

Research Paper

환경영향평가를 통한 화력발전소의 환경개선 효과와 사회적 편익

강유진 · 김유미 · 문난경
한국환경정책·평가연구원

Environmental Improvement Effect and Social Benefit of Environmental Impact Assessment: Focusing on Thermal Power Plant

Eugene Kang · Yumi Kim · Nankyung Moon
Korea Environment Institute

요약 : 본 연구는 환경영향평가 제도 운영의 성과를 정량적으로 분석하기 위하여 화력발전소 대기질 분야에서 환경영향평가를 통한 환경영향 저감효과를 계량화하고 그로 인한 사회적 편익을 추정하였다. 환경영향평가의 성과는 제도의 시행여부에 따른 차이로 정의하고, 개별 사업이 환경영향평가를 시행하지 않더라도 준수해야 하는 환경 관련 기준과 환경영향평가를 통해 협의된 협의기준을 비교하였다. 2010년부터 10년간 협의완료된 화력발전소 건설사업 전체 60건을 대상으로 환경영향평가의 시행여부에 따른 차이를 추정한 결과 주요 대기오염물질의 배출량이 크게 저감된 것으로 나타났다. PM₁₀의 경우 연간 3,745톤, NO₂는 74,569톤, SO₂는 37,647톤의 배출량이 저감되었으며, 이를 사회적 편익으로 환산한 결과 방법론에 따라 연간 2,397억 원에서 5조 9,665억 원으로 추정되었고, 이는 화력발전소의 운영기간 30년 동안 7조 1,916억 원에서 178조 9,944억 원에 이르는 규모의 사회적 비용이 절감되는 것을 의미한다. 저감된 대기오염물질의 배출량의 규모는 전국의 에너지 발전시설에서 배출되는 양의 절반에 이르며, 우리나라의 연간 경상의료비보다 큰 금액의 경제적 가치를 지닌다. 이는 모든 사업이 배출허용기준과 같이 관련 근거법에 따라서 획일적인 기준을 적용받지만, 환경영향평가 과정을 통해 대상 지역과 사업의 특성 등을 고려하여 각각의 사업계획이 수립됨에 따라 발생한 성과임을 의미한다.

주요어 : 환경영향평가의 효과, 협의기준, 사회적 편익, 화력발전소, 대기오염물질 배출량

Abstract : This study was carried out to measure atmospheric environmental improvement effect and estimate its social benefit of thermal power plants through Environmental Impact Assessment (EIA) for quantitative analysis about operational performances of EIA. In this study, 'EIA outcome'

First Author: Eugene Kang, Division of Land Policy Assessment, Korea Environment Institute, Sejong, 30147, KOREA, Tel: +82-44-415-7746, Fax: +82-44-415-7744, E-mail: egkang@kei.re.kr

Corresponding Author: Yumi Kim, Division of Resource & Energy Assessment, Korea Environment Institute, Sejong, 30147, KOREA, Tel: +82-44-415-7471, Fax: +82-44-415-7744, E-mail: ymkim@kei.re.kr

Co-Author: Nankyung Moon, Division of Public Infrastructure Assessment, Korea Environment Institute, Sejong, 30147, KOREA, Tel: +82-44-415-7607, Fax: +82-44-415-7744, E-mail: nkmoon@kei.re.kr

Received: 19 March, 2018. Revised: 7 June, 2018. Accepted: 8 June, 2018.

is defined as whether or not the system is implemented, therefore, environmental standard to be followed by each project and consultation contents were compared. In total 60 cases of thermal power plant construction projects that have been consulted over the past 10 years since 2010, major air pollutants have been significantly reduced after the implementation of EIA. The PM₁₀ reduced annual 3,745 tons, NO₂ by 74,569 tons, and SO₂ by 37,647 tons, which were estimated at approximately 240 billion won~5 trillion 967 billion won per year for social benefit. This means the total cost of power plant operations will be cut to 7 trillion 192 billion won~178 trillion 994 billion won over a 30-year period. The reduced amount of air pollutants emitted by energy generation facilities across the country is worth 50%, and its economic value is larger than the annual Current Health Expenditure in Korea. This is meant by the fact that all projects are subject to uniform criteria under the existing relevant regulation, but that each project plans are optimized according to the characteristics of target areas and projects through the process of EIA.

Keywords : Effect of Environmental Impact Assessment, Consultation Standards, Social Benefit, Thermal Power Plant, Emission of Air Pollutants

I. 서론

환경영향평가 제도는 지속가능한 개발의 중요한 정책도구로서 제도 도입 이후 지금까지 정책적인 측면과 기법적인 측면을 보완하면서 30년 넘게 운영되고 있다. 그 동안 정책적 수요에도 불구하고 환경영향평가를 통한 성과를 파악하거나 제도의 실효성을 검증하기 위해서 정량적인 분석보다는 정성적인 평가나 개별 사업의 사례분석을 통한 연구가 수행되었다. 환경영향평가의 성과에 대한 계량화는 환경자원의 복잡성, 개발사업으로 인한 환경영향의 예측치라는 점에서 지금까지 제한적으로 수행된 측면이 있다(Cho et al. 2008; Loomis and Diziedziec 2018; Kim and Kim 2011).

Cho et al. (2008)은 환경영향평가의 성과를 분석하기 위한 효과분석 모델을 제시한 바 있다. 이 연구에서는 환경영향평가 제도의 도입을 통해 기대되는 효과는 이론적으로 제도가 없는 경우와 비교를 통하여 가능하지만, 실증적인 분석을 위해서는 제도가 없는 경우를 상정하기 어렵기 때문에 계획의 내용이 얼마나 친환경적으로 변화하는가를 측정하여 분석하는 방법을 제안하고 있다. 초기계획이 평가를 거쳐 최종계획으로 진행되는 과정의 친환경성을 ΔP 로 정의하고, 원형보전 면적, 토공량, 교량 및 터널의 길이 등의 분야별 요인을 추출하여 개별사업에서의 변화

량(ΔP)을 분석하였다.

Ahn and Kim(2011)은 지금까지 독립적으로 수행되어온 환경성 분석과 경제성 분석을 통합할 수 있는 분석틀을 개발하여 환경영향평가에서 도출된 물리적 환경영향을 경제성 분석에서의 환경비용과 편익으로 연결하였다. 해당 연구에서는 개발사업으로 인한 영향의 흐름을 개발사업 → 물리적 환경영향 → 환경기능·서비스의 변화 → 환경편익·비용의 발생으로 체계화하고 환경영향의 물리적 정량화가 가능한 부분에 대하여 환경가치를 화폐화할 수 있는 방법론을 제공하고 있다.

환경영향평가 성과 분석의 여러 제약에도 불구하고 이를 시도한 위와 같은 연구에서는 환경영향평가 과정을 통해 발생한 친환경성을 구체적인 환경지표로 도출하고 그에 대한 변화량이나 경제적 가치를 산정하였다는 데에 의미가 있다.

환경영향평가의 성과분석에 대한 필요성을 바탕으로 본 연구에서는 평가제도의 운영과 협의과정을 통해 발생한 환경개선 효과를 추정하여 환경영향평가 제도의 실효성을 정량적으로 분석하고자 한다. 이를 위해 평가의 대상이 되는 개발사업이 평가를 전·후로 얼마나 친환경성을 확보하였는지 정량화하기 위하여 변화의 정도를 파악할 수 있는 비교·분석틀을 제시하고자 한다. 그 중 제도를 통해 개선되는 부분을 모두

정량화하기 어려우므로 본 연구의 범위는 화력발전소의 대기오염물질에 대한 환경개선 여부에 초점을 맞추었다. 또한 도출된 환경개선 효과에 대하여 사회적 편익을 추정하여 평가를 통해 확보된 친환경성이 기여한 경제적 가치를 확인해보고자 한다.

II. 연구방법

1. 분석 체계

1) 환경개선 효과의 정의

환경영향평가의 목적은 지속가능한 발전을 위하여 사업계획 수립을 위한 의사결정 과정에서 환경적인 고려가 가능하도록 하는 것이다. 개발사업의 환경영향평가는 영향의 예측 및 분석, 검토, 조정 등의 과정을 거쳐 최종 협의에 이르게 되는데 이 과정에서 고려되는 대안 선택이나 저감방안 수립을 통해 확보된 친환경성이 본 연구에서 분석하고자 하는 환경영향평가의 성과이다.

이러한 환경영향평가의 성과를 정량적으로 분석하기 위해서는 기준이 필요하다. 환경영향평가를 도입하기 전과 도입 후의 환경적으로 개선된 지표를 선정하여 그 차이를 정량적으로 산출하면 되지만, 가장 주요한 어려움은 환경영향평가를 하지 않았을 때의 상황을 어떻게 가정하느냐이다. 이에 본 연구에서는

환경영향평가를 시행하지 않았을 때를 가정하기 위하여 「환경영향평가법」 제2조5항에서 제시된 협의기준의 정의를 활용하였다.

협의기준이란 “사업의 시행으로 영향을 받게 되는 지역에서 개별 오염물질의 배출기준으로는 「환경정책기본법」에 따른 환경기준을 유지하기 어렵거나 환경의 악화를 방지할 수 없다고 인정하여 사업자 또는 승인기관의 장이 해당 사업에 적용하기로 환경부장관과 협의한 기준”으로 정의하고 있다(Table 1). 즉 각각의 개발사업에 대해서는 환경과 관련된 개별법이 존재하지만, 해당 법의 준수만으로 환경의 악화를 방지하기 어려울 경우 환경영향평가 과정을 통하여 추가적으로 환경영향을 개선할 수 있는 방향으로 협의하게 됨을 의미한다. 이에 환경영향평가를 거친 사업들은 필요할 경우 개별법에서 제시하고 있는 기준들 이외에 협의기준을 가지게 되고, 통상 협의기준은 타 개별법들에서 제시된 기준보다 강화된 기준으로 협의된다.

따라서 본 연구에서는 만약 환경영향평가가 시행되지 않는다면 개별 개발사업은 기존 환경관련 법적 기준에 따라 사업계획을 수립할 것이고 이를 환경영향평가 제도가 부재한 것으로 가정하였다. 이에 환경영향평가 제도가 존재하여 개발사업이 환경적인 조건 등을 고려해 별도의 협의기준을 도출한 경우 기준

Table 1. Definition of 'consultation standard' in 「Environmental Impact Assessment Act」

「ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT ACT」 Article 2 (Definitions)	
provision	<p>5. The term “consultation standards” means standards that a project implementer or the head of the approving authority agrees to apply to a specific project with the Minister of Environment, since they find it impracticable to maintain the environmental standards under Article 12 of the Framework Act on Environmental Policy or to prevent environmental deterioration merely by enforcing any of the following standards in an area affected by the implementation of the project:</p> <p>(a) Standards for the quality of discharged water under Article 13 of the Act on the Management and Use of Livestock Excreta;</p> <p>(b) Standards for permitting emissions under Article 16 of the Clean Air Conservation Act;</p> <p>(c) Standards for the quality of released water under Article 12 (3) of the Act on the Water Quality and Aquatic Ecosystem Conservation;</p> <p>(d) Standards for permitting discharge under Article 32 of the Act on the Water Quality and Aquatic Ecosystem Conservation;</p> <p>(e) Standards for the management of waste disposal facilities under Article 31 (1) of the Wastes Control Act;</p> <p>(f) Standards for the quality of effluent water under Article 7 of the Sewerage Act;</p> <p>(g) Standards for other pollutants specified by relevant Acts for environmental conservation;</p>

* source: National law information center, <http://www.law.go.kr/LSW/eng/engMain.do>, Part of the content is edited by the author

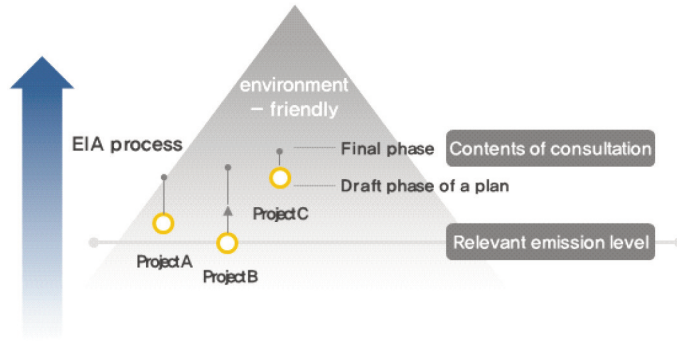


Figure 1. Occurrence mechanism of the environmental improvement effect.

환경관련 법적기준보다 강화되어 환경적으로 미치는 영향이 저감된 것을 환경개선 효과로 정의하였다. 개별 사업마다 환경영향평가 제도 시행에 따른 환경개선 효과는 상이할 것으로 예상할 수 있으며, 이처럼 환경개선 효과가 발생하는 메커니즘을 도식화하면 다음의 그림과 같다(Figure 1).

2) 환경개선 효과의 산출 방법

앞서 정의된 환경개선 효과를 정량적으로 산출하기 위하여 가장 적합한 지표와 대상을 선정하는 것이 중요하다. 「환경영향평가법」 제2조5항에 따르면 협의기준에 적용할 수 있는 기준은 방류수질기준, 대기오염물질 배출허용기준, 폐기물처리시설의 관리기준 등이 있다. 본 연구에서는 이 중 개별 법적 기준과 협의기준에서 분명한 차이를 보이는 대기질 항목의 대기오염물질 배출량을 지표로 선정하고 대표적인

사업인 화력발전소를 대상으로 삼았다.

대기오염물질을 배출하는 사업은 「대기환경보전법」, 「수도권 대기환경개선에 관한 특별법」 또는 그 외 지자체 조례에서 정하고 있는 배출허용기준을 준수하게 된다(Table 2). 예를 들어 고체연료 사용 발전시설에 관한 NO₂의 배출허용기준은 50(6)ppm 이하이며 해당 시설이 수도권에 위치할 경우에는 15(6)ppm 이하의 기준을 적용받게 된다. 하지만 해당시설이 환경영향평가를 거치는 과정에서 주변 환경에 미치는 영향을 고려할 때, 더 강화된 배출허용기준을 협의기준으로 적용받을 수도 있는 것이다.

예를 들어 화력발전소에서 배출하는 유해한 대기오염 물질이 환경영향평가 시 어떠한 논의과정을 거쳐 환경개선 효과가 발생하는지 파악하기 위해, ○○발전소의 경우를 살펴보았다. 해당 사업은 기존 시설에서 용량 145MW의 3, 4호기 증설을 계획한 유연탄

Table 2. Applicable Act and contents of consultation of atmospheric environment field

	Related legislation
Applicable Act (Permissible Emission Levels)	Attached table 8 “Permissible Emission Levels of air pollutants” under Article 15 of the 「ENFORCEMENT RULE ON THE CLEAN AIR CONSERVATION ACT」 • eg. NO ₂ solid fuel using facilities: less than 50(6)ppm (after Jan. 1st, 2015)
	※ Seoul metropolitan area Attached table 1 “types and criteria of optimal prevention facilities” under Article 2 of the 「ENFORCEMENT RULE ON THE SPECIAL ACT ON THE IMPROVEMENT OF AIR QUALITY IN SEOUL METROPOLITAN AREA」 • eg. NO ₂ solid fuel using facilities : less than 15(6)ppm
Contents of consultation	Consultation standards to meet the Environment Standards* to apply to a specific project * Attached table “Environmental Standards(air)” under Article 2 of the 「ENFORCEMENT DECREE OF THE FRAMEWORK ACT ON ENVIRONMENTAL POLICY」

* Source: National law information center, <http://www.law.go.kr/LSW/eng/engMain.do>, Part of the content is edited by the author

(주연료) 발전소이다. 이 발전소 조성사업은 초안 단계에서 계획된 대기오염물질 저감대책을 환경영향평가 협의과정에서 조정·협의하여 본안, 보완 단계를 거쳐 추가적인 방안이 수립된 경우이다.

해당 사업은 고체연료를 사용하는 발전시설로 「대기환경보전법」에 근거한 기준에 따르면 100MW 규모 이상의 배출시설에 대하여 굴뚝마다 PM₁₀, NO₂, SO₂ 각각 30mg/m³, 80ppm, 80ppm의 배출허용기준을 적용 받게 된다.

Table 3. Permissible emission levels and contents of consultation of OO power plant

Pollutants	Permissible emission levels	Draft report	Original report	Contents of consultation (final report)
PM ₁₀ (mg/m ³)	30	20	10	8
NO ₂ (ppm)	80	60	40	20
SO ₂ (ppm)	80	65	40	30

* Source : EIA reports of OO power plant

해당 사업은 협의과정에서 대기보전특별대책지역에 위치한 지역적 특성을 고려하여 일반적인 환경기준보다 강화된 수준으로 대기질을 관리하여야 할 필요성이 제기되었는데, 사업계획의 수립자는 이를 반영하여 환경영향을 최소화하기 위하여 적용할 수 있는 추가적인 방안을 강구하여 최종 계획을 수립하였다. 사업지구 북측 경계지역에 차폐녹지를 추가로 조성하고, 강화된 배출허용기준을 준수하고자 최적의 저감시설을 설치하고 굴뚝의 높이를 상향 조정하도록 사업계획을 변경하였다.

이러한 논의과정을 거쳐 PM₁₀의 경우 환경영향평가 초안 단계에서 배출허용기준보다 강화된 20mg/m³로 설계기준을 계획하였으나, 협의 과정에서 기준 1, 2호기 배출시설 운영자료를 기준으로 본안 단계에서 보다 강화된 10mg/m³을 적용하였다. 보완 단계에서 다시 해당 지역의 현황농도를 고려하여 8mg/m³로 계획을 조정하고 최종 협의되었다. NO₂와 SO₂의 경우 마찬가지로 배출허용기준과 비교하여 보다 강화된 협의내용을 적용하였음을 알 수 있다(Table 3).

즉 계획의 최종단계에서 적용된 배출설계기준에 따르면 「대기환경보전법」에 근거하여 시행되었을 경우보다 더 큰 대기오염물질의 배출의 저감효과가 발생하게 된다.

○ ○ 발전소가 「대기환경보전법」에 근거한 배출허용기준을 준용하여 대기오염물질을 배출하였을 때와 강화된 협의기준을 적용하여 배출하였을 때를 비교하기 위하여 환경영향평가서에 제시된 유량을 활용하여 배출량으로 환산하여 비교하였다. PM₁₀의 경우 배출량이 최초 2.70g/s에서 최종 협의 시 0.72g/s까지 저감되었으며, NO₂의 경우 15.40g/s에서 3.85g/s, SO₂의 경우 21.40g/s에서 8.03g/s로 저감되었다. 이러한 차이는 발전소가 연간 쉬지 않고 운영한다고 가정하여 환산해보면, 매년 125톤의 PM₁₀, 729톤의 NO₂, 843톤의 SO₂ 배출량이 저감되었으며 이는 환경영향평가의 환경개선 효과의 정량적 산출을 의미한다.

3) 사회적 편익

환경영향평가의 시행여부에 따른 개발사업의 환경개선 효과를 나타내는 화력발전소 건설사업의 저감된 대기오염물질의 배출량은 실질적인 크기를 가늠하기 어렵기 때문에 사회적 편익으로 환산하여 경제적 가치를 추정해보고자 한다.

Ahn and Kim(2011)은 환경성 분석과 경제성 분석을 연계하면 환경영향평가 제도의 운영이 환경적 측면뿐만 아니라 사회적 측면에 미치는 영향을 종합적으로 판단할 수 있는 정보가 될 수 있을 것으로 보았다. 환경재화와 서비스의 변화량이 측정가능하다면 해당 항목에 대한 시장가격의 정보를 활용하여 환경편익을 도출할 수 있게 된다. 마찬가지로 화력발전소에서의 대기오염물질 배출 저감에 따른 사회적 편익은 대기오염물질의 배출저감량과 단위가치에 대한 정보를 곱하여 산정 가능하다.

$$\text{배출저감량} \times \text{단위당 배출저감편익}$$

대기오염물질의 배출로 인한 환경가치는 1990년대 이후부터 환경적 외부비용(손해비용, damage cost)의 개념을 적용하여 연구되고 있는데 이러한 연

구는 유럽을 중심으로 시작되어 지금까지 대기의 오염이 다양한 분야에 미칠 수 있는 영향을 고려하여 수행, 발전되고 있다. 본 연구에서는 오염물질의 단위당 배출저감편익을 적용하기 위해 기존 연구결과와 특성과 한계점을 살펴보고있다.

유럽연합은 1991년부터 External Cost of Energy (ExternE)라는 장기프로젝트를 통하여 에너지 소비가 발생하는 대기오염물질의 사회적 한계비용을 추정하였다. 이 연구는 영향경로접근법을 활용하여 대기오염물질의 배출경로를 분석하여 인체에 미치는 피해, 농산물의 감소, 건축 구조물의 부식 등의 피해비용을 산정하였다. ExternE 프로젝트가 종료된 2005년 이후에도 해당 연구에서 개발된 방법을 적용하는 다양한 연구가 수행되었으며, 현재까지도 대기분야의 가장 대표적인 환경가치 연구로 폭넓게 인용되고 있다(Kwak and Shin 2015).

United Nations Environment Programme(UNEP)과 같이 ExternE의 자료를 토대로 각국의 경제력 수

준에 부합하는 사회적 비용을 국가별로 추정하거나, 영국 Department for Environment, Food & Rural Affairs(DEFRA)와 같이 오염원의 특성(에너지, 산업용, 농업용)이나 지역의 특성(도심, 도심외곽, 중소도시, 지방)을 세분화하여 추정하기도 한다(A. Markandya 1998; Dickens et al, 2013).

국내에서도 대기오염물질에 대한 단위당 사회적 비용에 대하여 연구한 바가 있으나 각각의 추정방법과 사용된 자료에 따라 결과가 상당한 차이를 보이며 사회적 합의가 도출된 결과로 인정되고 있지 않다(KAIST 1998; Cho YS et al, 2006). 그 외에 European Commission(EC)에서 2010년을 기준으로 교통시설을 고려한 28개국의 사회적 비용을 추가 제시하였고, 이를 바탕으로 환경부 연구에서 국내의 자동차수, 인구수, 1인당 GDP 항목을 고려하여 회귀분석한 값을 도출하여 제시한 바 있다(Ricardo-AEA 2014; Kang and Kim 2015).

각각의 연구에서 제시된 대기분야 사회적 편익추

Table 4. Studies of social cost by emitted air pollutants

Studies ¹⁾	Conversion value (2016, KRW/ton) ²⁾			Features	Limitations
	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂		
EC (average of 14 EC countries) (1995, ECU/ton)	23,168,685	14,094,489	12,032,073	• establishment of framework	• european conditions • difference with the current time point
UNEP(Korea) ³⁾ (1996, USD/ton)	31,114,145	9,531,105	10,705,806	• conditions by country	• difference with the current time point
DEFRA (2010, EUR/ton)	4,101,960 ⁴⁾	1,614,745	2,761,130	• applied emission sources and regional conditions	• european conditions
EC (average of 28 EC countries) (2010, EUR/ton)	296,100,182 ⁵⁾	21,124,160	20,332,004	• current conditions	• european conditions • subject for transport area
Ministry of Environment (2015, KRW/kg)	285,283,086 ⁵⁾	46,154,884	37,608,836	• domestic and current conditions	• subject for transport area

1) (estimated year, unit) at each studies

2) applied consumer price index for Jan. 2016 by years of each studies

3) applied numerical means of elasticity 1 and 0.35

4) applied estimated value of electricity supply industries

5) applied numerical means of regional(urban, rural) values of PM2.5

Source: EC. 1999. ExternE - Externalities of Energy. vol 10(National Implementation).

A. Markandya. 1998. The Indirect Costs and Benefits of Green house Gas Limitations. UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment. Dickens, Roald, Gill, Janne, Rubin, Alex, Butterick, Milo. 2013. Valuing Impacts on Air Quality: Supplementary Green Book Guidance. DEFRA. Ricardo-AEA. 2014. Update of the Handbook on External Costs of Transport. EC. Kang KK, Kim JW. 2015. Reappraisal Social Cost of Air Pollutants. Ministry of Environment.

정값들을 2016년의 원화를 기준으로 동일한 단위로 환산하여 비교해보면 대상 국가, 물질, 부문 등에 따라 차이가 나타남을 알 수 있다(Table 4). ExternE와 같이 유럽 국가의 발전시설을 대상으로 한 사회적 편익과 UNEP에서 추정된 한국의 추정값을 비교하면 NO₂나 SO₂의 사회적 편익은 한국의 경우 상대적으로 낮게 추정되지만, PM₁₀의 경우는 사회적 편익이 더 높은 것으로 나타났다. DEFRA에서 제시된 결과의 경우 타 원단위에 비해 물질별로 값이 가장 낮게 나타났다. 교통시설에서 배출된 대기오염물질에 대한 EC의 연구(Ricardo-AEA 2014)나 환경부의 연구(Kang and Kim 2015)에서는 각 물질별 사회적 편익이 다른 연구와 비교하여 다소 높게 추정되었으며, 특히 PM 값이 매우 높게 나타나는데 이는 에너지시설과 교통시설의 주요 배출원 대상의 차이가 반영된 것으로 보인다.

선행 연구의 특성과 조건에 따라서 차이를 지닌다. ExternE 프로젝트에서 수행된 연구(EC 1999)는 이후 다른 연구에서의 활용할 수 있는 분석틀을 제공한다는 점에서 기본이 되는 연구이나 국내 여건과 현재 시점을 반영하지 못한다는 한계점을 가지고 있다. UNEP의 연구는 국가별 가중치를 적용하여 국내의 여건이 반영되었다는 특성을 지니나 과거의 조건을 통해 추정된 자료를 현재 시점으로 환산할 때 발생할 수 있는 오차의 범위가 커질 것으로 예상된다. 한편 국내 여건을 고려하여 가장 최근에 수행된 환경부 연구(Kang and Kim 2015)에서 도출한 자료는 배출원의 특성에 따라 환경가치의 추정값이 달라질 수 있음을 보여준다. 선행 연구별로 대기오염물질의 환경가치는 PM₁₀, NO₂, SO₂ 각각 톤당 약 4백만 원~3억 원, 2백만 원~4천 6백만 원, 3백만 원~3천 8백만 원의 범위에서 추정되었다.

2. 분석의 범위

본 연구에서는 환경영향평가 과정에서 발생하는 환경개선 효과를 정량적으로 산출할 수 있는 지표를 앞서 대기오염물질 배출량 변화로 선정하였으며 이와 가장 대표적으로 연관이 있는 환경영향평가 대상 사업은 화력발전소를 들 수 있다.

이에 분석의 범위는 2006년부터 2015년까지 최근 10년간 환경영향평가가 협의완료된 화력발전소 건설 사업 전체를 분석대상으로 설정하였다. 대상물질은 일반대기오염물질 3종인 PM₁₀, NO₂, SO₂으로 선정하였으며 「대기환경보전법」 등의 배출허용기준 대비 환경영향평가 협의기준의 차이를 비교하였다. 본 연구에서 환경영향평가의 성과를 추정하기 위한 분석 대상은 다음과 같이 요약된다.

Table 5. Subjects of analysis

Categories	Contents
Environmental indicator	Emission of air pollutants
Projects	Thermal Power Plant
Air pollutants	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂
Period	2006~2015
Environmental improvement effect	Permissible emission levels vs. Consultation standards
Social benefit	Environmental damage cost

분석을 위해 취합된 자료는 각 사업의 환경영향평가서 내의 정보를 기반으로 하였으며 각각의 화력발전소의 환경영향평가서 내용은 환경영향평가 정보지원시스템(EIASS; www.eiass.go.kr) 등을 활용하였다. 환경영향평가를 통해 저감된 대기오염물질의 배출량은 개별 사업에 해당하는 타 법적 배출허용기준과 환경영향평가 최종 협의 시(환경영향평가 본안 또는 보완서) 적용된 배출설계기준에 따른 배출량 자료를 활용하였다.

이러한 기준에 따라 최근 10년간 협의를 완료한 환경영향평가 대상 화력발전시설 사업 가운데 배출량 비교가 가능한 유효분석 대상수는 총 60건이다.

$$TE_p = \sum_{i=1}^{60} (E_{p,1,i} - E_{p,2,i})$$

여기서, TE_p 는 환경영향평가를 통해 총 저감된 대기오염물질 배출량의 합

E_p 는 대기오염물질별 배출량

p 는 개별대기오염물질(PM₁₀, NO₂, SO₂)

i 는 「대기환경보전법」 등의 배출허용기준 적용

2 은 「환경영향평가법」의 협의기준 적용

n 는 개별환경영향평가대상 화력발전소 사업

총 60개의 개별 시설에서 계획된 내용을 토대로 저감된 배출량 자료를 도출, 합산하여 최근 10년간 계

획된 화력발전시설에서의 총 배출저감량(TE), 즉 대기오염물질의 환경개선 효과를 산정하였다. 평가서에 제시된 자료는 배출허용기준 및 배출설계기준에 따른 초당 배출량 정보이므로 모든 발전시설이 24시간 365일 운영하는 것으로 가정하여 연간 배출량 자료를 환산하였다.

60개의 사업에서 저감된 배출량은 동일 단위에 따른 편익원단위 자료를 적용하여 사회적 편익으로 환산한다. 이상적인 조건에서 환경편익 자료는 국내의 여건을 고려하여 가장 최근에 수행된 에너지 시설에서의 환경가치 연구 결과를 적용하는 것이 바람직하나, 이에 해당하는 자료가 현재로서는 부재하기 때문에 앞서 비교된 선행 연구 간 산출된 추정치를 적용하고 그 결과를 범위로 제시하고자 한다. 사회적 편익의 추정 결과는 각각의 자료를 적용하였기 때문에 연구별 특성과 한계점을 이해하고 해석에 유의할 필요가 있다.

또한 사회적 편익의 결과는 화력발전시설의 운영 기간 동안 발생하는 것으로 그 기간을 30년, 할인율은 5.5%를 적용하여 산정하였다. 일반적인 화력발전 시설의 평균 설계수명(내구연한)은 30년으로, 1970~1980년대에 준공되어 2016년 기준 30년 이상 운영 중인 화력발전소는 20여 기임을 반영하여 기준을 설정하였으며, 환경정책에 대한 편익분석 지침서(Ministry of Environment 2003)에서의 할인율(2.5~7.5%)과 예비타당성조사 수행 지침서(Ministry of Strategy and Finance 2017)의 할인율(5.5%)을 참고하여 5.5% 할인율을 적용하였다.

III. 분석결과 및 고찰

1. 화력발전소 환경영향평가 현황

분석대상이 되는 총 60건의 화력발전소는 용량, 협의된 시기, 지역, 사용 연료 등의 특성에 따라 다음과 같은 분포를 보이고 있다. 규모별로는 최소 10MW에서 1,000MW 이상 용량의 분포를 보이고 있으며(Figure 2), 그 가운데 규모가 큰 사업의 경우에는 2,000MW를 넘는 발전소도 5건 포함되어 있음을 확인할 수 있었다.

지역별로는 수도권에서 가장 많이 계획되었으며 충청권, 호남권 순으로 추진된 것으로 나타났다(Figure 3). 연도별로¹⁾ 발전소의 계획추이는 점차 증가하고 있는 것으로 보이며, 2010년을 전후로 최근 5년간 화력발전소 계획 빈도가 5년 전보다 연평균 5건 이상 높아졌음을 알 수 있다(Figure 4).

사용연료²⁾는 LNG의 비중이 전체의 약 50%를 차

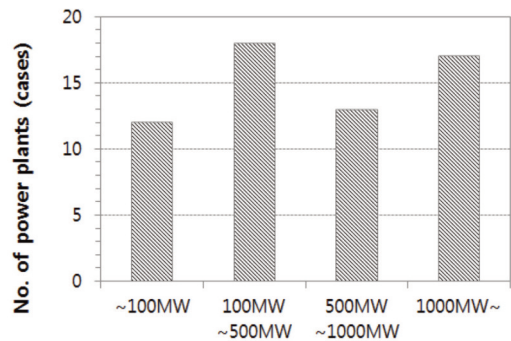


Figure 2. Capacity distribution of power plants.

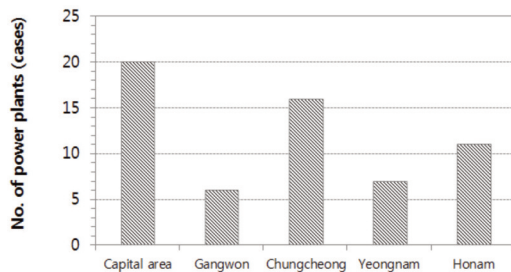


Figure 3. Regional distribution of power plants.

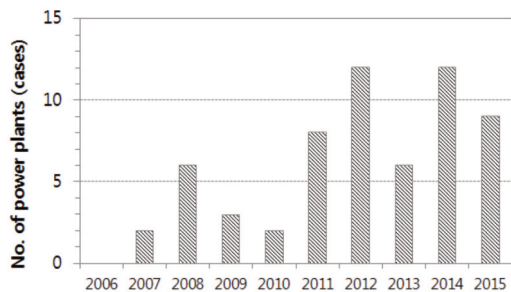


Figure 4. Annual distribution of power plants.

1) 협의완료된 시점 기준.
 2) 사용연료는 주연료를 기준으로 발전소별 연료 사용현황 및 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령」 [별표 1]에 따른 에너지원의 종류에 따라 LNG, 석탄, 폐기물에너지로 구분함. 분석 대상 중 바이오매스를 연료로 하

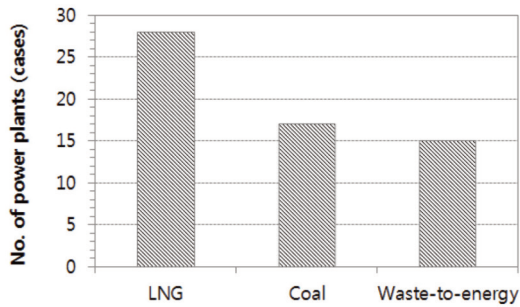


Figure 5. Fuel distribution of power plants.

지하며 발전용량은 총 24,353MW 규모이고, 석탄에너지나 폐기물에너지는 각각 약 25%를 차지하고 있으며 발전용량은 각각 16,792MW, 1,569MW에 해당하는 수준이다(Figure 5).

2. 환경개선 효과 및 사회적 편익 산정 결과

환경영향평가 협의과정에서 많은 경우의 화력발전소가 해당 사업의 특성을 고려하여 환경영향을 최소화할 수 있는 방안을 강구하고, 결과적으로 개별 근거법에서 요구하는 배출허용기준에 비해 강화된 배출기준을 적용하게 된다. 계획 초기단계와 비교하면 환경영향평가 과정을 거쳐 대기오염물질의 배출을 최소화할 수 있도록 방법을 마련하고 이를 통하여 대기질에서의 환경개선 효과가 발생하게 된다. 이러한 점에 근거하여 최근 10년간 환경영향평가를 수행한 60건의 화력발전소에 대하여 주요 대기오염물질 3종의 배출저감량을 산정하여 환경영향평가를 통한 효과를 살펴보았다.

각 물질별로 60개 사업에서 저감된 배출량의 분포를 나타내면 다음과 같다(Figure 6). 배출허용기준과 동일한 수준에서 배출설계기준을 협의 완료한 사업, 즉 저감량이 0인 사업부터 물질별로 PM₁₀의 경우 연간 최대 643톤, NO₂의 경우 12,019톤, SO₂의 경우 6,413톤을 저감하는 사업이 포함되어 있는 것으로 나타났다.

분석결과, 60개 발전시설에서 환경영향평가를 통해 대기오염물질 배출량은 각 물질별로 연간 총 PM₁₀ 3,745톤, NO₂ 74,569톤, SO₂ 37,647톤이 저감된 것으로 나타났다(Table 6). 또한 저감된 배출량을 비율

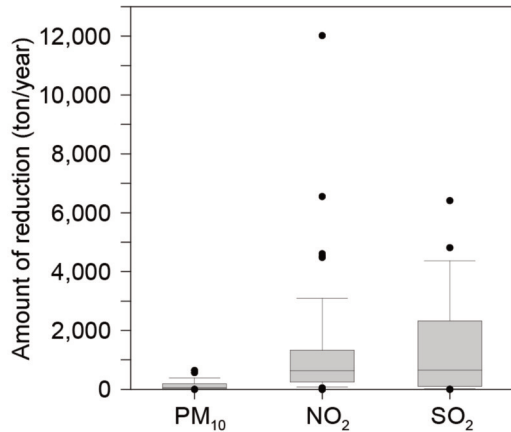


Figure 6. Distribution of emission amounts of PM₁₀, NO₂, and SO₂ reduced by EIA for 60 power plants. Box-whisker plots represent percentiles (bottom of box = 25th, horizontal line inside of box = 50th, top of box = 75th, top whisker = 90th, and bottom whisker = 10th. Closed circles represent upper or lower outlier values).

Table 6. Total annual amount of reduction and rate of reduced emission for 60 cases*

Pollutants	Amounts of reduction	Rates of reduction
PM ₁₀	3,745ton/year	47%
NO ₂	74,569ton/year	50%
SO ₂	37,647ton/year	46%

* assumed as operating 24 hours a day for 365 days a year

로 살펴보면 평균적으로 PM₁₀ 47%, NO₂ 50%, SO₂ 46%로 나타났는데, 이는 배출허용기준과 비교하여 절반 가량의 배출량을 저감한 것이다.

사용연료에 따라서는 NO₂의 경우 LNG 발전소에서 연간 33,817톤, 석탄 발전소에서 연간 36,609톤, 폐기물에너지 발전소에서 연간 4,143톤 저감하였는데 LNG 발전소가 28건, 석탄 발전소가 17건 계획된 것을 고려할 때 1건당 저감된 배출량의 규모는 석탄 발전소가 LNG 발전소보다 2배 이상 큰 것으로 분석되었다(Figure 7). 대기오염물질 배출량의 규모가 큰

는 3건의 사업은 우드 펠릿, 우드칩을 사용하는 것으로 계획하고 있으나, 우드칩의 경우 “폐목재 분류및 재활용기준(환경부고시 제2008년-147호, 2008. 10. 21)”에 따른 연료의 특성을 고려하여 폐기물에너지로 포함하였음. 이러한 구분에 따라 폐기물에너지에는 폐기물고형연료(SRF), 부생가스, 바이오매스 등이 포함됨.

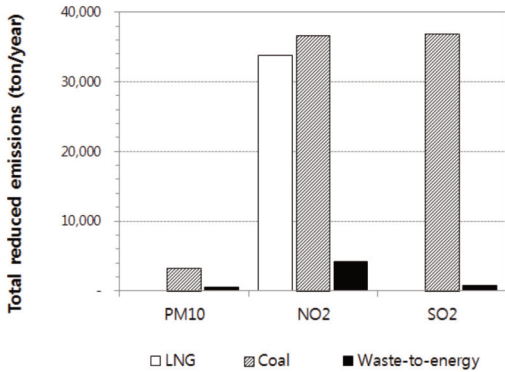


Figure 7. Total reduced emissions by fuels.

만큼 석탄 화력발전소에서 환경영향평가를 통한 저감효과가 크게 나타난 것으로 분석된다.

저감된 배출량의 규모를 국내 대기오염물질 배출 규모와 비교해 보았다. 국내에서 연간 배출되는 대기오염물질의 규모는 에너지산업 연소 부문 기준 PM₁₀ 연간 4,508톤, NO₂ 162,818톤, SO₂ 94,562톤 수준이다. 본 연구에서 분석된 저감된 총 배출량은 국내 전체 배출량 대비 PM₁₀, NO₂, SO₂ 각각 83%, 46%, 40%에 해당하는 규모임을 알 수 있다(Table 7).

Table 7. National emissions of energy industrial part and ratios of reduced emissions by EIA to national emissions for PM₁₀, NO₂, and SO₂

Pollutants	National emission (energy industrial part)*	Ratio of reduced emissions to national emissions
PM ₁₀	4,508ton/year	83.1%
NO ₂	162,818ton/year	45.8%
SO ₂	94,562ton/year	39.8%

Source: National Air Pollutants Emission Service data in 2014 (airemiss.nier.go.kr)

제7차 전력수급기본계획에 따르면 2014년 말 기준 한국 전체 발전설비 규모는 총 93,216MW이며, 이는 2005년 62,258MW 대비 50% 증가된 수준이다. 이와 비교하여 본 연구의 분석대상이 되는 최근 10년간 계획된 발전시설의 규모는 총 42,714MW로 현재 우리나라 전체 발전규모의 절반 정도에 해당하는 큰 규모임을 알 수 있다. 10년간 계획된 60건의 화력발전소가 환경영향평가를 거쳐 저감된 대기오염물질 배

Table 8. Social benefit of reduced air pollutants

Pollutants		Social benefit (100 million won)*	
		Raw value	Applied discount rate of 5.5%**
PM ₁₀	Annual	154 ~ 11,090	-
	30 years	4,609 ~ 332,669	2,355 ~ 170,028
NO ₂	Annual	1,204 ~ 34,417	-
	30 years	36,123 ~ 1,032,517	18,463 ~ 527,723
SO ₂	Annual	1,040 ~ 14,159	-
	30 years	31,185 ~ 424,758	15,939 ~ 217,095
Total	Annual	2,397 ~ 59,665	-
	30 years	71,916 ~ 1,789,944	36,757 ~ 914,846

* notated round-off the numbers to 100 million won
 ** assumed as operating for 30 years since 2016

출량의 규모는 PM₁₀의 경우 연간 3,745톤 수준이고, 개별 발전사업이 운영될 기간을 고려하면 긴 기간 동안 훨씬 큰 규모로 환경개선 효과가 발생할 수 있음을 의미한다.

이어서 환경영향평가를 통해 저감된 대기오염물질은 과연 어느 정도의 경제적 가치를 지니는지 사회적 편익으로 환산해보았다. 앞서 정리된 대기분야 환경가치 연구 결과를 활용하여 60개 화력발전소에서 저감된 PM₁₀, NO₂, SO₂ 3종의 대기오염물질 배출량의 사회적 편익을 산정한 결과, 연간 약 2,397억 원에서 5조 9,665억 원 범위의 비용이 절감되는 효과가 발생하는 것으로 분석되었다(Table 8). 대기오염물질의 저감을 통해 발생하는 편익을 화력발전소의 운영기간 30년 동안 발생한다고 가정할 때, 총 7조 1,916억 원에서 178조 9,944억 원 범위에 이르는 규모의 비용이 절감되는 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 환경영향평가 과정에서 고려되는 대안 선택이나 저감방안의 수립을 통해 확보된 친환경성을 계량화하고 사회적 편익으로 환산하여 환경영향평가의 성과를 확인하였다. 환경영향평가 성과를 확인하기 위한 방법으로 환경영향평가의 시행 여부에 따른 차이를 비교하기 위하여 주요 환경 분야에서 개별 근거법에 따른 관련 기준과 환경영향평가 협

의기준의 차이를 비교하는 분석틀을 도출하고 이를 실제 개발사업에 적용하였다.

분석결과를 통해, 최근 10년간 협의완료된 화력발전소 60건의 대기오염물질의 배출저감량은 연간 PM₁₀ 3,745톤, NO₂ 74,569톤, SO₂ 37,647톤임을 확인하였다. 이는 전국의 에너지 산업시설에서 연간 배출되는 규모의 절반에 이르며, 이를 사회적 편익으로 환산할 때 방법론에 따라 30년간 7조 1,916억 원에서 178조 9,944억 원에 달하는 성과임을 확인하였다. 우리나라에서 연간 지출되는 경상의료비가 125조 원(2016년 보건복지부 국민보건계정 기준)임을 감안할 때 대기오염물질의 배출저감을 통해 건강과 환경에 미치는 사회적 편익의 규모는 상당히 큰 값을 알 수 있다.

개별 근거법에서의 환경기준과 환경영향평가의 협의기준을 비교하는 분석 방법은 환경영향평가 제도의 특성을 반영한다는 점에서 중요한 정책적 함의를 지닌다. 환경영향평가의 협의과정에서는 각 사업의 특성과 조건에 따라 세부적인 개발계획을 조정하고 다수의 저감계획을 비교하여 도입하는 등 계획의 최초 단계에서는 미처 적용하지 못했던 다양한 방안이 강구되어 사업별로 최적화된 협의결과를 도출하게 된다. 배출허용기준과 같이 사업별로 일괄적인 법적 기준만을 달성하는 것보다 환경영향평가를 통해 개별 사업의 여러 조건과 특성을 종합적으로 고려할 때에 사업에 대한 최적의 친환경성이 유도하고 더 큰 환경오염의 저감효과를 발생시킬 수 있기 때문이다.

본 연구의 결과는 환경영향평가를 통해 확보한 친환경성을 정량화할 수 있는 방법을 체계화하였다는 데에 의미를 지니며, 실제 사업으로부터 발생한 환경개선 효과의 크기가 작은 규모가 아니라는 점을 확인하였다는 측면에서 시사점을 지닌다.

또한 정량적으로 확인된 환경개선 효과를 경제적 측면의 기여도로 환산하여, 환경영향평가로부터 도출된 물리적 결과를 보다 실질적으로 접근할 수 있는 정보로 변환하였다는 데에도 의미가 있다. 환경영향평가의 지속가능한 발전이라는 목표는 환경과 경제·사회 부문이 종합적으로 고려될 때 실현가능하다. 환경영향평가를 통해 도출된 결과를 사회적 편익과 연

결하여 종합적인 정보로 활용한다면 친환경적 의사결정을 위한 중요한 근거자료가 될 수 있을 것이다. 또 환경영향평가의 경제적 측면의 기여도는 환경영향평가 제도에 대한 대외적 인식제고를 위한 자료로 활용하는 것도 가능할 것이다. 환경영향평가의 사회적 편익은 평가제도가 환경자원과 인체건강에 미치는 영향을 사전에 예방할 수 있다는 점에서 더 중요한 사회적, 정책적 기여를 내포하고 있음을 환기시킬 수 있을 것으로 기대한다.

그러나 본 연구에서 성과분석을 위해 적용된 범위는 여전히 제한적이다. 환경개선 효과와 사회적 편익 산출이 가능한 범위 내에서 여러 가지 조건을 가정하고 한정적인 범위에서 수행되었다. 그러나 한편으로는 환경 분야의 정량화 방법이나 환경가치 분야의 추가적인 방법론 개발을 통해 지속적으로 보완될 수 있음을 의미한다. 본 연구에서 수행된 대기분야 외에 자연환경, 생활환경, 사회환경의 다양한 분야에의 적용과 확장이 가능할 것이며, 기업이 추가로 부담하는 시설비용이나 그로 인한 단가의 상승 등 비용 측면에서의 자료를 활용한다면 환경영향평가의 성과평가에 객관성을 높일 수 있을 것이다.

또 현 단계에서는 법적 기준치와 평가과정에서 예측된 결과를 비교하였기 때문에 여전히 환경영향에 대한 예측값이라는 불확실성이 존재한다. 앞으로 사업 시행 이후 실제의 조사치인 사후환경영향조사 결과를 활용한다면 실질적인 의미의 환경영향평가 효과를 도출하여, 성과평가의 범위를 보다 확장시킬 수 있을 것이다.

사사

본 논문은 2016년 환경부의 지원을 받아 한국환경정책·평가연구원(KEI)이 수행한 「환경영향평가 협의 사업 환경편익/비용분석 연구 -환경영향평가 환경개선효과 및 사회적 편익 분석」의 연구결과를 기초로 하여 작성되었습니다.

References

- Ahn SE, Kim JY. 2011. Design and Application of an Analysis-frame Linking EIA and CBA. *Environmental Impact Assessment*. 20(4): 565-574. [Korean Literature]
- A. Markandya. 1998. The Indirect Costs and Benefits of Green house Gas Limitations. UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment.
- Cho KJ, Choi JK, Park YM, Song YI, Saong H, Lee SB, Jung JC, Lim YS. 2008. Achievement and Development of EIA over the last 30 years. KEI. [Korean Literature]
- Cho YS, Lee JT, Son JY, Kim YS. 2006. A Meta-Analysis of Air Pollution in Relation to Daily Mortality in Seven Major Cities of Korea, 1998-2001. *Korean Journal of Environmental Health Sciences*. 32(4): 304-315. [Korean Literature]
- Dickens, Roald, Gill, Janne, Rubin, Alex, Butterick, Milo. 2013. Valuing Impacts on Air Quality: Supplementary Green Book Guidance. DEFRA.
- EC. 1999. ExternE - Externalties of Energy. vol 10(National Implementation).
- EIA reports(included draft and amendment reports) for 60 projects of power plant. [Korean Literature]
- Kang KK, Kim JW. 2015. Reappraisal Social Cost of Air Pollutants. Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Kim IJ, Hong JH, YOO SJ, Kwon OS. 2003. Cost-benefit Analysis as a Guide to Environmental Policies. Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Kim YR, Jang BR. 2011. Evaluation of Environmental Assessment for Urban Environmental Restoration in Seoul. *Seoul Studies*. 12(3): 161-172. [Korean Literature]
- KAIST. 1998. A Study on the Selection of District Heating Fuel in Clean Fuel Use Area. [Korean Literature]
- Kwak SY, Shin JW. 2015. Mid-term Research Plan for the Environmental Valuation. KEI. [Korean Literature]
- Loomis, Dzedzic. 2018. Evaluating EIA systems' effectiveness: A state of the art. *Environ. Impact Assess. Rev.* 68: 29-37.
- Ministry of Strategy and Finance. 2017. Guide of Preliminary Feasibility Study. [Korean Literature]
- Morgan, Richard K. 2012. Environmental Impact Assessment: the State of the Art. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 30 (1): 5-14.
- Ricardo-AEA. 2014. Update of the Handbook on External Costs of Transport.