

원자력안전의 경제학적 의미와 비용편익분석

Economic Consideration of Nuclear Safety and Cost Benefit Analysis in Nuclear Safety Regulation

최영성, 최광식, 최경우, 송인진, 박동극

한국원자력안전기술원

대전광역시 유성구 구성동 19

요 약

원자력안전규제의 최적화를 위해서는 과학기술적인 접근방법 외에 안전규제의 경제학적 측면에 대한 이해가 필요하다. 본고에서는 이를 위하여 원자력안전의 경제학적 의미, 즉 공적 안전재화로서의 원자력안전의 속성과 그 금전적 가치에 대하여 사적 안전재화와 비교, 검토하였다. 또한 정책변화에 의한 사회전체의 후생변화가 각 개인의 보상변화량의 합으로 계산됨을 보이고 신규 원자력안전규제요건 부과의 합리화를 위한 비용편익분석의 이론적 근거 및 그 역사를 고찰한 후 향후 연구과제를 제시하였다.

Abstract

For the optimization of nuclear safety regulation, understanding of economic aspects of it becomes increasingly important together with the technical approach used so far to secure nuclear safety. Relevant economic theories on private and public goods were reviewed to re-illuminate nuclear safety from the economic perspective. The characteristics of nuclear safety as a public good was reviewed and discussed in comparison with the car safety as a private safety good. It was shown that the change of social welfare resulted from the policy change induced can be calculated by the summation of compensating variation(CV) of individuals. It was shown that the value of nuclear safety could be determined in monetary term by this approach. The theoretical background and history of cost benefit analysis of nuclear safety regulation were presented and topics for future study were suggested.

1. 서론

원자력 안전규제는 원자력의 개발·이용에 수반되는 방사선 위해로부터 국민과 환경을 보호하기 위하여 국가가 시장경제에 개입하여 기업과 개인의 행위를 제약하는 것이라고 할 수 있다. 국가는 원자력 안전규제로 인해 안전성이 향상되어 사회후생이 궁극적으로 개선될 것이라는 전제 하에 안전규제를 수행한다. 그러나 규제에 의해 투입되는 국가적인 비용만큼 실제적으로 국민들에게 원자력 안전성의 향상이라는 후생의 개선을 가져다주지 못할 가능성

을 배제할 수 없다. 따라서 원자력 안전규제의 최적화, 즉 ‘어느 정도의 규제가 안전성 확보에 필요한가’라는 적정규제의 문제가 안전규제에서 주요한 논점이 되어 왔다[1]. 특히 앞으로 전력시장의 경쟁체제 도입과 함께 규제의 비용을 저감하기 위한 사업자들의 노력은 가속될 것이며 이와 함께 원자력안전규제의 합리화에 대한 요구는 더욱 증대될 것으로 예상된다. 그러나 원자력안전규제의 최적화 및 합리화를 위해서는 과학기술적인 접근방법 외에 정치경제학적 측면에서 원자력안전과 규제에 대한 이해가 필요하다. 따라서 본고에서는 원자력안전규제와 관련된 이러한 여러 사회과학적인 측면 중에서 경제학적 관점에서 본 안전이라는 재화의 의미, 그 안전재화의 가치측정 방법을 살펴보고 수요와 공급의 균형이론 등과 같은 경제학적 이론에 대한 고찰을 통해 원자력안전의 경제학적 의미를 검토한 후 원자력안전규제의 비용편익분석의 이론적 배경과 역사에 대해 살펴봄으로써 우리 나라의 원자력안전규제의 최적화와 합리화 노력에 도움이 되고자 한다.

2. 안전의 경제학적 의미

인류는 보다 더 안전한 삶을 영위하기를 희망한다. 그러나 안전을 얻기 위해서는 그로부터 얻을 수 있는 효용에 해당하는 만큼의 자원을 희생해야만 한다. 즉 안전은 일종의 재화이며 이를 얻기 위해서는 그에 따른 기회비용(Opportunity Cost)을 감수해야 하는 것이다. 안전을 일종의 재화로 생각할 때 그것은 두 가지 종류로 구분할 수 있다. 하나는 사회의 개개인이 직접 그 안전재화를 구매하여 자신만이 사용할 수 있는 것이고 다른 하나는 일정한 수준의 안전이 국가 혹은 합의된 단체에 의해 제공되어 누구나가 그 안전을 향유할 수 있는 것이다. 예를 들면 자동차 안전장비는 전자의 경우에 해당하고 원자력 안전은 후자의 경우에 해당한다.

1) 자동차 안전장비 : 사적 안전재화

사회의 개개인은 그가 가진 소득으로 그가 구매할 수 있는 안전재화에 얼마만큼 투자할지를 다른 모든 재화에서 오는 효용과 비교하여 경제적 의사결정을 하고 있다. 가령 자동차 안전을 위해 에어백을 구입한다든지, 새로운 타이어를 장착한다든지, 주기적으로 정비를 하는 등의 안전과 관련된 재화를 구입할 때에는 다른 모든 재화의 효용과 비교하여 의사결정을 내린다. 이것은 그가 지불한 대가만큼 그가 이 재화로부터 얻는 효용을 배타적으로 향유할 수 있는 재화이다. 즉 이러한 자동차 안전장비는 일반적인 사적 재화와 같은 특성을 지니고 있어 사적재화에 관한 경제학의 이론을 적용할 수 있다. 이는 경제학에서 알려진 바와 같이 그가 구매하는 재화들이 다음과 같은 조건을 만족할 때 그의 효용이 최대가 된다[2].

$$\frac{MU_1}{P_1} = \frac{MU_2}{P_2} = \dots = \frac{MU_n}{P_n} \quad (1)$$

여기서 n 은 재화의 수, MU_g 는 재화 g 에 대한 한계효용, P_g 는 재화 g 의 가격을 나타낸다. 위식의 의미는 가령 재화 X 와 Y 가 있다고 가정할 때, 재화 X 에 지출되는 돈 1원당 한계효용이 재화 Y 에 지출되는 돈 1원당 한계효용과 같아야 그의 효용이 극대화된다는 것이다. 만약 그렇지 않고 $\frac{MU_x}{P_x} > \frac{MU_y}{P_y}$ 의 관계가 있다면 1원당 얻을 수 있는 한계효용이 더 낮은 Y 에 대한 지출을 줄이고 X 에 대한 지출을 추가하면 종전보다 더 높은 효용을 얻을 수 있다.

사회의 구성원 각자가 위와 같은 효용최대화 원칙에 따라 의사결정을 한다고 가정할 때 완전경쟁시장¹⁾에서는 다음과 같은 파레토 효율적인 자원배분과 이에 따른 적정규모의 생산

조건이 자동적으로 만족된다. 즉 어느 누구도 다른 사람의 효용을 감소시키지 않고서는 자신의 효용수준을 증가시킬 수 없는 최적의 효율적 자원배분 상태에 자동적으로 도달하게 된다[2].

$$MRS_{x,y}^i = MPT_{x,y} \quad (2)$$

여기서 i 는 임의의 사회 구성원을 나타내고, x 와 y 는 임의의 두 재화를 나타내며, MRS 는 한계대체율(Marginal Rate of Substitution)을, MPT 는 한계생산변환율(Marginal Rate of Product Transformation)을 나타낸다²⁾. 따라서 좌변은 임의의 재화 x 와 y 에 대한 한계대체율은 모든 사람에게 대해 같아야 하고 이는 또한 우변의 한계생산변환율과 같아야 함을 나타낸다. 이처럼 사적 재화의 경우에는 개개인이 가격기구 하에서 (1)식과 같은 행동(수요)을 할 경우 (2)식과 같은 최적의 상태(공급)를 자동적으로 달성할 수 있게 된다.

2) 원자력 안전 : 공적 안전재화

자동차 안전장비와는 달리 도로의 안전성이라든지 원자력 발전소의 안전성은 개인이 돈을 지불하여 구매하는 재화가 아니며 또한 소유권이 명확히 설정되어 있지 않다. 이러한 공적인 안전재화는 보통 정부에 의해 공급되며 그 공급 수준은 여러 가지 사회·정치적 과정을 거쳐 결정된다. 즉 사적재화처럼 수요와 공급이 결정되는 시장이 존재하지 않는다. 이러한 공적인 안전재화는 일반적으로 비경합성과 비배타성을 갖는다고 볼 수 있다³⁾. 이것은 한 개인의 소비가 다른 개인들의 소비를 감소시키지 않으며, 누구도 그 소비에서 배제되지 않는 것을 의미한다. 순수한 공적인 안전재화는 누군가에 의해 공급되기만 하면 모든 사람이 그것을 누릴 수 있다는 비배타성 때문에 무임승차의 문제가 발생하며 따라서 그 재화에 대한 진정한 가치가 표출되지 않고 이로 인해 시장에서는 그 재화가 적정수준으로 공급되지 않는다. 원자력안전의 수준을 정하는 경우 개개인은 그 비용을 부담하지 않으려고 하면서 최대의 안전을 향유하려고 하므로 진정한 안전의 수준을 정하기가 어렵게 된다. 만약 개개인이 공적 안전재화에 대한 가치를 진실되게 표현할 경우⁴⁾ 파레토 효율적인 자원배분을 이루는 조건은 다음과 같은 사무엘슨의 공공재 조건으로 주어진다[4].

-
- 1) 완전경쟁시장의 조건은 (1) 개별 주체의 가격조정 불가능 (2) 재화의 동질성 (3) 자원의 완전한 이동성 (4) 완전한 정보 등이다.
 - 2) 식(2)를 하나의 재화에 대해 표현하면, $MU_i = MC$ 로 바꾸어 쓸 수 있다. 여기서 MU 는 그 재화에 대해 소비자가 얻는 한계효용, MC 는 그 재화를 생산하는데 드는 한계비용을 나타낸다. 즉 어떤 재화에서 얻는 한계효용이 모든 사람에게 대해 같고 또한 그 재화를 생산하는 한계비용이 같을 때 파레토 효율적 자원배분 상태에 도달되었다고 한다.
 - 3) 애덤스와 맥코믹(Adams & McCormick)은 배제가능성과 경합성의 정도에 따라 재화를 다음과 같이 분류하였다.

	배 제 가 능	배 제 불 가 능
경합적	1. 사용재	2. 공동소유자원
혼잡가능	3. 클럽재	4. 시장거래불가능한 비순수공공재
비경합적	5. 시장거래가능한 공공재	6. 시장거래불가능한 공공재

- 여기서 자동차 안전장비는 1, 도로의 안전은 4, 원자력안전은 6에 해당한다고 볼 수 있다(김소영[3]에서 재인용).
- 4) 가치를 진실되게 표현한다는 것은 개인이 그 재화를 향유하는 것에 대해 그 만큼의 비용을 기꺼이 지불한다는 것을 의미한다.

$$\sum_{i=1}^n MRS_i = MPT \quad (3)$$

여기서 MRS_i 는 i 의 공적재화와 사적재화 사이의 한계대체율을 나타내며 MPT 는 공적재화의 한계생산변환율을 나타낸다. 따라서 공적재화와 사적재화 사이의 한계대체율을 모든 사람에게 대해 더한 것이 한계생산변환율과 같아야만 공적재화는 가장 효율적인 자원배분과 적정규모의 생산을 이루게 된다⁵⁾. 그러나 앞서 말한 바와 같이 공적재화는 사적재화와는 달리 개인이 그 재화로부터 얻게 되는 효용을 과소평가 하려는 성향을 표출하게 되므로 시장의 수요공급에만 맡겨 놓을 경우 (3)식과 같은 조건은 달성될 수 없게 된다.

3. 안전재화의 가치측정

사적 안전재화에 대한 가치는 시장에서 정해지지만 공적 안전재화에 대한 가치는 보통 사회·정치적 과정을 통해 결정된다. 정부는 여러 가지 경로를 통해 공적 안전재화에 대한 국민들의 요구수준을 받아들이고 그에 맞는 안전재화를 공급하게 되는데 대부분의 경우 정부는 규제의 형태로 안전이라는 재화를 공급하게 된다[3]. 그런데 정부의 안전규제는 기업에게 규제비용을 부담시키게 되므로 기업은 가능한 한 이를 회피하려고 노력한다. 특히 규제의 비용은 명확하게 도출되는 반면, 안전성 확보라는 편익은 쉽게 계량하여 비용과 비교하기가 어렵다. 이럴 경우 안전규제는 불필요한 부담이라는 기업의 경제논리에 포획되는 상황이 발생할 수 있고 이때 안전재화는 그 사회의 적정수준보다 과소 공급되는 문제가 발생한다[5]. 이런 문제를 해결하기 위해서는 안전재화의 편익을 정확히 측정할 수 있는 분석기법이 필요하게 된다. 여기서는 사적 안전재화의 가치와 공적 안전재화의 가치가 어떻게 화폐단위로 표현되는지 알아보고 둘의 측정상의 차이점을 살펴보기로 한다.

1) 사적 안전재화의 가치

사적 안전재화의 공급을 위해 제조업체에 대해 보조금을 지급한다든지, 정부의 기술개발에 의해 안전장비 생산비용을 낮추는 등의 정책을 시행할 때 소비자가 얻게 되는 효용의 증가(즉 증가된 재화의 가치)는 크게 3가지의 경제학적 개념으로 측정할 수 있다. 마샬리안 수요함수에서 도출되는 소비자잉여(Consumer Surplus), 히시안 수요함수에서 도출되는 보상변화(Compensating Variation)와 동등변화(Equivalent Variation)가 그것이다. 이들은 소비자의 효용상의 변화를 화폐단위로 측정할 수 있게 해 준다[2]. 그런데 3가지 수치는 만약 그 재화의 수요에 대한 소득탄력성⁶⁾이 0에 가까울 경우 일치하게 되지만 그렇지 않을 경우 이들의 차이는 커지게 된다. 세 가지 후생변화 개념이 매우 다른 값을 가질 경우 일반적으로 정책 변화에 의한 '파레토' 개선의 여지가 있는가 없는가는 히스의 보상변화가 밝혀주는 것으로 이해되고 있다[6]. 왜냐하면 정책 변화전 자신의 효용은 히스의 수요곡선 위에서 그대로 머물게 하면서 정책 변화 후의 자신의 효용증분을 화폐가치로 표시하는 것이 바로 보상변화에 해당하기 때문이다. 또한 재화의 공급량 변화에 대한 소비자의 최대지불용의액(Maximum Willingness To Pay)은 다른 재화의 가격이 불변일 경우 히스의 보상변화와 일치하게 된다.

5) 이를 특정 공공재화에 대해서 바꾸어 표현하면 $\sum_{i=1}^n MU_i = MC$ 로 나타낼 수 있다. 즉 공공재화에 대한 한계효용의 합은 공공재 생산의 마지막 한 단위 생산비용 즉 한계비용과 같아야 함을 나타낸다.

6) 수요의 소득탄력성 = (수요의 변화율)/(소득의 변화율)

이런 이유로 경제분석에서는 보상변화를 후생변화의 척도로 사용하고 이를 위해 최대지불용의액을 보상변화의 추정치(proxy value)로 측정하게 된다.

그러나 실제의 상황에서는 현실의 경제자료에 입각해서 도출할 수 있는 것은 마샬리안 수요함수에서 계산되는 소비자잉여이므로 이에 의거하여 소비자의 효용변화를 측정하는 경우가 많다. 하지만 정책변화의 가치를 정확하게 측정하려면 보상변화에 기반을 둔 최대지불용의액을 사용하는 것이 타당하다.

2) 공적 안전재화의 가치

시장에서 거래되는 사적재화의 소비변화에 따라 발생하는 소비자 효용의 변화를 측정하는 소비자잉여, 보상변화, 동등변화의 개념은 공적재화의 경우에는 그대로 사용할 수 없다. 공적재화는 공급량이 정해지면 누구나 향유할 수 있는 재화이기 때문에 그 가치는 사적재화와는 다르게 측정되는데 이를 사적재화와 비교하여 그림으로 표시하면 그림 1과 같다. 그림 1을 보면 사적재화의 경우는 (a)에서 보는 바와 같이 효용의 변화가 가격축으로 둘러싸인 좌측의 면적으로 표시되는 반면 공공재화의 경우는 (b)에서 보는 바와 같이 공급축으로 둘러싸인 면적으로 표시되며 공적재화의 최대지불용의액은 바로 그 재화의 보상변화 즉 효용변화를 화폐단위로 직접 측정하게 됨을 알 수 있다.

4. 사회후생의 변화와 비용편익분석

1) 정책변화에 의한 사회후생의 변화

정부에 의한 원자력 안전규제 정책의 변화는 그 정책변화 이후의 사회전체 후생이 증가할 것을 기대하고 이루어진다고 볼 수 있다. 정책변화에 의해 안전재화의 공급수준 혹은 분배형태가 변할 경우 사회 구성원들 개개인의 효용이 변하게 되고 이때 개개인의 효용변화는 보상변화 혹은 동등변화라는 개념으로 측정됨을 살펴본다. 이제 개개인의 효용증가(어떤 경우에는 효용감소)가 어떻게 사회전체의 후생변화로 종합되는지를 살펴보기 위해 H 명으로 구성된 사회가 있다고 가정하고 개인 h 가 다음의 간접효용함수⁷⁾를 가진다고 하자.

$$V^h = V^h(p, y^h, z), \quad \forall h$$

여기서 $p = (p_1, \dots, p_n)$ 은 사적재화 n 개의 가격벡터, y^h 는 h 의 총소득, z 는 가격이 없는 공적재화의 양(혹은 질)을 나타낸다. 이제 어떤 정책이 시행되어 시행전(0)과 시행후(1) 사이에 사회 구성원의 효용이 영향을 받으면, 다음의 경우에 그 정책은 파레토 개선을 가져오는 정책이라고 말한다.

$$V^h(p^1, y^{1h}, z^1) > V^h(p^0, y^{0h}, z^0), \quad \forall h$$

즉 정책 시행에 의해 모든 구성원들의 효용이 증가될 경우 그 정책은 바람직한 것이 된다. 그러나 대부분의 현실세계 정책의 영향은 어떤 사람에게는 이득을 주는 반면, 어떤 사람에게는 손실을 주므로 파레토 기준은 현실세계의 정책판단에는 별로 도움이 되지 않는다. 이

7) 재화의 가격벡터, 개인의 소득, 가격이 없는 공적재화의 공급량에 의해 개인의 효용을 나타내는 함수. 이 효용함수는 h 가 소비하는 각 재화의 양에 따른 효용치를 직접 나타내지 않고 그의 소득으로 그가 제일 큰 효용을 얻으리라고 생각되는 합리적 소비를 할 때 그가 얻는 효용값을 나타내기 때문에 간접효용함수라고 불린다.

를 위해서는 파레토 기준 이상의 판단기준이 필요한데 이를 위해 많은 학자들이 연구하였으나 모두가 인정하는 기준은 아직 제시되지 않고 있다⁸⁾.

여기서는 사회후생의 변화라는 관점에서 살펴보기로 한다. 만약 모두가 인정하는 사회후생 함수(Social Welfare Function: SWF) W 가 있어 h 의 효용으로부터 다음과 같이 사회의 선호를 서열화해 준다고 하자.

$$W = W(V^1, \dots, V^H) = \mathbb{W}(V^1(p, y^1, z), \dots, V^H(p, y^H, z))$$

여기서 W 를 어떻게 구성할 것인가 하는 것은 바로 그 사회의 가치판단을 어떻게 수행할 것인가에 대해 합의하는 일인데 그 대표적인 함수형태를 살펴보면 다음과 같다²⁾.

- Utilitarian SWF : $W = \sum_{h=1}^H V^h$, 공리주의⁹⁾에 바탕을 두고 모든 개인의 효용은 서로 산술적으로 비교 가능하여 개인 효용의 총합이 사회전체의 후생이 된다고 가정하는 것으로 사회무차별곡선(Social Indifference Curve)¹⁰⁾은 그림 2의 (a)처럼 직선으로 나타난다.
- Bernoulli-Nash SWF : $W = \prod_{h=1}^H V^h$, 높은 효용수준을 누리는 사람의 효용에는 낮은 가중치를 적용하는 반면, 낮은 효용수준을 누리는 사람의 효용에는 좀더 높은 가중치를 적용하는 평등주의 원칙을 반영하는 것으로 사회무차별곡선은 그림 2의 (b)처럼 원점에 대해 볼록한 모양으로 나타난다. 이것이 극단적인 형태로 되면 다음과 같은 롤즈의 사회정의론적 후생함수가 된다.
- Rawlsian SWF : $W = \text{Min}\{V_h\}$, 그 사회에서 가장 불행한 사람의 효용수준이 그 사회의 후생수준이라고 가정하는 것으로 사회무차별곡선은 그림 2의 (c)처럼 직각으로 나타난다.

이제 정책 시행전과 후의 사회후생 변화를 살펴보자. 사회후생 변화는 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \Delta W = & \mathbb{W}(V^1(p^1, y^{11}, z^1), \dots, V^H(p^1, y^{1H}, z^1)) \\ & - \mathbb{W}(V^1(p^0, y^{01}, z^0), \dots, V^H(p^0, y^{0H}, z^0)) \end{aligned}$$

그런데 앞에서 살펴본 정책 시행 전후에 따른 개개인의 보상변화(CV)와 동등변화(EV)는

$$\begin{aligned} V^h(p^1, y^{1h} - CV^h, z^1) &= V^h(p^0, y^{0h}, z^0) \quad \forall h \\ V^h(p^1, y^{1h}, z^1) &= V^h(p^0, y^{0h} + EV^h, z^0) \quad \forall h \end{aligned}$$

와 같은 관계가 있으므로 보상변화를 측정했을 경우 다음과 같이 SWF의 변화량이 계산된다¹¹⁾[8].

$$\begin{aligned} \Delta W = & \mathbb{W}(V^1(p^1, y^{11}, z^1), \dots, V^H(p^1, y^{1H}, z^1)) \\ & - \mathbb{W}(V^1(p^1, y^{11} - CV^1, z^1), \dots, V^H(p^1, y^{1H} - CV^H, z^1)) \end{aligned}$$

8) 특히, 애로우(K. Arrow)의 불가능성 정리는 바람직한 5가지 성질을 모두 만족하는 집단 의사결정기준은 존재하지 않음을 말해주고 있다.

9) 공리주의란 후생주의, 합계원리, 결과주의로 대표되는 도덕원리이다[7].

10) 동일한 사회후생을 제공하는 개인효용들의 조합들의 궤적

11) 동등변화가 측정되었다면 $\Delta W = \sum_{h=1}^H \overline{(W_h V_y^h)} EV^h$.

$$\begin{aligned}
&= \sum_{h=1}^H \int_0^{CV^h} W_h V_y^h dCV^h \\
&= \sum_{h=1}^H \overline{(W_h V_y^h)} CV^h \tag{4}
\end{aligned}$$

여기서 $W_h = \frac{\partial W}{\partial V^h}$, $V_y^h = \frac{\partial V^h}{\partial y^h}$ 이며 $\overline{(W_h V_y^h)}$ 는 중간값정리에 의해 마지막 등식이 성립하도록 해주는 $W_h V_y^h$ 의 구간 $[0, CV^h]$ 사이의 값이다. $W_h V_y^h$ 항은 h의 소득에 대한 한계 사회후생(marginal social utility of income of individual h)이라는 것으로 각 개인의 보상 변화량은 이 항으로 가중·합산되어 사회의 순편익(후생변화량)이 구해지게 된다. 여기서 $W_h V_y^h$ 항의 의미를 생각해 보면 모든 사람에게 1000원은 같은 의미를 갖는 것이 아니라는 점이다. 즉 당장 먹을 것이 필요한 가난한 사람은 1000원이 갖는 의미는 매우 크지만 부자에게는 그렇지 않은데 이것을 나타내는 것이 V_y^h 이고, 개개인의 효용을 사회의 효용으로 합산할 때 h라는 사람의 효용이 얼마나 중요하게 간주되어 가중되어야 하는가를 나타내는 것이 W_h 이다. 이 둘을 곱하면 h의 소득변화에 대한 사회의 한계효용이 되는데 여기서 만약 $W_h=1$ 이면 이 사회는 Utilitarian society가 되며 $W_h=0$ (h≠the poorest individual)이면 이 사회는 Rawlsian society가 된다.

$(W_h V_y^h)$ 를 구하는 것이 ΔW 의 계산에 중요하지만 이는 바로 W를 어떻게 구성할 것인가와 같은 문제이기 때문에 쉽게 답할 수 있는 것이 아니다. 그러나 만약 사회가 W상에서 최적¹²⁾이며 변화의 경로가 최적경로(optimal path)를 따라간다면 이 값은 모든 개인에 대해 동일한 값을 가질 것이다. 만약 정책의 효과가 사회경제에 미치는 영향이 매우 작아 소득의 변화가 매우 작다면 모든 개인에 대해 상수값을 가정함으로써 SWF를 보상변화량의 단순합으로 연결하여 사용하는데 실제로 보통의 정책평가에서는 이렇게 계산되는 값을 사용할 수밖에 없는 경우가 많다¹³⁾. 하지만 가중치의 중요성을 감안하여 다음과 같은 Atkinson의 사회후생함수에 대해 민감도 분석을 행하는 것이 필요할 때도 있다. Atkinson의 사회후생함수

는 $W = \left\{ \sum_h (V^h)^{1-\rho} \right\}^{\frac{1}{(1-\rho)}}$ 로 표현되는데, $\rho=0$ 이면 Utilitarian SWF가 되고 $\rho \rightarrow 1$ 이면 Bernoulli-Nash SWF가 되며, $\rho \rightarrow \infty$ 이면 Rawlsian SWF가 된다. 또한, 사회를 소득에 따른

12) W상에서 최적이라는 것은 개개인의 소득변화가 W에 주는 영향이 서로 같아서 어떠한 소득의 재분배도 W를 증가시키지 못함을 의미한다. 이는 다음과 같은 W의 최대화 조건을 구성하면 쉽게 이해된다. 즉, $Max W = W(V^1(p, y^1, z), \dots, V^H(p, y^H, z))$
s.t. $\sum_h y^h = C$ (Constant)에서 라그랑지함수를 구성하면 $L = W + \lambda(C - \sum_h y^h)$. 여기서

극값 조건중 하나로 $\frac{\partial L}{\partial y^h} = \frac{\partial W}{\partial V^h} \frac{\partial V^h}{\partial y^h} - \lambda = 0$ 이 된다.

13) 보편적으로 수긍되는 가중치 추정방법은 아직까지 존재하지 않는다. 미국이나 여타 선진국에서도 계량화된 편익에 분배적 가중치를 산술적으로 부여하는 방식은 실무적으로 대단히 예외적인 경우에 해당된다. 다만 대상 정부정책의 소득분배적 결과를 가능한 구체적으로 명시케 하여 정책결정자와 이해관계자들이 참고하도록 하고 있다[15].

몇 개의 집단별로 구분하여 후생변화를 구한 후 이를 집단별로 가중화하는 방법도 고려할 수 있을 것이다.

2) 비용편익분석의 의미

앞에서 살펴본 바와 같이 공적재화의 최적수준 생산은 사무엘슨의 조건에 따라 한계편익의 총합과 한계비용이 일치하는 점에서 이루어진다. 한계편익의 총합은 WTP로 측정된 보상변화의 합, 즉 (4)식과 같이 표현된다. 이때 공적재화의 최적수준 생산은 그림 3에서 보는 바와 같이 공적재화의 한계WTP총합과 한계생산비용이 같아지는 Q^* 점에서 이루어지는데 이 Q^* 점을 찾는 것은 쉬운 일이 아니다. 왜냐하면 이 점을 찾기 위해서는 재화의 공급수준 Q 에 대한 편익곡선과 비용곡선을 도출해야 하는데 이것은 사회가 고안할 수 있는 갖가지 안전성 향상 정책대안들에 대해 편익과 비용을 계산하는 절차를 반복해야 하기 때문이다. 비용편익분석은 현실적으로 어려운 한계곡선의 최적점을 찾는 대신에 주어진 정책대안의 총 편익과 총 비용을 구하여 이들을 비교함으로써 그 정책대안이 잠재적인 파레토 개선을 가져다주는지를 판단하는 분석기법이다[9, 10]. 즉 현재의 상태에서 추가적으로 시행되는 정부정책 혹은 제거되는 정부정책의 총 비용과 총 편익을 계산하여 이를 비교함으로써 그 정부정책이 사회의 최적점을 향해 나아가는지 판단하는 것이다. 그런데 여기에는 한가지 중요한 가정을 전제로 한다. 앞서 본바와 같이 사회후생의 개선은 효율과 형평의 문제가 동시에 관련되어 있는 문제이지만 비용편익분석은 모든 사람의 화폐소득의 한계효용이 동일하다고 가정함으로써 형평의 문제를 고려함이 없이 개인후생의 단순합계로 총편익을 계산한다. 이러한 논리는 현재의 소득분배가 최적상태에 있고 시장이 완전경쟁상태에 있다고 가정하는 것과 동일하다.

5. 원자력 안전규제에서의 비용편익 분석

1) 비용편익분석의 역사

비용편익분석은 1939년 미국에서 수자원개발사업의 평가에 처음 사용하기 시작하면서 점차 공공투자사업의 평가수단으로 발전하기 시작하였다. 이후 1950년대 후생경제학의 발전과 더불어 정부부문에서 공공지출의 효율화 문제가 주요한 연구대상이 되면서 공공투자의 효율화 논리 아래 투자효율에 대한 비교분석이 활발하게 전개되면서 이론적인 발전을 이루었다. 1950년에는 비용편익분석의 지침서인 Green Book이 만들어지기도 하였다[11, 12].

오늘날 비용편익분석은 철도, 항만, 도시개발사업, 수자원 개발뿐만 아니라 농업, 교육투자, 환경보호 및 공해방지사업 등 공공투자계획과 경영계획에 대한 사전 및 사후평가 수단으로 거의 모든 나라에서 사용되고 있다. 미국의 경우 대통령실 관리예산처(Office of Management & Budget: OMB)의 지침에 따라 비용편익분석은 거의 모든 연방사업의 필수적인 평가수단이 되어 있다. OMB는 주기적으로 비용편익분석의 이용에 관한 지침을 제시하는 회람을 보내는데 Circular A-94 (1992)에는 비용편익분석을 위한 명확한 지침을 제공하고 있다[13]. 1970년대부터는 UN, OECD, 및 IBRD 등에서 후진국의 개발계획 또는 개발프로젝트의 분석에 이 기법을 광범위하게 적용함으로써 비용편익분석의 발전에 크게 공헌하였다. 우리 나라도 1997년 8월 22일 행정규제기본법이 공포되어 규제의 신설, 강화에는 규제영향분석을 의무화함으로써 정부 행위의 비용편익분석기법 도입을 의무화하였다[14, 15].

2) 원자력 안전규제의 비용편익분석

미국은 원자력 안전규제에 일찍부터 비용편익분석 개념을 적용시켜 왔다. 원자력규제위원회(NRC)는 새로운 규제요건을 부과하는 경우, 이에 대한 적절한 근거가 있는지를 판단하기 위해 1976년 이래로 규제가치영향평가(regulatory value-impact analysis)를 수행해왔다. 한편, 1981년 Reagan 대통령은 규제완화, 정부지출 및 조세의 축소 등을 주요정책으로 설정하고 모든 행정부 기관들이 중요한 규칙에 대한 규제영향분석을 작성하도록 하는 내용의 행정명령(Executive Order, EO) 12291를 발표하였다. 이 행정명령은 규제조치는 그 필요성과 영향에 대한 적절한 정보에 기반을 두어야 한다고 선언하면서 사회에 양(+)의 순편익(positive net value)을 주지 않는 규제조치는 금지하는 것이었다. NRC는 독립기관으로서 행정명령을 따를 의무는 없었으나 그 정신을 존중하고 규제의 효율성을 높이기 위해서는 기존의 가치영향평가의 절차를 정형화하여 명확하게 하는 것이 필요하다는 결론을 내렸다. 이에 따라 1983년 1월에 규제분석지침서 제1판(Regulatory Analysis Guidelines, NUREG/BR-0058)을 발행하였으며 1983년 12월에는 가치영향평가에 대한 체계적인 절차를 확립하기 위하여 '가치영향 평가를 위한 절차서(A Handbook for Value/Impact Assessment, NUREG/CR-3568)를 발행하였다. 1993년 9월 클린턴 대통령은, 규제의 원칙과 규제분석의 요소들이 명시되어 있는 행정명령 12866을 발표하였는데, 전술한 바와 같이 NRC는 독립기관으로서 행정명령을 따라야 할 의무는 없으나, 규제의 개혁과 결정에 관한 행정명령의 정신을 존중한다는 의미에서 행정명령 12866의 내용을 반영하여 NRC는 1995년 규제분석지침서 제2수정판 최종본을 발간하였다.

NUREG/CR-3568에서는 원자력 안전규제의 비용편익분석에서 다음과 같은 비용과 편익 항목들을 고려하도록 하고 있는데 이 항목들은 정부의 안전규제 활동으로 얻어지는 안전이라는 편익과 이를 얻기 위해 필요한 비용을 나타내고 있다.

- 사고시 일반인/작업자 방사선피폭 저감량
- 운전중 일반인/작업자 방사선피폭 저감량
- 소내·외 재산 영향 (환경 제염 혹은 복구 비용 등)
- 사업자의 시행 및 운영 비용
- 규제자의 시행 및 운영 비용
- 다른 경제부문(일반국민, 정부부처 혹은 자치단체)에의 영향
- 지식향상, 규제효율성 등의 비정량적 요소
- 기타요소

비용편익분석은 위의 요소들을 모두 화폐가치로 측정하여 편익의 크기와 비용의 크기를 비교하는 것인데 여기서 첫째와 둘째 항목은 시장에서 거래되지 않는 공적 안전재화에 해당하므로 이 항목에 대해서는 앞서 살펴본 바와 같이 WTP를 통한 보상변화(혹은 동등변화)를 측정하여 이의 화폐가치를 측정하는 것이 필요하다.

3) 안전규제에 비용편익분석의 적용

원자력안전규제에 비용편익분석을 적용하기 위해서는 편익 항목으로 나타나는 방사선피폭 저감량의 가치를 화폐단위로 나타내어야 하는데 이를 위해서는 방사선피폭 저감량의 보상변화(혹은 동등변화)를 측정하여야 한다. 이는 바로 인간의 생명가치를 금전으로 표시하는 것으로 연결되기 때문에, 생명가치를 화폐로 측정하는 것이 타당한가 하는 비판을 받고 있다. 이들의 비판은 생명가치를 금전가치로 나타내는 것은 생명을 물질화하여 그 가치를 크게 감

소시킨다는 것과 이를 적절하고 신뢰성 있게 측정할 수 있는 완벽한 방법이 존재하지 않는다는데 있다.

그러나 비용편익분석은 사회가 더 나은 편익을 위해 다른 어떤 편익을 포기해야 할 것인가를 결정할 때 사용하는 기법이며, 비시장재의 편익을 화폐가치로 환산하는 것은 비교가 어려운 선택상황에서 비교 가능한 공통의 측정단위를 찾아 좀 더 나은 선택을 하려는 것이다. 생명가치를 금전가로 평가하는 것에 다소 거부감이 있긴 하지만 생명을 보존하기 위한 최선의 수단을 밝혀줄 계산을 수행하지 못함으로써 희생될지도 모르는 생명을 고려한다면 이러한 생명가치의 금전가 측정은 정당화될 수 있을 것이다[15].

근래에 환경에 대한 관심이 많아지면서 환경경제학에서 다루는 비시장재의 가치측정방법이 이론적으로 발전하고 있다. 환경경제학에서는 시장에서 거래되지 않는 환경질, 환경질의 감소에 의한 수명감소 등과 같은 비시장재의 가치를 측정하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되어 여러 가지 가치측정법을 제시하고 있는데 이 중에서 가상가치측정법(Contingent Valuation Method: CVM)이라 불리는 기법은 이미 50개국 이상에서 사용되고 있는 기법으로 이를 적용한 연구결과가 많이 제시되고 있다[16]. 특히 <http://www.evti.ec.gc.ca/>에서는 CVM을 적용한 120여개 이상의 CVM 연구결과가 온라인으로 제공되고 있다.

우리 나라에서도 원자력 작업자와 일반 국민의 방사선피폭에 대한 금전환산계수 산정에 이 CVM기법을 적용하여 연구한 사례가 있다[17].

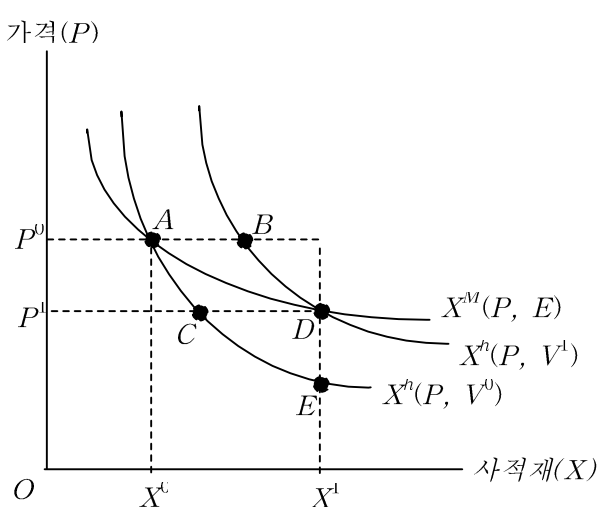
6. 향후 연구과제

원자력의 이용은 그것이 국가적으로 가져다주는 이익이 그로부터 초래되는 비용과 비교하여 크다고 판단될 때에 그 타당성을 찾을 수 있으며 이 과정에서 사회, 정치, 경제적인 합의과정을 거쳐야 한다. 원자력안전성을 적정수준으로 유지 향상시키는데 있어서는 여러 분야의 기술력의 확보, 안전성 평가기법 등의 기술적인 측면 외에 그 과정에서 원자력안전의 가치 측정 등 안전규제의 정치경제학적 측면의 접근 등이 필요하다. 원자력안전규제의 비용편익 분석을 위해서는 미국 등에서 사용하는 방법론을 시험 적용하여 이를 국내에 적용, 도입하기 위한 기반을 구축하는 것이 필요하고 이를 위해서는 원자력안전의 금전적 가치를 평가할 수 있는 합리적인 방법론의 개발, 즉 방사선피폭선량 금전환산계수 산정에 대한 지속적인 연구도 필요한데 이를 위해서는 환경경제학에서 사용하는 비시장재의 가치측정법 등을 적용하는 연구도 필요하다[18]. 그리고 향후 원자력안전규제를 정치경제학적인 시각으로 조망하고 이론화하는 작업도 필요하다.

참고문헌

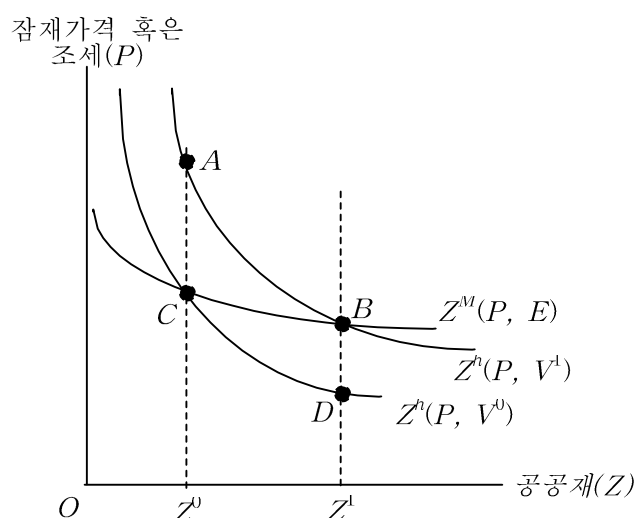
1. 이진재 등, 국내 원자력 안전규제에 있어서 규제분석 방법론 도입에 관한 연구, 한국원자력안전기술원, KINS/HR-163, 1996
2. 이준구, 미시경제학 제3판, 법문사, 2000
3. 김소영, 공공재 공급분석에 관한 비판적 연구 : 후생경제학적 분석과 공공선택론적 분석의 정치학적 함의, 서울대학교 정치학과 석사논문, 1995
4. 김덕영 등, 후생경제학과 사회선택이론, 경문사, 1990
5. 최병선, 정부규제론, 법문사, 1993

6. 유동운, 환경경제학, 비봉출판사, 1992
7. 아마티아 센, 박순성, 강신욱 역, 윤리학과 경제학, 한울아카데미, 1999
8. Per-Olov Johansson, "Valuation and Aggregation" in Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues, Rudiger Pethig (ed.), Kluwer Pub., 1994
9. E. Stokey and R. Zeckhauser, A Primer for Policy Analysis, W. W. Norton & Company : New York, 1978
10. R. C. Mitchell and R. T. Carson, Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method, Resources for the Future, 1989
11. 김동진, 비용편익분석, 박영사, 1999
12. 이성우, 정부규제의 비용편익분석기법 개발, 한국행정연구원, 1994
13. Office of Management & Budget, "Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs", Circular No. A-94 Revised (Transmittal Memo No. 64) October 29, 1992
14. 김태윤, 규제영향분석을 위한 비용편익분석 기법: 개념과 실무지침, 한국행정연구원, 1999
15. 김태윤, 규제영향분석을 위한 비용편익분석 이론의 고찰, 한국행정연구 7권 1호, 1998
16. R. T. Carson, "Contingent Valuation: A User's Guide", Environmental Science & Technology, 34(8), 2000
17. 최광식, 원자력안전 규제분석을 위한 방사선피폭 금전환산계수 산정에 관한 연구, 한국과학기술원 박사학위 논문, 2001
18. R. J. Kopp, A. J. Krupnick, & M. Toman, "Cost-Benefit Analysis and Regulatory Reform: An Assessment of the Science and the Art", Discussion Paper 97-19, Resources for the Future, 1997



X^h, X^M : X에 대한 희스, 마샬의 수요곡선
 보상변화 : $\square P^0 ACP^1$
 동등변화 : $\square P^0 BDP^1$
 마샬의 소비자 잉여 : $\square P^0 ADP^1$
 최대지불용의액 : $\square X^0 AEX^1$ (V^0 기준)

(a)



Z^h, Z^M : Z에 대한 희스, 마샬의 수요곡선
 보상변화(CV) : $\square Z^0 CDZ^1$
 동등변화 : $\square Z^0 ABZ^1$
 마샬의 소비자 잉여 : $\square Z^0 CBZ^1$
 최대지불용의액 : $\square Z^0 CDZ^1 = CV$ (V^0 기준)

(b)

그림 1. 사적재화(X)와 공적재화(Z)의 공급증가에 의한 효용 변화

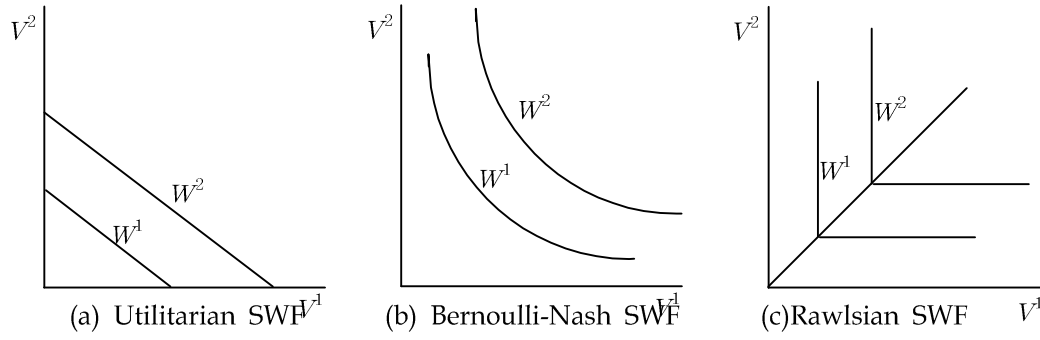


그림 2. 몇 가지 사회후생함수에 대한 사회무차별곡선의 모양

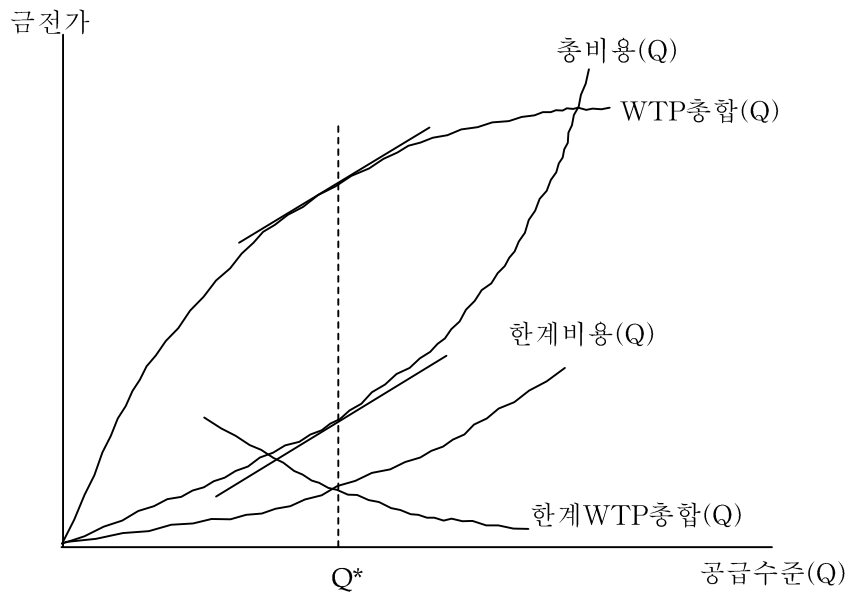


그림 3. 공공재 공급량의 최적 수준