은 안소은(2007a)에서 발췌하여 수정한 내용이며, 메타회귀분석에 대한 보다 자세한 설명은 안소은 외(2007a)를 참고하기 바란다.

나. 모델설정

메타회귀분석 자료는 패널데이터와 유사한 구조를 가지고 있다. 메타회귀분석을 위해 기존 연구들로부터 도출된 관측치의 수는 각 연구별로 상이한 경우가 대부분이기 때문에 일반적으로 불균형 패널(unbalanced panel) 구조를 이루고 있다.

패널데이터 분석은 고정효과 모델(fixed effects model) 또는 확률효과 모델(random effects model) 중 하나를 사용하여 패널데이터의 특성을 제어하는 것이 통상적이다. 고정효과 모델과 확률효과 모델 중 보다 적합한 모델을 선택하기 위해서는 독립변수와 개별효과 오차항 사이의 상관관계 존재 여부를 확인해야 하는데 이는 하우스만 검정(Hausman test)을 통해 가능하다. 하우스만 검정의 귀무가설은 $cov(x, u_i) = 0$ 로서 귀무가설이 성립한다면 확률효과 모델이 보다 효율적임을 의미한다. 본 연구의 검정결과, 귀무가설을 5% 유의수준에서 기각하지 못하였으므로 고정효과 모델보다 확률효과 모델이 적합한 모델로 확인되었다. 다음으로 Breusch-Pagan Lagrange Multiplier(LM) 검정을 통해 확률효과와의 존재 여부를 확인한다. LM 검정의 귀무가설은 $Var(u) = 0$ 로, 만약 5% 유의수준 내에서 기각한다면 일반화최소자승법(GLS)에 기반을 둔 확률효과 모델이 최소자승법(OLS)을 적용한 선형회귀모델보다 통계적으로 최적화됨을 의미한다. 본 연구의 LM 검증 결과는 5% 유의수준 내에서 귀무가설을 기각하지 못했으므로 선형회귀모델이 최적화 모델로 확인되었다(표 3-22 참조). 패널데이터 검정결과를 바탕으로 식(3-1)과 같은 메타회귀모델을 설정하였다.

〈표 3-22〉 패널데이터 검정결과

테스트	χ^2 검증	확률 $> \chi^2$
Hausman test	5.75	0.332
Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test	0.80	0.186

$$\begin{aligned} \ln cpiwtp_i = & \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_{10} X_{10} \\ & + \beta_{hanimp} hanimp_i + \beta_{geumimp} geumimp_i + \beta_{nakimp} nakimp_i + \epsilon_i \end{aligned} \quad \text{식(3-1)}$$

여기서 $\ln cpiwtp_i$ 는 종속변수로 개별 연구들의 지불의사액(WTP)에 자연로그를 취한 값이며, $X_1 \dots X_{10}$ 은 연구 특성, 대상지 특성, 방법론 특성, 사회경제적 특성들을 나타내는 변수이다. $hanimp_i$, $geumimp_i$, $nakimp_i$ 는 각각 한강, 금강, 낙동강을 나타내는 더미변수와 수질개선수준 변수를 교차한 변수이며, ϵ_i 는 오차항이다.

메타회귀분석으로부터 도출된 추정치의 유효성 여부는 통계적 검정을 통해 가능하다 (Shrestha and Loomis, 2001). 먼저 지불의사액 추정치 값(predicted values)과 관측치 값(observed values)을 비교하고, 두 값이 통계적으로 같은지 t -검정을 통해 확인할 수 있으며, 이 때 귀무가설과 대립가설은 다음과 같다.

$$H_0 : WTP_i^{pv} - WTP_i^{ov} = 0, H_1 : WTP_i^{pv} - WTP_i^{ov} \neq 0 \quad \text{식(3-2)}$$

여기서 WTP_i^{pv} 는 메타회귀분석으로부터 추정된 i 번째 지불의사액(WTP) 값을 의미하며 WTP_i^{ov} 는 기존 연구로부터 도출된 지불의사액(WTP) 값을 의미한다. 귀무가설 H_0 가 채택 되면 두 개의 값이 수렴하는 것으로 해석되고, 메타회귀분석 추정치의 신뢰성을 뒷받침할 수 있다.

다음으로 WTP_i^{pv} 과 WTP_i^{ov} 값의 관계가 통계적으로 유의한지 검증하기 위해 상관분석을 실행하였다. 가장 보편적으로 이용되는 Pearson 상관계수를 활용하였으며, 이 때 귀무가설과 대립가설은 각각 다음과 같다.

$$H_0 : \gamma = 0, H_1 : \gamma \neq 0 \quad \text{식(3-3)}$$

여기서 γ 는 WTP_i^{pv} 와 WTP_i^{ov} 사이의 Pearson 상관계수를 의미한다. 만약 귀무가설 H_0 가 기각된다면 WTP_i^{pv} 와 WTP_i^{ov} 사이의 관계는 통계적으로 유의하며, 이는 t -검정과 함께 메타회귀분석 결과의 유효성을 지지하게 된다. 두 값의 방향과 관련하여 양(음)의 계수는 기존 연구가 높은(낮은) WTP 값을 산출할 때, 메타회귀분석을 통해 추정된 WTP 값도 높게(낮게) 추정된다는 것을 의미한다.

다. 데이터

본 연구는 수질의 경제적 가치추정과 관련된 총 51개의 논문 및 학술문헌을 확보하였으며, 이로부터 총 139개의 가치추정치를 추출하였다. 동일한 연구의 동일한 대상이라 할지라도 가치를 추정하는 방법이 다를 경우 독립된 추정치로 간주하였다. 이 중 분석에 필요한 정보가 누락되었거나 분석에 적합하지 않다고 판단된 선행연구를 제외한 결과 30개의 연구가 남았고 이 중 72개의 추정치가 사용되었다. 분석에 포함된 30개의 선행연구와 각 연구로부터 추출한 가치추정치 개수, 조사대상 유역, 추정기법을 요약하면 <표 3-23>과 같다. <표 3-23>의 ‘수질개선훈준’¹⁷⁾은 각 연구의 가상 상황 설계 시 제시한 현재 수질수준(status quo)으로부터의 개선 정도를 등급으로 표시한 것이다.

<표 3-24>는 본 연구에서 사용된 변수에 대한 정의와 기초통계량이다. 종속변수로 사용된 가치추정치 *cpiwtp*는 원/월/가구를 측정단위로 2015년 불변가격으로 통일하였다. 독립 변수로는 연구 특성, 유역 구분, 현재수질수준, 수질개선훈준, 사회경제적 변수, 평가기준연도 등의 변수가 고려되었으며 선행연구에서 사용한 변수들과 유사한 변수로 구성되었다. 유역은 4대강으로 구분하여 분류하였으나, 영산·섬진강 유역을 대상으로 한 수질개선 연구가 불충분하여 이번 분석에서 누락되었다. 대부분의 독립변수들은 주로 더미변수로 구축되었으며 유역별 수질개선효과를 구분하기 위하여 해당 변수들을 교차하여 모델에 포함하였다.

17) 2017년 현재 적용되고 있는 「환경정책기본법」 상의 환경기준은 2012.11.27. 개정(시행일: 2014.1.11.)된 내용이다. 하천 생활환경 기준, 수질은 7등급(매우 좋음, 좋음, 약간 좋음, 보통, 약간 나쁨, 나쁨, 매우 나쁨)으로 구분되며, 등급 결정 요소로는 수소이온농도(pH), 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 총유기탄소량(TOC), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 총인(T-P), 대장균수(총대장균군, 분원성 대장균군)이다. 본 연구의 메타회귀분석에 사용된 진술번호법(조건부가치추정법, 선택실험법) 선행연구는 가상시장 시나리오 설계 시 수질개선 척도로 환경부 수질등급을 사용하고 있는데, 대부분 7등급 이전의 5등급 체계(매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨, 매우 나쁨)를 활용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 5단계 수질등급 체계를 활용하여 수질 관련 변수를 구축하였다. 하천 수질 등급체계에 대한 자세한 내용은 <http://www.me.go.kr>을 참조하기 바란다.

〈표 3-23〉 수질의 경제적 가치추정 선행연구 요약

연구자	조사시기	추정치	수질개선수준	조사유역	추정기법
김도영	1993	4	1	한강유역	조건부가치측정법
신영철	1996	1	1	한강유역	조건부가치측정법
엄영숙	2000	4	1~2	금강유역	조건부가치측정법
이충선	2000	1	2	한강유역	조건부가치측정법
정민욱	2000	3	2	한강유역	조건부가치측정법
전철현	2000	1	2	한강유역	조건부가치측정법
박용치	2001	1	2	한강유역	조건부가치측정법
김기환	2001	1	1	낙동강유역	조건부가치측정법
김봉구	2001	1	2	한강유역	조건부가치측정법
이승복	2001	1	1	한강유역	조건부가치측정법
여준호	2003	1	1	한강유역	조건부가치측정법
유승훈	2003	4	2	한강유역	조건부가치측정법
이정인	2003	2	2	한강유역	조건부가치측정법
김재홍	2004	1	2	낙동강유역	조건부가치측정법
김재홍	2004	1	1	낙동강유역	조건부가치측정법
조승국	2004	2	1	한강유역	선택실험법
이주석	2006	2	2	낙동강유역	조건부가치측정법
유승훈	2006	2	2	한강유역	조건부가치측정법
이주석	2006	2	2	낙동강유역	조건부가치측정법
신효중	2007	6	1	한강유역	조건부가치측정법
정은성	2007	9	1~2	한강유역	선택실험법
박동진	2007	1	2	한강유역	조건부가치측정법
김재홍	2008	4	1	낙동강유역	조건부가치측정법
안송엽	2008	1	2	금강유역	조건부가치측정법
추재욱	2009	8	2	낙동강유역	조건부가치측정법
곽소윤	2010	1	1	낙동강유역	조건부가치측정법
이주석	2012	2	1	금강유역	조건부가치측정법
이희찬	2014	2	1	한강유역	선택실험법
강재완	2015	2	1	금강유역	선택실험법
이희찬	2015	1	1	금강유역	선택실험법

〈표 3-24〉 수질부문 메타회귀분석에 사용된 변수요약 및 기초통계량

변수	관측치	정의	평균	표준편차	최솟값	최댓값
<i>cpivotp</i>	72	가치추정치(월/가구)	4,719.08	3,392.92	119.845	14,201.59
<i>stypedum</i>	72	학술지논문=1, 그 외=0	0.778	0.419	0	1
<i>drinking</i>	72	음용수=1, 그 외=0	0.292	0.458	0	1
<i>hangang</i>	72	한강=1, 그 외=0	0.583	0.496	0	1
<i>geumgang</i>	72	금강=1, 그 외=0	0.139	0.348	0	1
<i>nakdong</i>	72	낙동강=1, 그 외=0	0.278	0.451	0	1
<i>good</i>	72	하천수 수질기준 좋음=1, 그 외=0	0.125	0.333	0	1
<i>normal</i>	72	하천수 수질기준 보통=1, 그 외=0	0.667	0.475	0	1
<i>bad</i>	72	하천수 수질기준 나쁨=1, 그 외=0	0.111	0.316	0	1
<i>toobad</i>	72	하천수 수질기준 매우나쁨=1, 그 외=0	0.097	0.298	0	1
<i>improve</i>	72	수질개선수준 (개선수질수준-현재수질수준)	1.500	0.504	1	2
<i>hanimp</i>	72	hangang*improve	0.861	0.827	0	2
<i>geumimp</i>	72	geumgang*improve	0.181	0.484	0	2
<i>nakimp</i>	72	nakdong*improve	0.458	0.786	0	2
<i>ftf</i>	72	일대일면접=1, 그 외=0	0.903	0.298	0	1
<i>cvm</i>	72	CVM=1, 그 외=0	0.778	0.419	0	1
<i>tax</i>	72	지불수단이 세금=1, 그 외=0	0.111	0.316	0	1
<i>truncdum</i>	72	절단모형실시=1, 그 외=0	0.028	0.165	0	1
<i>lowinc</i>	72	저소득=1(월 소득 344만 원 이하)	0.306	0.464	0	1
<i>medinc</i>	72	중소득=1(월 소득 344만 원 초과 419만 원 이하)	0.292	0.458	0	1
<i>highinc</i>	72	고소득=1(월 소득 419만 원 초과)	0.403	0.494	0	1
<i>trend</i>	72	1992=1, 1993=2···2015=24	14.222	5.039	1	24

라. 추정결과

메타회귀분석 추정결과는 <표 3-25>와 같다. 먼저 모델의 설명력을 나타내는 R^2 값은 0.78로 종속변수 총 변이 중 78%를 설명하는 것으로 나타났다.¹⁸⁾ 추정결과 대부분의 변수들이 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며 계수의 부호 또한 예상과 일치하는 것으로 나타났다.

먼저 변수 *stypedum* 는 지불의사액(WTP)과 음의 상관관계가 있는 것으로 추정되었는데, 학술지 논문인 경우 기타 연구(연구보고서, 학위논문 등)에 비해 지불의사액(WTP)이 상대적으로 낮게 추정되고 있음을 의미한다. 음용수(*drinking*) 변수 또한 음의 값으로 추정되었는데, 이는 음용수를 대상으로 한 연구가 기타 연구(강, 호수, 하천 전체에 대한 WTP를 추정한 연구)에 비해 지불의사액(WTP)이 상대적으로 낮게 추정된 것으로 해석될 수 있다. 또한 지불수단을 세금(*tax*)으로 한 연구의 경우 음의 값으로 추정되었는데, 이는 세금을 더욱 내야 한다는 저항감에 따른 소극적 지불의사 표현으로 해석된다.

한편 연구가 진행된 시점의 대상지 현재 수질수준(status quo)을 나타내는 변수(*good, normal, bad, toobad*) 중 *bad* 변수만이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이는 현재 수질이 나쁨 수준(*bad*)일수록 좋은 수준(*good*)에 비해 지불의사액(WTP)이 상대적으로 높게 추정되었음을 나타낸다. 소득 관련 변수인 *medinc*와 *highinc*의 계수 값은 둘 다 양의 값으로 추정되었다. 두 소득층 모두 소득이 가장 적은 저소득층보다 더 많은 비용을 지불하겠다는 것은 이해할 수 있는 결과이지만 고소득층보다 소득이 적은 중소득층의 계수 값이 적게 추정된 것은 예상했던 결과와 상충된다. 그러나 이러한 결과는 고소득층 가구의 수질에 대한 민감도가 중소득층에 비해 덜 할 수도 있다는 측면의 해석도 가능하다. 예를 들어 수질이 개선된다면, 중소득층 가구는 음용수를 정화하는 비용이나 다른 지역에서 물놀이를 즐기기 위한 이동 비용을 줄일 수 있다. 반면 고소득층의 경우 중소득층에 비해 비교적 다른 대체재를 쉽게 찾을 수 있기 때문에 수질 수준 변화에 덜 영향을 받을 수 있다고 판단된다(Shin et al., 2016).

18) 모델 분석결과 이분산성(heteroskedasticity)이 존재하는 것으로 나타나 강건표준오차(robust standard error)를 적용하였다.

본 연구의 주요 관심 변수인 *hanimp*, *geumimp*, *nakimp* 변수는 한강, 금강, 낙동강을 나타내는 더미변수와 수질개선수준 변수를 교차한 변수이다. 이 변수들은 유역별 각기 다른 수질개선 영향을 나타내는 변수로 모두 통계적으로 유의하며 양의 값으로 추정되었다. 특히 낙동강의 경우 수질이 한 단계 개선되었을 때 지불하고자 하는 계수 값이 다른 유역에 비해 비교적 높게 추정되었다.

〈표 3-25〉 수질부문 메타회귀분석 추정결과

	계수	표준오차	t
<i>constant</i>	9.1820 ^{***}	0.7540	12.18
<i>stypedum</i>	-1.0339 ^{***}	0.3093	-3.34
<i>drinking</i>	-0.5175 ^{**}	0.2255	-2.3
<i>hanimp</i>	0.8084 ^{***}	0.2360	3.42
<i>geumimp</i>	0.6238 ^{**}	0.2859	2.18
<i>nakimp</i>	0.9643 ^{***}	0.3260	2.96
<i>good</i>	reference		
<i>normal</i>	-0.061	0.2769	-0.22
<i>bad</i>	0.8988 ^{***}	0.2777	3.24
<i>toobad</i>	-0.5121	0.3688	-1.39
<i>ftf</i>	-0.4324	0.3077	-1.41
<i>cvm</i>	0.4087	0.2827	1.45
<i>tax</i>	-1.5709 ^{***}	0.4634	-3.39
<i>truncdum</i>	0.1217	0.2067	0.59
<i>lowinc</i>	reference		
<i>medinc</i>	1.2876 ^{***}	0.3374	3.82
<i>highinc</i>	0.9524 ^{***}	0.3362	2.83
<i>trend</i>	-0.1342 ^{***}	0.0207	-6.49
Mean VIF	4.11		
R ²	0.78		
Obs	72		
No. of study	30		

주: ***, **은 각각 1%, 5% 수준에서 통계적으로 유의함.

메타회귀분석 모델의 유효성 검정결과는 <표 3-26>과 같다. 메타회귀분석을 통해 추정된 지불의사액(WTP) 추정치 값(predicted values)과 관측치 값(observed values)의 평균값은 각각 8.16, 8.10으로 나타났으며, 두 값의 차이는 0.74%로 나타나 두 값의 오류가 상대적으로 적음을 통계적으로 확인할 수 있다. 또한 대응표본 t -검정 결과 WTP^{pv} 와 WTP^{ov} 값이 통계적으로 다르지 않다는 점이 검증되었고, Pearson 상관계수 결과 1% 유의수준 내에서 귀무가설을 기각해 WTP^{pv} 와 WTP^{ov} 값의 관계는 통계적으로 유의하며, 이는 t -검정과 같이 메타회귀분석으로부터의 추정치가 통계적으로 신뢰할 수 있다는 점을 뒷받침하고 있다고 볼 수 있다.

<표 3-26> 수질부문 메타회귀분석 모형 유효성 검정

검정 유형	WTP(predicted values)	WTP(observed values)
평균값	8.16	8.10
평균값 차이(%) ¹⁾	0.731	
대응표본 t -검정(표본수)	-0.838 (71)	
Pearson's 상관계수	0.804 [*]	

주1) $\{(predicted\ WTP - observed\ WTP) / predicted\ WTP\} \times 100$;

*은 Pearson 상관계수가 1% 수준에서 통계적으로 유의함.

마. 편익추정

<표 3-25> 추정결과에서 제시된 유역별 계수 추정치($hanimp$, $geumimp$, $nakimp$)와 각 권역별 표본 평균값 및 중위값을 이용하여 수질을 1등급 개선할 경우의 한계지불의사액(MWTP: Marginal Willingness to Pay)을 도출하면 <표 3-27>과 같다. 권역별 한계지불의사액(MWTP)은 식(3-4)와 같이 계산된다.

$$MWTP_i = \beta_i \times WTP_i^{mean, median} \quad \text{식(3-4)}$$

여기서 i 는 권역 즉 한강, 낙동강, 금강을 의미한다.

유역별 표본 평균값은 가구당 한강 5,861, 낙동강 3,055, 금강 3,251원/월이며 중위값

은 각각 5,484, 3,133, 3,046원/월이다. 표본의 평균값에 따라 추정된 유역별 한계지불의사액(MWTP)은 가구당 한강 4,738, 낙동강 2,946, 금강 2,028원/월이며, 중위값에 따라 추정된 한계지불의사액(MWTP)은 각각 4,433, 3,021, 1,900원/월으로 추정되었다. 이상치(outlier)에 따라 값이 과대 혹은 과소 추정될 수 있음을 보완하기 위하여 평균값과 함께 중위값에 근거한 한계지불의사액(MWTP) 값을 제시하였다.

〈표 3-27〉 수질개선 한계지불의사액(MWTP) 추정결과

단위: 원/월/가구

대권역	표본 평균값	표본 중위값	MWTP(평균값)	MWTP(중위값)
한강	5,861.2	5,484.1	4,738.0	4,433.2
낙동강	3,055.0	3,133.0	2,946.0	3,021.2
금강	3,250.5	3,046.4	2,027.7	1,900.4

수질개선에 따른 총 편익을 추정하기 위해서 원/월/가구당 한계지불의사액(MWTP)을 원/년/가구당 한계지불의사액(MWTP)으로 보정하는 것이 필요하다. 지금까지 연간 WTP는 월별 WTP에 12를 곱하여 산출하는 것이 통상적이었으나, 안소은 외(2015)는 시간의 흐름과 단위가치 간에 가산성(additivity)이 성립하지 않는다는 것을 전제로 12 대신 환경가치 DB(EVIS)로부터의 경험적 수치인 5.9를 적용하는 것을 제안하였다. 본 연구는 이를 반영하여 12와 5.9를 적용하여 전환한 연간 한계지불의사액(MWTP)을 권역별로 제시하였다(표 3-28 참조). 권역별 가구 수는 수계를 중심으로 재산정하였으며, 2015년 통계청 인구총조사 자료를 사용하였다.

연간 한계지불의사액(MWTP) 값은 중위값을 통해 도출된 월별 한계지불의사액(MWTP) 값을 기준으로 계산하였다.¹⁹⁾ 한강유역의 경우 12배와 5.9배를 적용한 연간 편익은 각각 약 5,582억 원, 2,744억 원으로 산출되었으며, 낙동강 유역은 각각 약 1,850억 원, 910억 원, 금강은 각각 약 514억 원, 253억 원으로 집계되었다. 이 수치는 가구당 월별 한계지불의사액(MWTP) 중위값을 기반으로 해당 유역의 가구 수를 반영하여 단순 확장한 값으로

19) 권역별 표본 평균값이 정규성 검증(Normality test)에서 정규분포를 따른다는 귀무가설을 기각했기 때문에 중위값을 채택하여 계산하였다.

해당 유역의 수질등급을 1단계 개선하는 경우 예상할 수 있는 연간 총 편익으로 해석할 수 있다.

〈표 3-28〉 한계지불의사액(MWTP)에 근거한 권역별 연간 수질개선 편익추정 결과

대권역	MWTP(A) (×12;원/년/가구)	MWTP(B) (×5.9;원/년/가구)	가구 수(C)	연간 편익 (A×C; 백만원)	연간 편익 (B×C; 백만원)
한강	53,198	26,156	10,492,756	558,196	274,446
낙동강	36,255	17,825	5,102,347	184,984	90,950
금강	22,805	11,213	2,252,630	51,372	25,258

주: 연간가치 도출을 위하여 원단위 WTP(원/월/가구)를 연간가치로 전환하여 사용함; 전환계수로는 환경가치 DB(EVIS)로부터 도출된 WTP(원/년/가구)/WTP(원/월/가구) 비율 5.9를 적용함. 5.9는 환경가치 DB(EVIS)로부터의 경험적 수치이며 이론적 근거를 갖는 수치는 아님을 밝혀둠(안소는 외, 2015).

자료: 통계청, 인구총조사.

바. 시사점

본 연구는 수질개선수준을 활용하여 소비자들의 수질수준 증가에 대한 한계지불의사액(MWTP)을 유역별로 추정하였다는 점에서 기존 연구와 차별성을 지니며 향후 유역별 수질 관련 정책에 활용 가능할 것으로 생각된다. 다만 4대강 유역 모두 한계지불의사액(MWTP) 추정이 가능하였다면 국내 전체에 대한 수질개선 편익 추정이 가능하였을 것으로 생각되나 자료 및 선행연구의 부재로 영산·섬진강에 대한 결과를 추정하지 못한 점은 한계점으로 남는다.

앞서 언급한 바와 같이 본 연구는 메타회귀분석을 통해 수질개선에 대한 한계지불의사액(MWTP)을 추정하였고 단위가치를 제시하였다. 국내 대표적인 정책·사업평가 제도인 예비타당성조사 또는 규제영향분석의 경우 환경편익·비용을 고려한 비용편익분석을 이행할 것을 지침 상 권고하고 있으나, 공공재인 환경 관련 비용 또는 편익에 대한 정보 부족으로 인해 실질적인 운영에 한계가 있어왔다는 평가가 있어왔다.²⁰⁾ 본 연구 결과는 대표적인 환경서비스인 수질개선에 대한 단위가치로 활용 가능할 것으로 생각되며, 관련 정책의 사

20) 규제영향분석 및 예비타당성조사의 운영현황, 특히 환경편익/비용 반영에 대한 분석예시로는 안소는 외(2010)의 5장을 참고하기 바란다.

전·사후 평가 시 편익·비용 산정의 근거로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

또한 현재 수질개선을 목적으로 물 이용자에게 부과하는 물이용부담금의 산정기준에 대한 과학적 근거가 부족해 물이용부담금 부과에 대해 지역별로 논란이 되고 있는 상황이다. 따라서 본 연구에서 도출한 단위가치는 수질개선을 위한 국가사업 및 재원마련에 근거자료로 활용될 수 있다고 생각된다. 아울러 향후 수질관리 및 개선에 대한 설문조사에 근거하여 선택실험법을 적용하고 본 연구에서 추정한 결과와 비교할 계획이며, 수질에 대한 국민들의 인식과 선호를 보다 정밀하게 파악해 수질개선과 관련한 기초적인 정책 자료를 제시하고자 한다.

4. 환경가치 DB 개선방향

2017년도 환경가치 DB(EVIS) 개선작업이 분류체계 수정, 수정된 분류체계에 기반을 둔 선행연구 재검토 및 부문별 수록연구 현황분석, 수질부문 메타회귀분석을 포함한 내용적 측면의 개선을 중심으로 진행되었다면, 2018년도는 DB의 기능적, 시스템 측면의 개선으로 무게중심이 이동된다. 여기에는 2017년 수용체 중심의 분류체계를 중심으로 정리한 선행연구 기본 정보(서지정보, 평가대상 정보, 단위가치 정보, 추정기법 세부사항)를 Excel 파일형태로 일괄 다운로드 받을 수 있는 기능이 포함된다. 또한 DB 메인 화면 재구성을 통해 검색기능을 개선하고, 환경가치 개념, 유형, 추정기법에 대한 정보, 단위가치 해석과 관련된 유의점, 가치이전 절차와 관련된 간이지침을 제공함으로써 환경가치 정보에 대한 접근성 및 활용성을 높이하고자 한다. 환경가치 DB(EVIS)는 2018년도에 재오픈할 예정이다.

환경가치 DB(EVIS)의 기능적, 시스템 측면의 개선과 함께 내용적 측면의 개선도 지속적으로 추진된다. 선행연구 선별·검증에 활용 가능한 점검목록을 마련하여 개별 연구로부터의 연구결과 요약 시 활용하고, 가능한 부문에 한해 관련정보를 정리하여 제공하고자 한다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 2017년도 작업을 기반으로 분류체계별로 선행연구를 추가하고, 부문별 단위가치 요약 정보의 신뢰성 및 대표성을 높이는 방안을 모색하는 한편 메타회귀분석을 확대·적용하고자 한다.

제4장

향후계획

2018년도는 본 연구의 1단계 사업(2016~2018)이 완료된다. 서론에서 언급한 바와 같이 1단계 사업의 목표는 환경·경제 통합분석 시스템 구축을 위한 기반 마련이다. <그림 4-1>은 1단계 사업의 부문별, 연차별 연구내용을 요약하고 있으며, 2018년도 내용은 점선으로 표시하였다.

부문	1 단계: 2016~2018: 환경영향의 정량화와 단위가치 연계를 위한 시스템 기반구축			2 단계	3 단계
	2016년	2017년	2018년	'19~'21	'22~'24
총 괄	- 중장기연구계획 수립 - 통합분석 틀 설계 - 환경가치DB 사례검토	- 경로분석 템플릿 설계 - 환경가치DB 개선작업 - 단위가치 요약 및 추정	- 경로분석 템플릿 적용 - 환경가치DB 오픈 - 통합분석 시스템 설계 (경로분석 템플릿+환경가치DB)		
생태계 평가 및 가치추정	탄소흡수·저장 가치추정	권역별 수량 모델링	권역별 수질 모델링	환경·경제 통합분석 사례연구를 통한 통합분석 시스템 개선 및 안정화	통합분석 시스템의 고도화 및 정책/사업평가 활용도 제고
		권역별 수량공급 가치추정	권역별 수질 가치추정		
			문화생태계서비스 측정 문헌검토 에타지 접근법 시범적용 검토		
건강영향 평가 및 가치추정	대기오염(PM2.5)의 건강영향 평가 및 가치추정		농도반응(CR) 함수 정리		
	분석우선순위결정 / 화학물질 (수은/납)의 건강영향 평가 및 가치추정		농도반응(CR) 함수 정리		
	소음의 건강영향 (수면장애, 심혈관계 질환) 평가		용량반응(DR) 함수 정리		
	건강영향 별 단위가치 방법론 검토	건강영향 별 단위가치(COI, VSL, VOLY) 생성			
국민환경 의식조사		2017 국민환경의식조사	2018 국민환경의식조사 및 환경가치 수요조사		

자료: 저자 작성.

<그림 4-1> 1단계 사업의 부문별 연차별 연구내용

2018년도는 지난 2년간의 연구내용을 종합·평가하고 그 결과를 반영하여 2단계 사업계획을 정비한다는 차원에서 중요하며 또한 환경가치 DB(EVIS)를 재오픈한다는 점에서 의미가 있다. 2018년 연구도 총 4부문, 즉 총괄, 생태계 평가 및 가치추정, 건강영향 평가 및 가치추정, 국민환경의식조사로 구분하여 연구를 진행한다. 총괄은 환경가치 DB(EVIS) 개선 작업을 지속적으로 진행한다. DB 개선은 부문별 단위가치 요약과 메타회귀분석 확대·적용을 중심으로 한 내용적 측면과 환경가치 정보의 접근성과 활용성을 제고하기 위한 기능적 측면을 포함한다. 2017년도에 다각적으로 검토했던 수용체 중심의 분류체계를 확정하고, 확정된 분류체계를 기반으로 하여 2010년 이후 업데이트가 미진하였던 가치추정 선행연구를 검색, 정리하여 업로드하는 작업을 병행하여 수행할 예정이다.

2018년 생태계 평가 및 가치추정은 평가의 영역을 조절서비스뿐만 아니라 지지서비스 및 문화서비스로 확대하고자 한다. 먼저 2017년 수량모델링에 이어 수질모델링을 수행하고, 가치추정과 관련해서는 수량과 수질측정 기본단위에 연계할 수 있는 단위가치를 도출하는 작업을 병행하여 진행한다. 특히 수량공급 및 수질정화 서비스의 단위가치 추정 시 지불의사액(WTP)에 근거한 단위가치뿐만 아니라 대체비용, 처리비용, 복원비용 등에 근거한 가치를 추가하여, 분석목적에 따라 적절한 단위가치를 선택할 수 있도록 하고자 한다. 또한 에머지(emergy) 접근법을 활용한 권역별 생태계 평가, 특히 지지가능 평가의 가능성을 시범연구를 통해 검토해보고자 한다. 휴양 또는 생태관광을 제외하고 평가가 미진해 왔던 문화서비스에 대해서는 해외 사례연구 검토를 통해 최근 연구동향을 파악하고, 생태계가 제공하는 교육적·지적인 영감 제공 서비스와 개인의 정체성을 지지와 관련된 서비스를 평가하기 위한 다양한 분석기법을 정리하고 국내 활용 가능한 방법론을 도출해보고자 한다.

건강부문 영향 평가는 새로운 건강영향 함수를 추정하는 사례연구보다는 2016~2017년도에 수행했던 사례연구 결과를 정리하고, 추가적인 문헌연구를 통한 농도반응(CR)함수, 용량반응(DR)함수 파라미터를 검토함으로써, 사례연구 결과와 문헌연구를 종합하고, 그 결과를 가치추정에 연계할 수 있는 방안을 모색하고자 한다. 특히 메타분석이 가능한 영역을 선별하여 분석을 진행하고 함수이전을 통한 가치추정을 대기, 화학물질, 소음별로 진행하고자 한다. 또한 부분적으로 진행되어 왔던 건강영향 단위가치 즉, 질병비용(COI), 통계적생명가치(VSL), 연간생명가치(VOLY)를 건강영향의 종결점(end-point)별로 차별화하여 함

수이전 가치추정을 지원하고자 한다.

통합분석 시스템 구축 부문은 2016~2017년 2년 동안 사례연구 형태로 진행하였던 생태계 평가, 건강영향 평가, 단위가치 추정으로부터의 연구결과를 부문별 경로분석 템플릿 설계에 최대한 반영하는 것을 목표로 한다. 2017년에 설계한 부문별 개념적, 방법론적 템플릿의 정교화는 물론 관련 정보가 상대적으로 축적된 부문에 따라서는 분석대상인 종결점(end-point)을 구체화하고 영향경로 확인을 통해 간단한 계산식 형태의 템플릿 설계 및 시범적용을 진행하고자 한다. 1단계 사업기간(2016~2018)에는 시범적인 템플릿 설계에 집중하고자 하며, 2단계 사업(2019~2021) 기간에는 템플릿을 정교화하는 작업과 데이터의 신뢰성을 높이는 작업을 병행하고자 한다. 최종적으로 경로분석 템플릿은 환경가치 DB와 연계하여 통합분석 시스템으로 확장된다.

예를 들어 육상 생태계의 탄소흡수량·저장량을 분석 종결점으로 설정하면, 모델링을 통한 육상 생태계 유형별(산림, 초지, 경작지, 습지 등) 탄소흡수량·저장량을 도출하는 작업을 우선적으로 진행한다. 다음으로는 생태계 유형별 흡수량·저장량을 단위면적당 수치로 환산하는 작업으로 연계할 수 있으며, 연계가능한 적절한 단위가치 정보가 존재하면 이를 활용하여 총 가치 및 가치변화를 추정할 수 있는 계산식 도출이 가능하다. 여기에 기준선(baseline)과 시나리오 적용을 통한 탄소흡수량·저장량 변화 도출이 가능하도록 계산식을 설계하면 정책·사업평가가 가능한 템플릿이 완성되는 것이다.

마지막으로 2017년도에 본 연구로 편입된 국민환경의식조사는 2017년도 설문조사 결과를 포함한 과거 6년간(2012~2017) 축적된 정보를 기반으로 경향분석, 상관분석 등을 포함한 다양한 분석을 시도하고자 하며, 본 연구의 목적 특히 국민·공공부문의 환경가치 정보수요를 파악할 수 있도록 설문조사 문항을 일부 수정할 예정이다.

| 참고문헌 |

[국내문헌]

- 곽소윤, 안소은, 배두현(2013), 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 IV」, 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은(2007a), "우리나라 습지의 환경적 가치: 메타회귀분석", 「자원·환경경제연구」, 16(1), pp.65-100.
- 안소은(2007b), "메타회귀분석 편익이전 기법을 이용한 휴양 가치 추정", 「경제학연구」, 55(3), pp.35-62.
- 안소은, 윤정호, 배두현(2009), 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 I」, 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은 외(2010), 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 II」, 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은 외(2014), 「생태계서비스 측정체계 기반구축 (I): 하천생태계를 중심으로」, 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은, 배두현, 이창훈(2011), 「환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 III」, 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은, 배두현(2014), "하천 생태계서비스의 경제적 가치: 환경가치종합정보시스템(EVIS) 자료를 중심으로", 「환경정책」, 22(4), pp.27-54.
- 안소은 외(2015), 「생태계서비스 측정체계 기반구축 (II): 하천생태계를 중심으로」, 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은, 김지은(2016), "수요 및 공급측면에서 평가한 하천 생태계서비스의 경제적 가치", 「대한환경공학회지」, 38(10), pp.580-587.
- 이희수(2010), 「메타회귀분석을 이용한 수질보전 지불용의액 도출에 관한 연구」, 강원대학교 석사학위 논문.
- 조우영 외(2010), "메타회귀분석을 활용한 도시공원의 비시장가치 추정", 「국제지역연구」, 26(3), pp.81-97.

[국외문헌]

- Brander, L. M., R. J. M., Florax, J. E., Vermaat(2003), *The Empirics of Wetland Valuation: A Comprehensive Summary and a Meta-Analysis of the Literature*, Institute for Environmental Studies, Report Number W-03/30, Amsterdam, The Netherlands.
- EC(European Commission)(2005), *ExternE: Externalities of Energy: Methodology 2005 Update*.
- de Groot, R. et al.(2012), “Global Estimates of the Value of Ecosystems and Their Services in Monetary Units”, *Ecosystem Services*, 1(1), pp.50-61.
- IPBES(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)(2017), “Update on the Classification of Nature’s Contributions to People by the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services”, in *Report of the Executive Secretary on the Implementation of the Work Programme for the Period 2014-2018*.
- MA(Millennium Ecosystem Assessment)(2005), *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, D. C.
- Muthke, T. K., H., Mueller(2004), “National and International Benefit Transfer Testing with a Rigorous Test Procedure”, *Environmental and Resource Economics*, 29, pp.323-336.
- Plantier-Santos, C., C., Carollo, D. W., Yoskowitz(2012), “Gulf of mexico ecosystem service Valuation Database (GecoServ): Gathering Ecosystem Services Valuation Studies to Promote Their Inclusion in the Decision-making Process”, *Marine Policy*, 36, pp.214-217.
- Randall, A., A. Kidder, D. R. Chen(2008), “Meta Analysis for Benefits Transfer - Toward Value Estimates for Some Outputs of Multi-functional Agriculture”, 12th Congress of the European Association of Agriculture Economists.
- Rosenberger, R. S., J. B., Loomis(2000), “Using Meta-Analysis for Benefit Transfer:

- In-Sample Convergent Validity Test of an Outdoor Recreation Database”, *Water Resource Research*, 36(4), pp.1097-1107.
- Rosenberger, R. S., J. B., Loomis(2001), *Benefit Transfer of Outdoor Recreation Use Values*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Shin, H. J. et al.(2016), “Benefit Transfer for Water Management along the Han River in South Korea Using Meta-Regression Analysis”, *Water*, 8(11), p.492.
- Shrestha, R., J. Loomis(2001), “Testing a Meta-Analysis Model for Benefit Transfer in International Outdoor Recreation”, *Ecological Economics*, 39, pp.67-83.
- Smith, V. K., Y., Karou(1990), “Signals or Noise? Explaining the Variation in Recreation Benefit Estimates”, *American Journal of Agricultural Economics*, 72(2), pp.419-433.
- TEEB(The Economics of Ecosystems and Biodiversity)(2013), *Guidance Manual for TEEB Country Studies*, Version 1.0.
- Yoshida, K.(2004), “Testing the Transferability of Environmental Benefits for the Local Environmental Tax”, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, 39(3), pp.571-576.

[온라인자료]

- 국가법령정보센터, “환경보전법”, <http://www.law.go.kr/법령/환경보전법>, 검색일: 2017.10.19.
- 환경가치종합정보시스템 EVIS, <http://evis.kei.re.kr>, 검색일: 2017.10.19.
- World Bank(2017), Consumer Price Index, in World Development Indicators, <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>, 검색일: 2017.10.19.

Abstract

An Integrated Approach to Environmental Valuation via Impact Pathway Analysis

SoEun Ahn et al.

Comprehensive evaluation of human impacts on the environment asks for identifying impacts of an environmental policy or development project and quantifying an extent and magnitude of the impacts identified. Considering a complex pathway of impacts from environmental policy/development project through physical impacts and environmental goods/services to economic costs/benefits, these linkages should be integrated and analyzed in an inclusive framework. The integrated approach could enhance assessment of environmental policy or development project and provide comprehensive information for rational decision-making.

The Korea Environment Institute (KEI) has conducted the research on economic valuation of environmental services/benefits; for example, meta-information, mainly the unit values of environmental goods and services, from the environmental valuation studies in Korea were compiled into on-line DB, which called Environmental Valuation Information System (EVIS) in 2011. This project is launched to extend EVIS and aims to construct an integrated analytical framework by linking the unit values of environmental goods and services in EVIS to the extent and magnitude of physical impacts associated with based on the impact pathway analysis.

The main objectives of this project are 1) to improve the EVIS and analyze environmental unit values contained in DB; 2) to estimate unit damage costs by pollutant sources and the values of ecosystem services through primary research; 3) to quantify and examine physical impacts on ecosystem services and human health caused from the various environmental disturbances; 4) to design templates based on the case studies of impact pathway analysis for ecosystem services and human health; and 5) to construct an integrated analytical framework coupling the EVIS and the impact pathway analysis templates.

This research project is planned for three phases covering ten years. Phase I (2016 - 2018) is supposed to design an integrated analytical framework for quantification of environmental impacts and valuation of environmental services/values, accompanied with the case studies linking impact pathway analyses and value estimation. Phase II (2019 - 2021) is planned to improve the integrated analytical framework and accumulate relevant information based on the outcomes of case studies using the experiences from integrated analyses. Finally, Phase III (2022 - 2024) aims to make the integrated analytical framework operational for policy assessment.

The 2017 study, at the second year of the first phase (2016 - 2018), has four research topics as follows: improvement of EVIS and estimation of unit values, ecosystem assessment and valuation, health impact assessment and valuation, and public survey on awareness and attitudes towards the environment.

The DB part improved and updated the EVIS; the classification system of environmental values was revised to adopt receptor-oriented classification (e.g., health, ecosystems, and in/tangible assets), and unit values of reclassified environmental values were summarized, and analyzed using

meta-regression. The ecosystem part investigated water provision service for each ecosystem type and water use (agricultural, industrial, and domestic) and estimated a change of water provision services by land use change. A health part assessed health impacts of air pollution, chemical exposure and noise, accompanied with a change of value by presence/absence of specific policy or regulatory compliance.

This project consists of two reports and one separate volume of appendix; volume I contains main outcomes from EVIS and summarize unit values of environmental services/benefits, and volume II presents the case studies based on the impact pathway analysis of ecosystem and human health. The separate volume of appendix reports the results from the 2017 public survey on awareness and attitudes towards the environment.

Keywords: Impact pathway Analysis, Environmental Valuation Information System (EVIS), Integrated Analytical Framework, Valuation of Ecosystem Services, Health Impact Assessment

■ 저자약력

안소은 (연구책임)

미국 노스캐롤라이나 주립대학교 박사
한국환경정책·평가연구원 연구위원(현)
E-mail: seahn@kei.re.kr

김현노

캐나다 앨버타대학교 농업자원경제학 박사
한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)
E-mail: hnkim@kei.re.kr

김충기

미국 남앨라배마 주립대학교 해양과학 박사
한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)
E-mail: ckkim@kei.re.kr

서양원

미국 아이오와대학교 환경보건학 박사
한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)
E-mail: ywsuh@kei.re.kr

배현주

서울대학교 환경보건학 박사
한국환경정책·평가연구원 연구위원(현)
E-mail: hjbae@kei.re.kr

곽소윤

고려대학교 경제학 박사
한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)
E-mail: sykwak@kei.re.kr

윤태경

고려대학교 생태학 박사
한국환경정책·평가연구원 연구위원(현)
E-mail: tkyoon@kei.re.kr

이홍림

서울대학교 농업자원경제학 석사
한국환경정책·평가연구원 연구원(현)
E-mail: hllee@kei.re.kr

신정우

서울대학교 공학 박사(기술경제/기술경영)
경희대학교 조교수(현)
E-mail: shinjung11@khu.ac.kr