JOURNAL OF RADIATION INDUSTRY

Technical paper

17(1) : 111-118 (2023)
https://doi.org/10.23042/radin.2023.17.1.111

금전계수 도출을 위한 경제학적 방법론 연구

백민희[1,*]

[1]충남대학교 경제학과

A Study on Economic Methodology for Deriving Money Coefficients

Min-Hee Back[1,*]

[1]Department of Economics, Chungnam National University, 99 Deahak-ro, Yuseong-gu, Deajeon 34134, Republic of Korea

Abstract The International Commission on Radiological Protection (ICRP) 103 recommends a cost-benefit analysis method as an auxiliary tool for scientific and rational decision-making for the principle of optimization of radiological protection. In order to conduct a cost-benefit analysis, the safety improvement of nuclear power by regulation must be measured and converted into monetary terms. The improvement of nuclear safety can be measured by reducing the radiation exposure dose of the people, and it is necessary to determine the coefficient to convert the radiation exposure dose into money. The monetary coefficient is calculated as the product of the statistical life value (VSL) and the nominal risk coefficient. In order to derive the monetary coefficient, the willingness to pay (WTP) can be estimated using the contingent valuation method (CVM), which quantifies the value of non-market goods by converting them into monetary units. WTP can be estimated based on the random utility model, which is the basic model for bivariate selection type conditional value measurement data. Statistical life value can be calculated using the estimated WTP and reduction in early mortality, and a monetary coefficient can be derived.

Key words: Optimization radiation protection, Cost benefit analysis, Monetization for Health Detriment, Value of Statistical Life, Contingent Valuation Method

1. 서 론

인간이 사는 사회는 물질에 대한 무한한 욕망으로 가득 차 있다. 욕망은 이처럼 무한한데, 우리가 갖고 있는 경제적 자원은 유한하다. 다시 말해 우리의 경제활동은 무한한 욕망에 대한 희소한 자원을 끝없이 선택해야 하는 문제로 귀결되고, 그것이 바로 경제문제이다.

합리적인(rational) 사람은 의사결정을 할 때에 항상 편익과 비용을 비교해서 최소 비용 대비 최대 편익을 구할 수 있는 선택을 하고자 한다. 이것이 비용-편익분석의 핵심이라 할 수 있다.

모든 경제문제는 최적화문제로 귀착된다. 최적화문제는 경제주체(의사결정자)가 본인이 바람직하다고 생각하는 상태를 추구하는 현상이다. 따라서 최적화는 의사결정자의 합리성(rationality)을 전제해야 비로소 의미를 갖는 개념이다. 합리성은 수단(means)으로서의 합리성을 의미한다. 경제학에서 설정하는 대표적 인간은 경제인(*homo economicsus*)인데, 그는 바라는 것을 가능한 한 극대화(maximization)하려고 노력하는 한편 원치 않는 것은 극소화(minimization)하려고 노력한다. 최적화는 극대화와 극소화를 합친 말이다. 즉, 희소한 자원에 대한 합리적 선택은 최적화를 위한 우리의 노력의 일환이라고 할 수

http://www.ksri.kr/

Copyright © 2023 by
Korean Society of Radiation Industry

***Corresponding author.** Min-Hee Back
Tel. +82-42-821-5591 Fax. +82-42-821-8998 E-mail. whittee04@naver.com
Received 16 March 2023 **Revised** 23 March 2023 **Accepted** 27 March 2023

있다.

최적화는 개별 경제주체들의 경제활동 동기로 설명가능하다. 가계의 소비자는 소비활동에서 효용을 극대화하려는 동기에서 상품을 선택한다. 한편 기업은 이윤을 극대화하려는 동기에서 상품을 생산한다. 시장수요는 소비자들의 최적화 행위가 모여 결정되고, 시장공급은 기업들의 최적화 행위가 모여 결정되어 최종적으로 시장균형이 결정된다.

또한 정부의 최적화 행위는 경제주체들의 사회후생을 극대화하려는 동기에서 정책을 시행한다. 정책 또는 공공투자사업의 효율성을 평가하기 위해 시행시 발생하는 편익과 비용을 비교분석하는 경제성 분석을 실시하게 된다.

ICRP는 최적화 과정을 이행함에 있어 여러 가지 방사선방호 방안을 정량화하여 비교분석하는 의사결정(Decision-making) 보조기법 사용을 권고하고 있다[1]. 역사적으로, ICRP는 1970년 초 방사선피폭에 따른 위해(Detriment)와 이를 줄이기 위한 방호수단 비용의 최적화를 도출하기 위해 비용-편익 분석을 권장하였다[1]. 비용-편익 분석은 적용되는 방호수준에서 예상되는 방사선 잔여피폭의 부담을 정량화한 비용의 합이 합리적으로 달성가능한 최소가 되는 수준의 방사선방호를 적용한다는 개념이다[1].

의사결정 보조기법의 사용을 위해 다양한 방사선피폭 특성을 정량적 항목으로 구체화할 필요성이 있다[1]. 원자력 안전성 향상은 국민의 방사선 피폭 선량의 저감으로 측정 가능하고, 방사선 피폭선량을 금전으로 환산하는 계수를 정하는 것이 필요하다. 이 절차의 핵심 요소는 금전계수(man-Sv)를 사용하는 것인데 이로써 방호의 편익(즉, 어떤 방사선방호 방안 이행시 예상되는 피폭선량의 저감)을 방호비용과 동일한 단위로 표현할 수 있게 한다[1]. 금전계수는 방사선피폭이 리스크(Risk)에 연계된다고 볼 때 사람의 생명이나 건강을 경제적 금액으로 환산한 값으로 통계적 생명가치와 방사선피폭으로 인한 선량 명목 위험계수를 곱하고 구할 수 있다[1].

본 연구에서는 금전계수 산출을 위한 경제학적 방법론을 알아보고자 한다. 원자력 안전의 가치는 시장에서 거래되지 않아 그 가격을 알 수 없으므로 이를 측정하기 위해 비시장 재화의 금전 가치 측정 방법을 알아보고, 원자력 안전의 금전 가치를 비시장 재화의 가치측정법 중의 하나인 조건부가치측정법에 대해 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 비용편익분석

비용-편익분석(Cost-benefit analysis)은 국가에 의해 수행되는 정책이나 공공투자사업에 대한 적정성 평가를 하기 위해 일반적으로 가장 많이 사용되는 분석 틀이다[2]. 국가가 정한 정책목표를 완수하기 위해 가용할 수 있는 여러 가지 정책대안을 수행하는데 소요되는 비용과 그에 따른 편익을 측정한다[2,3]. 화폐적 가치로 환산한 편익과 비용에 기초하여 최선의 대안을 선택하는 기법이다.

비용-편익분석 중 비용부문은 대부분 사업비와 운영비로 구성되는 공학적인 측면이 많아서, 비용 측정이 편익분석에 비해 상대적으로 용이하다[4]. 편익(benefit)은 정책이나 공공투자사업 등의 시행으로 인해 경제주체가 얻게 되는 만족도나 후생(welfare)의 변화정도이다. 예를 들어, 환경정책의 편익이란 특정 환경재의 공급 또는 주어진 환경질의 개선으로 인해 발생되는 경제적 이익의 화폐가치를 의미한다. 그러나 정책이나 공공투자사업으로 인해 국민들이 누리게 될 대부분의 편익은 비경합성과 비배제성의 공공재 성격을 띠거나 외부 효과를 발생시킨다. 또한 시장에서 거래되지 않은 비시장재화로 시장가격이 없어 가치를 측정하기 위해서는 특별히 고안된 방법들을 적용해야 한다. 그래서 그동안 정책의 경제성 분석에 관한 연구는 비시장재화의 편익추정을 위한 가치평가 개발이 주를 이루어 왔다.

정부정책이나 공공투자사업 시행으로 제공된 공공재화나 서비스는 사적 재화나 서비스에 대한 대칭적 개념인 공공재로서 공급에 있어서 비배제성(non-exclusiveness)과 소비에 있어서 비경합성(non- rivalness)의 특성을 가지는 재화나 서비스를 말한다. 비배제성은 공공재가 생산 및 공급되면 대가를 지불하지 않고 소비하려는 사람을 배제시킬 수 없거나, 공학적으로 배제가 가능하여도 그렇게 하기에는 큰 비용을 수반하는 특성을 말한다[5]. 비경합성이란 특정 개인의 공공재 소비가 다른 개인의 소비가능성을 낮추지 않기 때문에 공공재의 추가 소비를 위해 서로 경합을 할 필요가 없고 추가적인 비용이 없다는 것이다[5].

공공투자사업의 수행으로 누릴 수 있는 원자력 안전성의 가치는 비배제성과 비경합성을 갖는 공공재의 성격을 띠고 있으며, 비시장재적 특성이 있다. 그리고 이것의 가

치는 비사용가치도 포함하고 있어 총체적인 가치를 평가할 필요가 있다.

2.2. 원자력 안전성 가치 측정을 위한 경제이론적 검토

시장재이거나 비시장재이거나 관계없이 재화와 서비스에 대한 경제적 가치측정는 경제주체들의 선호와 선택에 기초한다. 소비자들이 시장에서 재화나 서비스를 구입할 때, 시장의 수요와 공급에 의해 결정된 시장균형가격과 본인이 지불할 의사가 있는 최대금액인 지불용의(WTP, willingness to pay)를 비교하여 선택한다. 즉, 지불용의금액이 가격을 초과하거나 같을 때만 구입한다. 재화에 대한 지불용의는 시장에서 실제로 지급한 금액인 시장가격과 소비자 잉여(consumer surplus, 가격 이상의 초과분)으로 구성된다. 바로 소비자의 선호도가 반영된 화폐단위로 표시된 최대지불용의금액이 그 재화에 대한 경제적 가치인 편익의 크기를 나타낸다.

공공투자사업의 시행 또는 정책시행은 국민들에게 이익을 가져다 주기도 하고, 손해를 입히기도 한다. 이득이 발생할 것으로 예상되는 상황에서 보면 사업시행 이전의 효용수준을 기준으로 개선된 상황을 얻기 위해 개인들이 지불하고자 하는 최대 금액(WTP)을 측정하거나, 이득을 포기하는 반대급부로 수용할 수 있는 최소한의 금액(Willingness to accept, WTA)을 측정할 수 있다[6]. 반면에 손실이 발생하는 경우는 개인들이 공공투자사업으로 손실을 감내하는 대신 받아들일 수 있는 최소한의 보상금액(WTA)을 측정하거나, 해당상황이 악화되는 것을 방지하기 위해 지급하고자 하는 최대금액(WTP)을 측정할 수 있다. 이렇게 측정한 WTP 또는 WTA가 편익이 된다[5]. 공공투자사업으로 인한 편익측정 개념을 요약하면 Table 1과 같다.

2.3. 비시장가치평가법

경제이론에서 재화의 가치는 시장의 거래를 통해서 결정된다고 본다. 그러나 대상 재화가 환경재와 같은 비시장재화인 경우에는 대상 재화에 적한합 비시장재화의 가치추정 방법을 적용해야 한다.

시장을 통한 거래가 이루어지지 않아 시장가격 관찰이 안되는 비시장재화에 대한 가치를 측정하는 방법론들은 다음과 같이 분류될 수 있다.

(1) 가치추정에 사용되는 정보가 개인들의 행동을 직접 관찰함으로서 확보되는지 아니면 가상적인 질문에 대한 응답을 통해 얻어지는지에 관한 문제[7]
(2) 금전적 가치를 직접적으로 측정하는지 아니면 어떠한 간접적인 방법으로 추정되는지에 대한 구분

비시장재화에 대한 편익을 추정하는 방법은 Table 2에 제시하였다. 현시선호접근법은 비시장재화가 구조적이거나 기술적인 관계에 있는 사적 시장재화에 미치는 영향을 파악하는 방법론이다. 여행비용접근법(Travel Cost Method: TCM), 헤도닉 가격접근법(Hedonic Price Method: HPM), 회피행위접근법(Averting Behavior Method: PBM), 확률효용모형(Random Utility Model: RUM) 등이 현시선호접근법에 해당한다[8]. 반면에 진술선호접근법은 비시장재화를 거래할 수 있는 가상시장을 만들어 비시장재화에 대한 지불의사를 직접 표현하도록 하는 기법으로 조건부가치측정법(Contingent Valuation Method: CVM)과 선택모형(Choice Modeling: CM or Choice Experiment: CE)을 포함한다[5]. 앞에서 언급한 현시선호접근법과 진술선호접근법에 기초한 연구결과들을 활용하여 새로운 공공투자사업이나 정책으로 인한 편익을 추정할 수 있는 편익이전 기법이 있다[5].

시장가격 등 직접적 시장분석자료가 없으면 비시장재화와 연관이 있는 대리시장(Surrogate market)을 활용하여 간접적인 시장접근법인 현시선호접근법을 적용할 수 있다[5]. 그러나 현재 예비타당성조사시 편익추정은 대부분 물리적 연계접근법과 진술선호접근법을 사용하여 분석

Table 1. Concept of measuring benefits from public investment projects

Division	Gain	Loss
Maintenance of utility level before project	Maximum amount to secure an improved situation (WTP)	The amount of compensation you can accept instead of enduring a loss (WTA)
Maintenance of utility level after project	The minimum amount acceptable for giving up (WTA)	Maximum amount to prevent worsening of the situation(WTP)

Table 2. Classification of Valuation Methods for Non-Market Goods

Preferred association method		Value measurement method
Physical connection		Damage function approach Replacement cost approach Cost of savings approach
Behavioral connection	Market approach	Market demand approach
	Revealed preference method	Travel cost approach Hedonic price approach Averting behavior approach
	Stated preference method	Contingent valuation method Contingent ranking method Contingent behavior method
	Benefit transfer	Value transfer, function transfer, meta-analysis

되어 왔다[5]. 본 연구에서는 방사선방호로 인한 편익측정을 위한 조건부가치측정법 적용에 대한 내용을 서술하였다.

2.4. 조건부가치측정법(CVM, Contingent Valuation Method)

조건부가치측정법은 일반 국민들의 직접적인 진술선호를 측정하는 방법이다. 비시장재화의 거래를 위한 가상시장(Hypothetical market)을 만들고, 공공사업으로 예상되는 재화나 서비스에 대한 지불의사(Willingness To Pay: WTP)를 직접 표현하도록 한다[4]. 가상시장 설정시, 사업규모나 시설도입 등과 같은 물리적 측면 뿐만 아니라 사업완료 후 실제 운영되었을 때 국민들에게 미치는 영향과 기대효과를 사용가치와 비사용가치 측면으로 구분하여 알기 쉽게 제시해야 한다.

CVM은 공공투자사업으로부터 제공될 공공재나 공공서비스의 사용가치와 비사용가치까지 포함하는 총가치를 측정할 수 있는 방법이다[5]. 더불어 배제성과 경합성의 정도에 따른 구분에 상관없이 대부분의 공공재에 적용할 수 있는 비시장가치평가방법이다. 특히, 공공투자사업으로부터 제공이 예상되는 공공재나 공공서비스가 비사용가치 부분에서 순수공공재적 성격이 강하다면, CVM을 사용하는 것이 유일한 해법일 수 있다[5].

그러나 CVM의 치명적인 약점은 가상적 편의(hypothetical bias)가 발생한다는 것이다. CVM은 시장행동에 기초하여 소비자들의 선호를 도출한 후 편익을 측정하는 것이 아니라, 아직은 계획단계이거나 시행 전의 공공투자사업으로부터 제공될 가상적인 공공재 또는 공공서비스에 대한 개인들의 사전 지불용의에 바탕을 두고 있다는 것이다. 즉, 경제주체가 설문조사시 진술한 지불의사금액은 공공투자사업이 완성된 뒤 관련 재화나 서비스가 공급되었을 때, 이를 실제로 지급할 의사가 있는 금액과 다를 수 있다.

3. 결 과

3.1. 조건부가치측정법 연구조사 절차

CVM 연구의 수행을 조사설계 절차를 거쳐 진행된다.

3.1.1. 시장영역의 설정/평가기법 등 결정

시장영역은 평가대상 사업이 완료되었을 때 전 국민을 목표모집단으로 정하여 이들에게 제공되는 공공재나 공공서비스의 성격이나 유형에 대한 구분 없이 시장영역을 설정한다[4]. 즉, 평가대상 시설에 대한 사용경험이 없거나 생소한 비사용자들도 비사용가치에 근거하여 설문조사에 응답하고 지불용의를 직접 진술할 수 있다.

3.1.2. 지불의사(WTP) 도출을 위한 가상시장의 설정

3.1.2.1. 평가대상 재화나 서비스의 정의

기술적 또는 과학적으로 얽힌 공공투자사업에 대한 물리적 측면과 더불어 국민들의 행동변화를 일으킬 것으로

Table 3. A method of inducing willingness to pay that is widely used in CVM

A method of WTP	Detail
Bidding game	A method of repeatedly bidding to converge on the true willingness to pay by giving respondents a specific initial amount and repeating the process of raising or lowering it in a method commonly used in early CVM research
Open ended	How to directly find the maximum willingness to pay for non-market goods. Generally, there is no purchasing experience for non-market goods and they are unfamiliar, so the non-response rate may be high, zero value, or many outliers may come out.
Payment card	A method of giving a supplementary material in which a certain range of amounts is divided into several sections, and marking the amount you are willing to pay with certainty, and making another mark for the amount you are not willing to pay with certainty
Dichotomous choice	After randomly distributing the selected suggested amount among the respondents, a certain amount is presented and asked to answer 'yes' or 'no' whether or not they are willing to pay. Depending on the number of questions asked, it is divided into single nutrient selection and double nutrient selection.

예상되는 공공투자사업의 기능적 측면의 균형감을 유지하면서 일반인들이 쉽게 이해하도록 평가대상을 설명하는 것이 중요하다[4].

3.1.2.2. 지불수단과 지불 방법 선택

응답자들이 가상적인 상황에 대한 이해가 되도록 여러 가지 자료를 이용하여 알기 쉽게 제시한다. 현실성 있는 지불수단으로 추가적인 소득세, 요금인상(전기, 수도), 입장료, 물품세, 기금조성 등이 활용되었다. 지불기간과 지불방법은 지불수단에 따라 결정한다. 보통 지불수단이 월 단위면 지불방법도 월 1회로 설정한다. 지불기간은 보통 향후 5년 또는 10년 동안이고, 예비타당성조사의 경우에도 주로 향후 5년 동안으로 적용되고 있다.

3.1.2.3. 지불의사 유도 방법

CVM 연구에서 사용하는 지불의사 유도 방법은 경매방법(Bidding game), 개방형 질문방법(Open ended), 지불카드(Payment card) 제시 방법이 있다. 앞의 세가지 방법의 단점을 보완할 수 있는 양분선택형 질문 방법(Dichotomous choice)까지 아래 Table 3에 나타내었다.

최근의 대부분의 연구들은 양분선택형 질문(dichotomous choice)을 주로 사용한다. 양분선택형 질문은 미리 설정된 금액을 "공공재 공급 대가로 지불할 용의가 있는가"라고 단 1회에 걸쳐서 문의하면, 응답자가 '예/아니오'로 한번만 대답하는 방식이다. 사전조사(pretest) 결과인 조사지불용의 금액의 15~80% 범위에 해당하는 금액들이 제시금액들로 결정되며, 이들 중 임의로 한 가지 금액을 각각의 응답자에게 제시한다. 다만, 각 금액들은 비슷한 수의 응답자들에게 배당된다. 응답자는 제시된 금액이 본인의 지불의사액보다 같거나 작으면 '예'라고 대답하고, 높으면 '아니오'라고 대답한다[9]. 이러한 과정을 통해 확보된 자료를 이용하여 제시된 금액과 '예'라고 대답한 응답자의 비율을 계량분석함으로 평균 지불용의금액를 측정하게 된다[9].

특히 DC 질문유형 중에서 한번의 질문만 하는 단일 양분선택모형(SBDC, single bounded dichotomous choice)의 장점을 살리면서 2번에 걸쳐 양분형 질문을 하는 이중 양분선택형(DBDC, double bounded dichotomous choice) 질문유형이 CVM 연구에서 주로 사용되고 있다. 즉 초기에 제시된 금액에 대해 설문응답자가 '예'라고 대답하면 처음 제시 금액의 두 배 금액을 다시 한 번 더 제시하고, 반면에 '아니오'라고 응답하면 처음 제시금액의 1/2배 금액을 한 차례 더 제시한다.

설문의 성격에 따라 이중 양분선택모형보다는 단일 양분선택모형의 적용이 보다 바람직할 수 있다. 그러므로 질문은 이중양분선택형으로 하고 설문조사자료의 계량경제학적 분석 단계에서는 단일양분형과 이중양분선택모형을 모두 적용하여 분석을 한다[5]. 단일 양분선택모형만을 제시하던지 아니면 이중 양분선택모형의 추정 결과를 제시할 경우 단일 양분선택모형의 추정 결과도 함께 제시하는 방법을 주로 사용하고 있다[5].

3.2. 통계적 생명가치

사람들의 일상 속에 생명(life)에 영향을 주는 다양한 사회적 위험(social risk)이 존재한다. 사회적 위험은 기술·산업 등의 발달과 함께 확대되었다. 근로환경에 따른 위험, 교통사고 위험, 급격한 산업발전의 결과로 야기된 대기질 오염 및 수질오염과 같은 환경오염, 식습관 변화로 인한 건강위험 등은 모든 사람들의 일상 속에 내재된 위험요소이다.

이러한 위험요소들을 감소시키기 위해서 정부는 각 분야에 맞는 정책을 통해 안전에 대한 기준을 마련하고 있다. 통계적 생명가치는 치명적인 위험을 줄이기 위한 지불용의금액(Willingness to Pay, WTP)으로 위험과 화폐(money)의 암묵적인 상충관계(trade-off)에 해당한다. VSL 추정값으로 정부는 안전투자 금액의 기준을 제시할 수 있으며, 이와 같은 정책은 내재된 사회적 위험을 감소시킬 수 있다.

통계적 생명가치(Value of Statistical: VSL)는 개인이 생명에 위협적인 위험을 피하기 위한 평균 사망자 수를 감소시키기 위한 지불할 용의(WTP)가 있는 금액이다. 이러한 통계적 생명가치는 산업재해, 교통안전, 환경오염 등 다양한 부문에서 위험(risk)을 감소시키기 위해 필요한 안전투자 기준을 제시하는데 사용하고 있다.

사람들은 사망위험(mortality risk)과 건강(health) 또는 생명(life)을 얼마나 가치 있게 여기는지를 암묵적으로 선택하면서 일상생활을 영위하고 있다. 예를 들어, 더 빠르고 안락한 방법으로 목적지에 도착하기 위해서 비행기에 탑승하거나 여행을 즐기기 위한 경비행기 투어, 스피드를 즐기기 위한 오토바이 탑승, 무척 매운 음식 섭취 등과 같이 위험성이 높은 제품(hazardous products)을 소비하거나 스트레스 해소 등을 위해 위험이 높은 작업 또는 행동(risky work or risky behavior)을 선택하기도 한다. 이러한 행동을 통해 사람들은 더 빠르게 목적지에 도착하거나 더 행복한 기분을 느끼는 혜택(benefit)을 누리고 있다. 위와 같은 소비는 사람들을 더 행복하게 해주는 반면에 사망위험 발생 가능성을 증가시킬 수 있는데, 이러한 암묵적인 상충관계(trade-off)가 경제학적 관점에서 VSL에 해당한다.

이것은 아래 Fig. 1과 같이 간접효용함수에 의해 유도되는 무차별곡선의 기울기로 표현되며 사람들의 행동은 최적화의 결과로 나타난다. 사람들은 사망위험의 증가를 기꺼이 수용(willingness to accept, WTA)할지 또는 사망위험의 감소를 위해 기꺼이 지불(willingness to pay, WTP)할지에 대해서 선택하게 되는데 이것이 곧 VSL로 정의된다. 이를테면 사망위험이 높은 직업일수록 기업주는 근로자를 유인하기 위해 더 높은 임금을 제시하고, 근로자는 이러한 근로환경을 수용할 수 있는 높은 임금(WTA개념)이 제시된다면 직업으로 선택할 것이다.

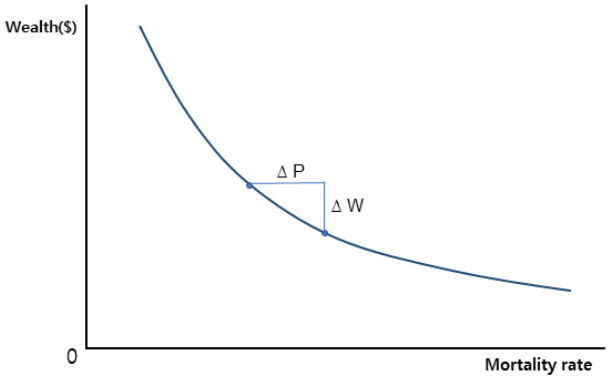

Fig. 1. Preference for Wealth and Morbidity Risk.

통계적 생명가치는 특정 정책과 같은 비시장재화인 공공재 또는 공공서비스 사용으로 기대되는 조기사망 감소분(ΔP)에 대한 지불의사금액(WTP)을 사망위험의 감소분(ΔP)으로 나눈 값$\left(VSL = \frac{WTP}{\Delta P}\right)$으로 정의된다[10]. 사망위험의 크기가 1은 그 사람이 사망하게 된다는 것을 나타내며, 이러한 상태를 막기 위한 지불용의금액이 바로 그 사람의 생명 가치라고 볼 수 있다[10].

3.3. 통계적 생명가치 추정모형

경제학의 소비자이론에 따르면 가계는 예산 제약하에서 효용을 극대화하는 선택을 하게 된다. 즉 개인은 효용을 극대화하는 과정에서 사망위험을 감소시키는 선택을 한다. 이때 개인은 본인의 사망확률에 대해 정확히 알고 있으며, 효용 극대화 과정에서 본인의 선택이 사망확률을 어떻게 변화시키는지 알고 있다고 가정한다[10]. 논의의 단순화를 위해 1기 정태모형(one-period static model)을 기대효용(expected utility) 극대화 문제를 표현하면 다음과 식 (1)과 같다[11].

$$E[V] = \pi^0 u(w^0) + (1-\pi^0) v(w^0) \quad (1)$$

위 식 (1)에서 π는 생존확률, $u(w)$는 생존한 경우 자산

(혹은 자산을 통한 소비) w를 통해 얻게 되는 효용, $v(w)$는 생존하지 못한 경우 얻게 되는 효용을 의미한다[11]. 여기에서 π^0와 w^0는 초기값(initial endowment)이다. 생존확률과 자산의 선택에 따라 기대효용이 결정되게 된다. 효용이 극대화되는 점은 개인은 생존확률을 높임으로써 얻게 되는 한계효용과 이에 따른 부의 감소로 인해 잃게 되는 효용이 같아지는 점이다[11]. 따라서 통계적 생명가치는 부와 생존확률 간의 한계대체율(marginal rate of substitution, MRS)로 정의되며 이는 위의 식(1)을 전미분하여 도출가능하다.

$$VSL = -\frac{dw^0}{d\pi^0} = \frac{u(w^0) - v(w^0)}{\pi^0 \partial u(w^0)/\partial w^0 + (1-\pi^0)\partial v(w^0)/\partial w^0} \quad (2)$$

식(2)에서 확인할 수 있듯이 개인의 부와 생존확률의 함수로 통계적 생명가치를 표시할 수 있다. 다시 말해 통계적 생명가치는 개인의 생존확률, 부의 초기값 및 효용함수에 따라 차이가 발생한다[11]. 이를 국가 개념으로 확장한다면 국가 고유의 사회·경제적 요소 및 인식에 따라서 차이가 발생하는 것으로 볼 수 있다[11]. 따라서 해외 연구사례 통계적 생명가치의 추정치를 편익 이전(benefit transfer)하여 국내 공공투자사업이나 정책의 편익을 산정하는 경우 에는 매우 신중하여야 하며 근본적인 한계가 존재하게 된다[11]. 더불어 국내의 경제사회적 요인이 반영된 통계적 생명가치 추정이 필요하다.

4. 결 론

본 연구에서는 방사선방호 최적화를 위한 경제학적 방법론에 대해 연구하였다. 최적화 과정의 이행에서 다양한 방호방안을 정량화하고 비교분석하는 의사결정 보조기법인 비용-편익분석에 대한 경제학적 방법론, 방사선 안전성과 같은 비시장재화의 가치평가방법, 금전계수 산출을 위한 통계적 생명가치 추정 방법론에 대해 고찰하였다.

방호최적화는 선량을 추가로 낮춰 얻는 경제사회적 이득이 그러한 선량저감을 달성하는 사회적 비용과 같아지는 선량을 선정함으로써 선량이 경제 및 사회적 인자를 고려하여 용이하게 달성 가능한 한 낮게 설정하는 것이다[1]. 여기에서 말하는 경제사회적 이득이 바로 편익이다. 다시 말하면, 개인 선량의 크기, 방사선피폭자 수, 그리고 잠재피폭 가능성을 경제 및 사회적 인자를 고려하여 적절한 선량제약치 아래에서 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지할 때 이로부터 사회 구성원의 후생이 극대화되는데 이때 발생하는 긍정적 효과를 편익이라고 할 수 있다[1]. 즉 방사선방호 최적화 정책의 편익(benefit)이란 경제적 이익의 화폐가치를 의미한다.

원자력 안전 규제의 합리성을 추구하기 위하여 신규규제요건을 부과할 때 사용하는 비용-편익분석을 하기 위해서는 편익항 추정이 중요하다. 편익항은 규제에 의한 원자력의 안전성 향상으로 측정할 수 있으며, 이는 국민의 방사선 피폭 선량의 저감으로 측정할 수 있다. 이를 위하여 방사선 피폭 선량을 금전으로 환산하는 계수를 정하는 것이 필요하다.

우선 원자력 안전성의 향상은 일반적으로 비시장재화이며, 공공재적인 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 가진 편익항 추정을 위한 비시장재화 방법론 중 진술선호접근법 중 조건부가치측정법을 살펴보았다. 금전계수 도출을 위하여 비시장재화의 가치를 화폐단위로 환산하여 계량화하는 조건부가치평가법(CVM)을 활용하여 지불의사금액(WTP)을 추정할 수 있다. 양분선택형 조건부가치측정 설문자료에 대한 기본 모형인 확률효용모형에 근거하여 WTP를 추정할 수 있으며, 양분선택형 조건부가치측정 질문에 대한 '예/아니오'응답을 활용하여 개인들의 WTP의 범주를 추정가능하다. 방사선 피폭 저감에 안전장치에 대한 지불의사금액을 이용하여 방사선 피폭 저감에 대한 통계적 생명가치를 계산할 수 있다.

본 연구에서 수행한 경제학적 방법론을 적용하여 추후 국내 적용가능한 금전계수 도출에 활용될 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 한국원자력안전재단의 지원을 받아 원자력안전위원회의 재원으로 수행한 원자력안전연구사업의 연구결과입니다(No. 1805016).

참고문헌

1. ICRP. 2006. The Optimisation of Radiological Protection - Broadening the Process. *Ann. ICRP* **36**(3):69-87.
2. Dongguk University. 2003. A Study on the Development of

Guidelines for Cost/Benefit Analysis of Environmental Policy. Ministry of Environment.
3. Rural Development Administration. 2008. Revising the policy and institutional arrangement for performance diffusion of R&D and extension in agriculture. Rural Development Administration.
4. Eom YS, Kwon OS and Shin YC. 2011. Issues in Applying CV Methods to the Preliminary Feasibility Test. *KREA* **20**(3):595-628.
5. Jang JK. 2012. A Study on Improving CVM Analysis Guidelines for Preliminary Feasibility Study. KDI.
6. Jung YK. 2017. Youth career experience training center construction project. KDI Preliminary Feasibility Study Report.
7. Lee SB and Cho TH. 2006. A comparison of estimating economic value of culture and natural tourist resource (Jikji and Mt. Sokri). *KDGW* **24**(1):89-106.
8. KDI. 2008. A Study on General Guidelines for pre-feasibility Study, 5th Edition.
9. Yoo SH and Lee JS. 2010. A Study on the Economic Impacts of Ubiquitous Spectrum Monitoring Project. *Informatization Policy* **17**(3):57-73.
10. Lee SH, Shin HS and Kim DE. 2016. Economic valuation of statistical life in life loss of heat wave attributed to the climate change. *Korean Health Economic Review* **22**(2):51-78.
11. Jeon HC. 2020. A Choice Experiment Approach to the Value of a Statistical Life. *KREA* **29**(3):247-270.