

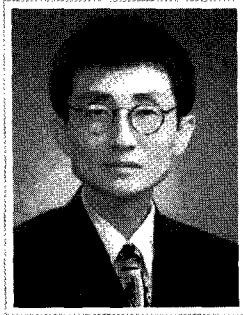


가상 가치 평가법에 의한 방사선 피폭 선량 금전 환산 계수 산정

자동차 사고 및 방사선 피폭 리스크 저감을 위한 지불 용의액 비교 분석

최 광 식

한국원자력안전기술원 책임연구원



서 언

필자는 <원자력산업> 2000년 5월호(통권 207호)에 게재한 「원자력 안전의 금전적 가치」라는 제목의 기고에서 원자력 안전 규제의 합리성을 추구하기 위하여 신규 규제요건을 부과할 때 사용하는 비용편익 분석을 하기 위해서는 규제에 의한 원자력의 안전성 향상을 측정하

여 그것을 금전향으로 환산하여야 하며, 원자력 안전성의 향상이란 주로 종사자와 국민의 방사선 피폭 선량의 저감으로 나타나므로 그 방사선 피폭 선량을 금전으로 환산하는 계수를 정하는 것이 필요하다는 걸 지적하였다.

그리고 그 방법으로서 환경경제학에서 사용하는 비시장재의 금전 가치 측정 방법(Non-market valuation method) 중 하나인 가상 가치 평가법(假想價値評價法, Contingent Valuation Method : CVM)에 의한 지불 용의액(Willingness to pay : WTP)의 측정과 이를 이용한 연구 현황에 대해 소개한 바 있다.

그 이후 필자는 인터넷을 이용한 설문 조사 방법으로 국내의 4개 원전 종사자 및 한국원자력연구소·한국원자력안전기술원·한전 전력연구원 직원들을 대상으로 그들이 자동차 사고의 위험도 감소와 방사

선 피폭 선량 감소를 위해 지불하고자 하는 용의액을 각각 조사·측정하였다.

여기에서 얻어진 자료를 비교·분석하여 조사 대상 집단들이 두 가지 상이한 리스크에 대해 생각하는 자신들의 통계적 생명 가치(Statistical value of life : SVOL)를 구하고, 이어 방사선 피폭 선량 금전 환산 계수(이하 금전 환산 계수 : conversion factor)를 구하는 연구를 수행하였다.

그 후 일반 국민들에 대하여서도 전문 여론 조사 기관에 의뢰하여 동일한 방법을 사용하여 대면 조사를 실시하고 그 결과를 분석하여 국민들이 자동차 사고의 리스크 감소와 방사선 피폭의 리스크 감소를 위해 지불하고자 하는 금액으로부터 국민들이 이 두 가지 리스크에 대해 생각하는 자신의 통계적 생명 가치와 금전 환산 계수를 구하였다.

이러한 조사 연구는 우리가 일상 생활에서 많이 접하는 일반적인 리스크의 대표적 사례로서 자동차 사고의 리스크를 상정하고 이를 방사선 피폭의 리스크와 비교하였다는 점, 그리고 원자력 안전성의 향상을 공공재의 특성을 갖는 재화로 간주하여 근래 환경경제학에서 많이 사용하며 또 경제학적 이론적 근거를 갖고 있는 방법론을 적용하여 조사·분석하였다는 점에서 의미가 있다.

또한 이러한 조사 결과는 방사선에 대하여 원자력 종사자들과 국민들이 갖는 인식의 차이와 교통 사고의 리스크와 방사선 리스크에 대한 국민의 인식의 차이를 비교해 볼 수 있다는 측면에서, 그리고 우리 국민들이 갖고 있는 자신의 생명 가치에 대한 인식들을 미국 등 선진국의 사례와 비교하여 볼 수 있는 기회를 제공하였다는 점 등에서 의미가 있다.

또한 이러한 방법으로 구해본 금전 환산 계수는 앞으로 우리나라에서 신규 규제 요건 부과시의 규제 영향 평가에 사용될 비용 편익 분석에서 사용될 방사선 피폭 선량 금전 환산 계수를 결정하는 데 기본적인 근거를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

본고에서는 작년에 필자가 수행한 위의 일련의 조사 연구에서 사용한 방법론과 그 이론적 근거 및 연

구 결과를 간략히 소개하고, 그것이 갖는 의미를 설명하여 원자력안전 분야 전문가들의 이해를 돕고 정책 결정 관계자들이 향후의 정책 수립에 참고로 활용할 수 있도록 하고자 한다.

원자력 안전의 가치 측정

깨끗한 물이나 맑은 공기 등 환경 관련 정책을 결정하는 데 있어서는 환경질(環境質)의 가치를 금전가로 측정하는 것이 필요하다. 이러한 환경재는 시장에서 거래되지 않아 그 가격을 알 수가 없으므로 이를 측정하기 위한 사회 과학적인 방법론들이 개발되어 왔는데 이러한 비시장재(非市場材)의 금전 가치 측정 방법이 많이 개발된 분야가 환경경제학이다.

공공재의 특성에 대해서는 <원자력산업> 2000년 5월호에 자세히 설명하였으나 이해를 돕기 위해 여기서 간략하게 다시 설명하기로 한다.

대부분의 재화나 서비스와 달리 깨끗한 공기나 물 등의 환경재는 그 소유권이 명확히 설정되어 있지 않으며 이러한 것을 공공재라 하는데, 공공재는 그 소유권 설정이 불완전함으로 해서 시장 실패를 초래하게 된다.

이러한 공공재의 특성으로는 비배타성(nonexcludability)이 있는

데, 이것은 일단 공급되기만 하면 그것에 대한 대가를 지불하지 않은 사람도 그 공공재를 소비할 수 있으며 그것을 막을 방법이 없다는 걸 의미한다.

그 다음으로 비경합성(nonrivalness)이 있는데, 이것은 어떤 사람이 공공재를 소비한다고 해서 나머지 사람이 소비할 수 있는 공공재의 양이 줄어들지 않는 특성을 의미하며 국방 서비스나 거리의 가로등 같은 것이 이에 해당한다.

원자력 안전성이란 이러한 비배타성·비경합성이라는 두 가지 공공재적 특성을 갖고 있기 때문에 시장 기능에만 맡겨놓아서는 그것이 확보되지 않는 소위 시장 실패를 초래한다.

이와 관련된 정책 결정에 있어서 이 원자력 안전성의 가치를 측정하는 것이 필요한데, 이를 위해서는 위에서 이야기한 환경질 등의 비시장재의 가치 측정 방법을 사용하는 것이 타당하다.

이러한 기본적인 인식에 근거하여 원자력 안전의 금전 가치를 비시장재의 가치 측정법 중의 하나인 가상 가치 평가법으로 구하는 시도를 한 것이 본 연구이다.

가상 가치 평가법

그러면 가상 가치 평가법(Contingent Valuation Method :



CVM)이란 무엇인가?

대부분의 정부 정책은 정책 변화로 인해 사회 후생이 궁극적으로 개선될 것이라는 확신하에 추진되는데, 이 때 필요한 것이 정부가 취하는 정책에 따른 경제적 후생의 변화를 측정하는 분석 기법이다.

사회 내의 총체적인 가치 측정의 척도가 없는 상태에서 무형의 공공재에 대한 가치를 측정하는 유일한 방법은 그 가치에 대한 개인의 인식 수준을 측정하는 것인데, 소비자는 그들에게 무엇이 가치 있는가에 대한 최선의 합리적인 판단을 하고, 이러한 가치는 그들이 해당 재화에 기꺼이 지불하고자 하는 의사를 통해 재화의 가격에 반영되어 있고 이러한 지불 의사를 통해 주어진 양의 재화나 서비스에 대한 개인의 가치 체계를 계량적으로 측정 가능하다는 것이 이 가상 가치 평가법의 근거이다.

가상 가치 평가법은 환경질에 대한 시장이 현실적으로 존재한다는 가정하에서 소비자가 환경질을 구입하기 위해 지불하고자 하는 가격이나 혐오재(嫌惡材)를 떠맡으면서 보상받으려는 대가를 직접 질문을 통해 알아내고 이러한 개인의 지불 의사를 집계하여 사회 전체의 지불 의사 값을 결정하는 것으로써 그 값이 사회가 생각하는 그 환경질의 경제적 가치가 된다.

가상 가치 평가법은 평가 대상물

에 대한 적절한 설명과 설문서의 신중한 설계가 이루어질 경우 다른 분석 기법에 비해 측정치의 신뢰성과 타당성이 높으며, 환경재의 총가치 중에서 존재 가치·유산 가치 등의 비사용 가치를 보다 충실하게 반영할 수 있는 기법이기때문에 환경재의 측정 방법으로 널리 권장되고 있다.

이 방법은 응답하는 집단이 이해할 수 있고 신뢰할 수 있는 가상적인 시장의 설정에 제약이 있으며, 응답자가 경험하지 못한 대안을 평가할 때 신뢰성이 감소한다는 점, 가상적인 시장에서 생성된 자료를 사용할 때에 자료 타당성의 인증이 어렵다는 점과 응답자가 전략적으로 행동할 기회와 유인을 제공한다는 점, 설문 설계가 잘못될 경우 각종 편이가 발생할 소지가 있다는 점 등의 약점이 지적되고 있기는 하지만 경제적으로 명확한 이론적 근거를 갖고 있다는 점 등 때문에 많이 사용되고 있다.

**양분 선택법
(Dichotomous Choice)**

가상 가치 평가법 중에서 1단계 양분선택법(Single-Bounded Dichotomous Choice : SBDC)은 지불 용의액을 묻되 제시한 금액에 대해 단순히 '예', '아니오'로 1번만 응답하도록 하는 방법이며, 이것은 응답자가 쉽게 답변할 수 있어서

우편 조사나 전화 조사에 사용하기 쉽고 조사자에 의한 편이(bias)를 최소화할 수 있으며 응답자는 단순히 '예' 나 '아니오'라는 대답만을 하도록 되어있으므로 전략적 편이(strategic bias)가 개재될 여지가 적고 또 출발점 편이가 없다.

그러나 이 방법은 결과 변수가 단순히 '예', '아니오' 로 단순하므로 얻을 수 있는 정보의 양이 적어 상대적으로 많은 표본이 필요하며, 제시한 금액을 어느 정도의 수준으로 어떻게 정할 것인가가 명확하지 않다.

이에 비해 2단계 양분 선택법(Double-bounded Dichotomous Choice : DBDC)은 제시한 금액에 대해 '예' '아니오'로 답변하도록 한 후 그 답변에 따라 다시 그 금액의 2배 또는 1/2의 금액을 제시하여 '예' '아니오'로 답변하도록 한 방법이다.

이것은 1단계 양분 선택법의 용이성을 유지하면서 그 효율성을 향상시킨 방법으로써, 모수의 표준 편차가 약 60% 정도 줄어들며 신뢰구간은 1/4에 불과하는 등 매우 효율적이고 모형의 적합도 검증도 우수하나 1단계 양분 선택법에 없던 출발점 편이가 발생하며 그 분석이 복잡해진다.

본 연구에서는 효율성이 높고 적합도 검증이 우수한 2단계 양분 선택법을 사용하였다.

설문 설계 및 조사 방법

본 조사에서는 먼저 응답자에게 모의 및 가상의 시장에 대해 설명을 하였다. 즉 자동차 사고와 방사선 피폭의 경우 이와 관련된 통계적 데이터를 제시하면서 응답자 집단이 여러 가지 위협도에 어느 정도 노출되어 있는지를 구체적으로 연간 사망률로 환산하여 알기 쉽게 보여주고, 또한 다른 일반 질환들에 의한 한국인들의 사망률과 응답자 연령의 한국 사람의 평균 잔여 수명, 그리고 한국인들이 자신의 소득과 관련하여 다른 위협도의 저감을 위하여 얼마나 비용을 지출하고 있는지를 보여주었다.

질문에 사용되는 용어들은 여러 번의 예비 설문 조사를 통하여 검토·수정하여 응답자의 답변이 가능한 진실한 가치를 반영할 수 있도록 하였다.

이러한 조사에는 몇 가지의 편이가 발생할 수 있지만 신중하게 설계된 설문 조사에 의해 이러한 영향을 줄일 수 있는데, 혹자는 이러한 직접 설문 조사 방법이 가상적 시장을 설정하여 시행된다는 점을 들어 과연 그것이 완벽할 수 있겠는가하는 의문을 제기하기도 하지만, 시장 가격이라는 것도 완전한 정보에 기초한 것이 아니므로 가상적 시장이 완전하지 않다고 해서 그것으로부터

얻어진 가격이 받아들여질 수 없는 것은 아니라는 점에 주목할 필요가 있다.

두 번째로, 위의 두 가지 종류의 리스크에 대한 응답자들의 인식에 대해 질문하였고, 그러한 리스크를 20% 저감하기 위하여 최대 얼마까지 지불할 용의가 있는가를 묻기 위해 이 리스크의 저감량을 100만명당 사망률의 감소로 환산하여 구체적으로 응답자에게 보여주었다.

설문은 2단계 양분 선택법으로 하였는데 이 방법으로 최대 지불 용의액에 대한 응답자의 답변을 이끌어내는 질문을 2회 반복 실시하였다.

처음 제시한 금액에 대해 '예' '아니오'로 답변하도록 한 후 '예'라고 답변한 사람에게는 다시 그 금액의 2배를 제시하여 '예' '아니오'로 답변하게 하였고, '아니오'라고 답변한 사람에게는 그 1/2의 금액을 제시하여 다시 '예' '아니오'로 답변하도록 하였다.

이렇게 하면 응답자들은 4개의 군으로 나뉘어지는데, 예-예 로 답변한 자는 지불 용의액이 초기 제시 금액의 2배 이상이며 예-아니오로 답변한 사람은 초기 제시 금액의 1배와 2배 사이, 아니오-예 로 답변한 사람은 초기 제시 금액의 1/2과 1배 사이, 아니오-아니오 로 답변한 사람들은 지불 용의액이 초기 제시 금액의 1/2 이하에 그의 지불 용

의액이 위치하게 된다.

세 번째, 응답자 개인의 특성들에 대한 질문으로서 소득·연령·학력 등의 사회·경제적인 질문을 포함시켜 설문 분석의 부수적인 자료로 사용하였다.

원자력 종사자 대상의 인터넷 설문 조사

위에서 설명한 가상 가치 접근법으로 원자력 분야 종사자들의 방사선 피폭 선량 금전 환산 계수를 구하기 위하여 필자는 1999년 9월부터 2000년 5월까지 인터넷상에 설문 조사를 위한 웹사이트(Website)를 개설하고 한국전력공사의 4개 지역 원전 사업소·한전 전력연구원·한국원자력연구소·한국원자력안전기술원의 공용 전자 게시판에 이를 알리는 안내문을 게시하여 그 화면에서 클릭하여 본 설문 조사 사이트로 바로 들어갈 수 있도록 하였으며, 설문 응답률을 높이기 위하여 응답자 추첨에 의해 간단한 경품(도서상품권)을 증정하였다.

인터넷을 이용한 이러한 온라인 설문 조사는 첫째, 응답자에게 동적인 질문을 할 수 있어 흥미를 유발하여 응답자의 진심을 알아내기 쉬우며, 둘째, 우편 설문 조사에서는 하기 어려운 가지치기 질문(Branching Question)이 용이하고, 셋째, 응답 결과를 바로 보여줄

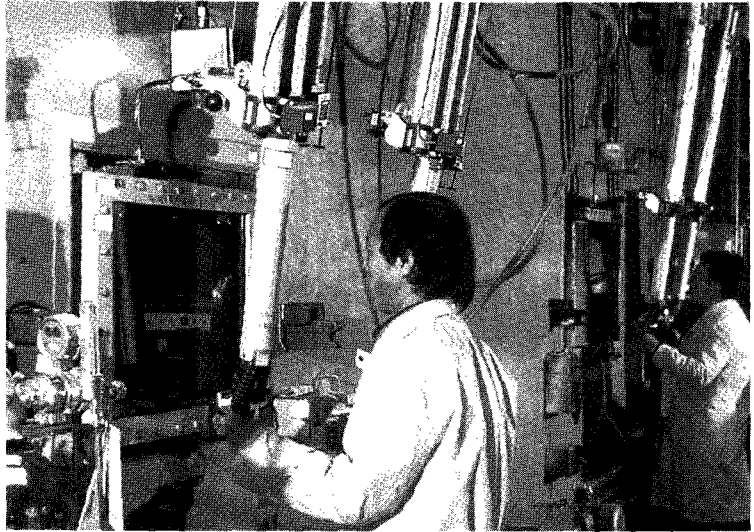


수 있으며, 넷째, 데이터 기록의 오류가 줄어들며, 다섯째, 응답의 회수가 빠르다는 장점을 가지고 있다.

인터넷 설문 조사의 한계에 대해서 논의가 많으나 가장 많이 이야기 되는 문제점, 즉 인터넷 사용자가 주로 젊은 층이므로 국민을 대표하는 데 한계가 있다는 것은 본 원자력 분야 종사자들을 대상으로 한 조사에서는 해당이 되지 않는데, 이는 원자력 관련 종사자들의 거의 대부분이 PC를 보유하고 있고 그것들은 소속 기관 네트워크에 연결되어 있으며 이들은 인터넷을 자유롭게 이용할 수 있는 사람들로서 업무 수행 중에 책상에서 바로 응답이 가능하므로 인터넷을 통한 설문 조사가 대표성을 떨 수 있기 때문이다.

본 인터넷 설문 조사 결과 원자력 분야 엔지니어 및 연구 기술 인력 총 4,250명 중에서 527명으로부터 응답을 회수하였으며, 이 데이터를 모집단과 표본간의 오차를 줄이기 위해 소속 기관별·연령별 인원 구성비로 가중하는 통계 기법을 사용하여 분석하였다.

설문 내용을 설명하면 다음과 같다. 자동차 사고와 방사선 리스크에 대한 인식 변수들, 즉 통계 가능성·광범위함·심각성·친숙성·두려운 정도·위험하다고 생각하는



원자력 안전 규제의 합리성을 추구하기 위하여 신규 규제 요건을 부과할 때 사용하는 비용 편익 분석을 하기 위해서는 규제에 의한 원자력의 안전성 향상을 측정하여 그것을 금전함으로 환산하여야 하며, 원자력 안전성의 향상이란 주로 종사자와 국민의 방사선 피폭 선량의 저감으로 나타나므로 그 방사선 피폭 선량을 금전으로 환산하는 계수를 정하는 것이 필요하다

정도·개인의 피폭 가능성 및 국민들의 피폭 가능성의 8가지 인식 변수에 대해 질문하고, 나이·작업 종사년수, 월 수의 등의 사회적 변수를 질문하고, 자동차 사고의 경우 사고 리스크를 20% 감소시킬 수 있는 자동차 안전 장구를 가족을 위해 구입하고자 하는 최대 금액을 질문하였고, 방사선 피폭에 대해서는 피폭 선량을 20% 감소시켜줄 수 있는 가상의 크립을 본인을 위해 구입하고자 하는 최대 금액을 질문하였다.

특히 지불 용의액을 질문할 때에는 응답자들이 안전의 가치에 대한

경제적 감각을 가질 수 있도록 여러 가지 통계 데이터를 제시하였다.

즉 응답자의 나이를 우선 질문하여 그의 나이를 알아내고 그 나이에 해당하는 한국인 평균 소득 수준과 몇 가지 항목에 대한 평균 가계 지출 금액, 질병 및 사고를 겪을 확률, 그리고 잔여 수명에 대한 데이터를 제시하였다. 가계 지출 금액에는 보건 의료 항목의 평균 지출액을 포함시켰다. 이러한 통계 데이터는 통계청에서 발표한 자료를 사용하였다.

또한 전체 원전 종사자들의 평균

1) 랜덤 효용 모형 : 개인의 효용(u)을 결정론적 시각이 아닌 확률적 시각으로 모형화하는 것으로서 효용을 설명하는 설명 변수(X)와 오차항(e)에 대해 $u = f(X) + e$ 와 같이 모형화하고 개인의 의사결정 데이터와 X에 대한 데이터를 측정하여 f 를 통계적으로 추정한다.

방사선 피폭량을 응답자들의 현재 방사선 피폭량으로 제시하였고 그 20% 감소량의 의미를 보여주기 위해 이 값에 위험도 계수를 곱하여 계산한 사망률을 제시하였다.

설문 조사 결과를 여러 인식 변수에 대해 요인 분석(factor analysis)을 하여 변수의 개수를 줄이고 random utility model¹⁾을 사용하여 지불 용의액 equation을 구한 후 그 평균값(mean value)을 구하였는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 여러 가지 변수가 지불 용의액에 미치는 영향을 살펴보면, 소득이 증가함에 따라 자동차 사고와 방사선 피폭 공히 그 리스크 감소를 위한 지불 용의액은 증가하는데, 이것은 소득이 많을수록 리스크 저감에 대해 많이 지불하려고 함을 보여준다. 그리고 자동차 사고의 경우는 소득만이 지불 용의액에 영향을 주고 다른 여러 인식 변수들은 영향을 미치지 않았다.

이것은 우리나라에서 자동차 사고는 그 경중에 관계없이 대단히 빈번하게 일어나므로 방사선 피폭에 대해 상대적으로 자동차 사고가 광범위하게 일어난다든가, 피해 결과가 심각하다든가, 무섭다든가, 위험하다든가 하는 것과 위험에의 개인의 노출 정도, 국민들의 노출 정도, 통제 가능성, 친숙성 등의 인식 변수는 지불 용의액 응답에 영향을

미치지 않았다고 해석할 수 있다.

그러나 방사선 피폭 저감의 경우를 보면 응답자가 방사선의 리스크가 자동차 사고 리스크보다 그 피해가 덜 광범위하고 덜 심각하며 덜 무섭고 덜 위험하다고 생각할수록, 그리고 그들과 국민들이 자동차 사고의 위험보다 방사선 위험도에 덜 노출되어있다고 생각할수록 방사선 피폭 저감을 위한 지불 용의액이 적은 것으로 나타났다.

이로부터 원자력 관련 종사자들도 그들이 금전을 지출하는 결정을 내릴 때는 피해의 광범위성·심각성·공포성·친숙성 등과 같은 주관적 위험 인식에 의해서도 영향을 받는다는 걸 알 수 있었다.

지불 용의액은 연령과 근무 연수가 증가할수록 감소하였는데 이것은 나이 많은 사람들은 자신들의 잔여 수명을 낮게 평가하며 근무 연수가 긴 사람은 방사선에 대한 경험과 지식이 축적됨에 따라 방사선에 대한 두려움이 감소하기 때문으로 추정된다.

지불 용의액 equation으로부터 응답 집단의 평균 지불 용의액을 구하고 그것으로부터 통계적 생명 가치를 구하였는데, 자동차 사고의 경우 원자력 종사자들은 자신의 생명 가치를 24억 1천만원으로 평가하고 방사선 피폭의 경우 39억 3천만원으로 평가하였다.

미국에서 사용하고 있는 위험도

관련 11개 분야의 생명 가치값을 조사하여 NRC가 정한 미국의 통계적 생명 가치 대표값이 300만불로서 2001년 2월 환율 1250원/\$을 적용할 경우 37억 5천만원이다.

그러므로 자동차 사고 리스크에 대하여 질문한 결과로 구한 우리나라 원자력 종사자의 생명 가치 24억 1천만원은 미국에서 사용하는 값보다 낮은 값이며, 방사선 피폭에 대해 질문한 결과 구한 39억 3천만원은 그 보다 약간 높은 값이다.

이것을 볼 때 미국과 우리나라의 일인당 국민 소득 수준의 상당한 차이에도 불구하고 전체적으로 우리나라의 원자력 종사자들이 생각하는 자신의 통계적 생명 가치는 미국인의 생명 가치와 비슷한 수준으로 볼 수 있다.

이것은 원자력 종사자들 중 응답자들의 소득 수준 평균이 월 260만원으로서 미국의 근로자들의 소득 수준과 비슷한 점을 생각하면 합리적인 값으로 볼 수 있을 것이다.

방사선 피폭 선량 20% 저감량으로부터 직접 구한 피폭 선량 금전 환산 계수는 203만원/man·rem이었으며 통계적 생명 가치에 방사선 위험도 계수(7×10^{-4} per rem)를 곱하여 구한 값은 275만원/man·rem이었다.

현재 미국의 NRC가 사용하고 있는 2000\$/man·rem 값을 환율 1250원/\$을 적용, 계산하면 250만



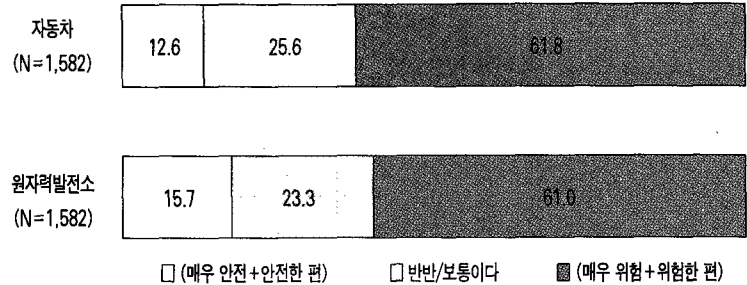
원/man·rem이 됨을 생각하면 이 방법으로 구한 우리 나라 원자력 종사자들의 피폭 선량 금전 환산 계수는 NRC가 사용하는 값과 비슷한 수준이라고 볼 수 있다.

**국민 대상의 전문 여론 조사
기관에 의한 대면 조사**

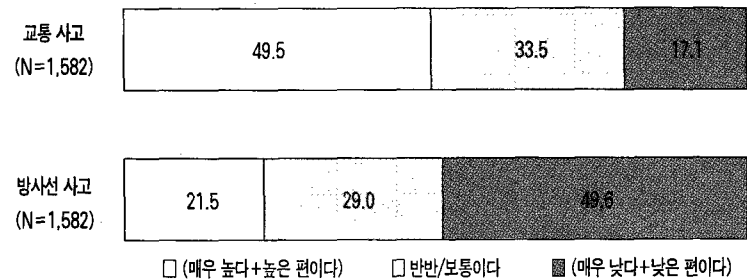
국민들의 자동차 사고와 방사선 피폭의 위험도 저감을 위한 지불 용의액을 측정하기 위하여 전문 여론 조사 기관(한국갤럽)에 의뢰하여 지역별 층화후 체계적 추출법으로 전국 성인 남녀 1,582명을 표본으로 선정, 2000년 9월 25일부터 10월 4일까지 면접원의 직접 방문 조사를 실시하였다(표본 오차 ±2.5% 이내, 95% 신뢰 수준).

설문 내용은 인터넷 설문 조사에서와 마찬가지로 자동차 사고와 방사선 피폭 위험도에 대한 인식 변수들, 즉 통제 가능성·광범위함·심각성·친숙성·두려운 정도·위험하다고 생각하는 정도·개인의 피폭 가능성 및 국민들의 피폭 가능성의 8가지 인식 변수와 나이·성별·월 평균 소득 등의 사회적 변수를 질문하였다.

그리고 자동차 사고의 경우 사고 위험도를 20% 감소시킬 수 있는 자동차 안전 장구를 자신을 위해 구입하고자 하는 최대 금액을 질문하였고, 방사선 피폭에 대해서는 피폭



〈그림 1〉 안전성에 대한 인식



〈그림 2〉 자신의 피해 가능성에 대한 인식

선량을 20% 감소시켜줄 수 있는 가상의 크립을 본인을 위해 구입하고자 하는 최대 금액을 질문하였다.

인터넷 설문 조사에서와 같이 일반 국민 설문 조사에서도 응답자에게 금전적 감각을 가질 수 있도록 인터넷 조사에서 사용하였던 통계 데이터를 제시하였다.

차이가 있다면 인터넷 조사에서는 응답자의 나이에 따라 자동적으로 해당 데이터가 제시되지만, 대면 조사에서는 조사자가 여러 장의 보기 카드를 미리 준비하여 응답자 나이에 맞는 보기카드를 제시하도록 하였다.

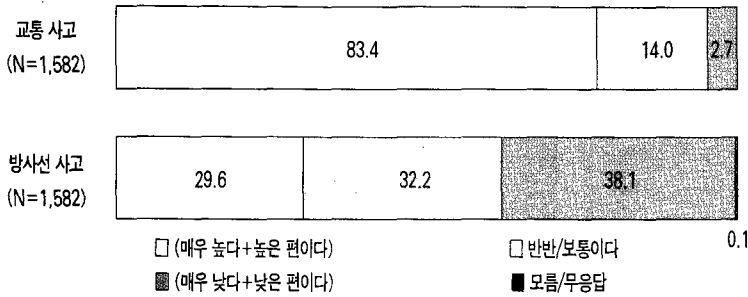
일반인들의 방사선 피폭량은 거

의 0에 가까운 값이므로 제시하기가 곤란하였다. 따라서 IAEA에서 제시한 원전 가동 중 및 중대 사고시의 일반인 사망 확률치를 기준으로 자동차 사고에 의한 사망률보다 '최대 2500분의 1'이라는 방식으로 질문하였다.

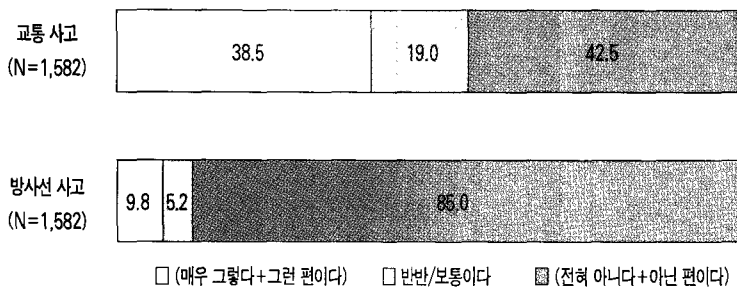
1. 일반인의 인식 분석

교통 사고와 방사선 사고 위험도 감소에 대한 지불 용의액 질문에 앞서 교통 사고와 방사선 사고에 대한 국민들의 인식을 알아보기 위한 질문을 하였는데 그 결과를 살펴보면 다음과 같다.

가. 자동차 및 원자력발전소의 안



〈그림 3〉 일반 국민의 피해 가능성에 대한 인식



〈그림 4〉 위험의 통제 가능성에 대한 인식

전성에 대해 물어본 결과, '위험하다'라는 의견이 자동차의 경우 61.8%, 원자력발전소의 경우 61.0%로 응답자의 대다수를 차지한 반면, '안전하다'라는 의견은 자동차와 원자력발전소가 각각 12.6%와 15.7%로 나타났다.

자동차가 '안전하다'라는 응답은 연령이 낮을수록, 교육 수준이 높을수록 상대적으로 높은 응답률을 보였다.

반면 연령이 높고, 교육 및 소득 수준이 낮은 계층에서는 자동차가 '위험하다'라는 응답이 상대적으로 높은 비율을 차지했다.

원자력발전소가 '안전하다'라는

의견은 교육 및 소득 수준이 높을수록 높게 나타난 반면, '위험하다'라는 의견은 여자, 연령이 높을수록, 교육 및 소득 수준이 낮을수록 상대적으로 더 높게 나타났다.

나. 자신이 자동차에 의한 교통 사고 피해를 입을 가능성이 얼마나 높다고 생각하는지 물어본 결과, '높다'라는 의견이 49.5%로 '낮다'라는 의견 17.1%보다 높게 나타났다.

반면, 방사선 사고 피해 가능성에 대해서는 '낮다'라는 의견이 49.6%로 응답자의 과반수 가량을 차지해, 교통 사고와 달리 방사선 사고의 경우에는 본인이 직접 사고 피해를 입을 가능성이 상대적으로

낮다고 생각하는 것으로 나타났다. 특히, 자동차 사고의 경우 '높다'라는 응답은 중상(重傷) 이상의 교통 사고 피해 경험이 있는 계층에서 상대적으로 높게 나타났다.

방사선 사고 피해 가능성의 경우, '높다'라는 응답은 연령이 높을수록, 교육 수준이 낮을수록, 농/임/어업 종사자 계층, 지역 크기가 작을수록 높게 나타난 반면, 연령이 낮을수록, 소득 수준이 높을수록, 지역 크기가 클수록 방사선 피해 가능성이 낮다고 응답하였다.

다. 일반 국민의 교통 사고 피해 가능성에 대해 물어본 결과, '높다'라는 의견이 83.4%로서, '낮다'라는 의견 2.7%에 비해 매우 높게 나타난 반면, 일반 국민의 방사선 사고 피해 가능성에 대해서는 '높다'라는 의견 29.6%와 '낮다'라는 의견 38.1%간에 두드러진 차이를 나타내지 않았다.

라. 교통 사고와 방사선 사고에 대한 위험 특성상의 차이를 살펴보기 위해 위험의 통제 가능성, 위험의 광범위성, 피해의 심각성, 위험에 대한 친숙성, 위험의 공포성 등을 질문하였다.

이 중 교통 사고와 방사선 사고의 차이에 대한 인식이 뚜렷이 구별되는 것은 위험의 통제 가능성으로서, 교통 사고보다 방사선 사고는 자신의 힘으로 통제할 수 없다는 인식이 현저히 높았으며, 나머지는 두 유형



의 위험에 대해 유사한 인식을 하고 있는 것으로 나타났다.

이상을 종합하여 볼 때 일반인들은 자동차와 원자력발전소의 안전성에 대해서는 비슷한 정도로 안전하다고 평가하고 있으며, 교통 사고와 원자력발전소에 의한 방사선 사고를 접할 가능성에 대해서는 교통 사고의 경우가 훨씬 크다고 생각하는 반면, 원자력발전소에 의한 방사선 사고보다 교통 사고의 경우 자신이 통제할 가능성이 많다고 생각하는 경향이 강하였다.

2. 금전 환산 계수 분석

방사선 피폭 선량 금전 환산 계수 분석을 위해 여러 인식 변수에 대해 요인 분석(factor analysis)을 하여 변수를 줄였으며, random utility model을 사용하여 지불 용의액 equation을 구하고 그 평균값(mean value)을 구하였다.²⁾

여러 가지 변수가 지불 용의액에 미치는 영향을 보면 소득이 증가함에 따라 자동차와 방사선 피폭 공히 그 위험도 감소를 위한 지불 용의액은 증가하는데, 이것은 소득이 많은 사람이 위험도 저감에 대해 많이 지불하려고 함을 보여준다.

그리고 자동차의 경우 나이가 많을수록 지불 용의액이 줄어들고 교육 수준이 높을수록 지불 용의액이

(표) 원자력 종사자와 일반 국민의 생명 가치 인식 비교

		원자력 종사자	일반 국민	USNRC 사용값
자동차 사고 관련 통계적 생명 가치		24.1억원	53.6억원	3 million dollar (37.5억원, 환율 1250원/\$ 적용시)
방사선 피폭 관련 통계적 생명 가치		39.3억원	42.4억원	
금전 환산 계수	직접 측정 ⁽¹⁾	203만원/man·rem	-	-
	간접 측정 ⁽²⁾	275만원/man·rem	296만원/man·rem	\$2,000 /man·rem (250만원/man·rem, 환율 1250원/\$ 적용시)

(1) 직접 측정: 피폭 선량 20% 저감량으로부터 직접 측정

(2) 간접 측정: 통계적 생명 가치에 방사선 위험도 계수(7×10^{-4} per rem)를 곱한 것로부터 측정

늘어났다.

또한 자동차 사고의 경우 인식 변수는 원자력 종사자에 대한 인터넷 설문 조사 결과에서와 같이 지불 용의액 응답에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

그러나 방사선 피폭 저감에 대한 지불 용의액은 응답자가 방사선의 위험도가 자동차 사고 위험도보다 피해가 심각하고, 광범위하며, 무섭다고 생각할수록 높았다. 또한 방사선 위험이 통제 가능하고 친숙하다고 생각할수록 지불 용의액은 낮았다.

지불 용의액 equation으로부터 평균 지불 용의액을 구하고 그것으로부터 통계적 생명 가치를 구한 결과, 자동차의 경우 우리나라 국민은 자신의 생명 가치를 53억 6천만

원으로 평가하고 방사선 피폭의 경우 42억 4천만원으로 평가한 것으로 나타났다.

앞서 살펴본 바대로 미국 NRC가 사용하고 있는 생명 가치 대표값 300만불(환율 1250원/\$ 사용시 37억 5천만원)과 비교하면 우리나라 일반 국민이 생각하고 있는 자신의 생명 가치값은 자동차 사고의 경우나 방사선 피폭의 경우 공히 미국보다 높게 나타났다.

그러나 미국의 11개 분야에서 사용하고 있는 생명 가치값의 범위가 2억8천만원에서 165억원까지 나타났던 사실과 165억원이라는 수치는 방사선 관련 작업에서의 1인 생명을 구하기 위해 필요한 투자액이라는 사실을 감안하면 이번 한국 국민을 대상으로 한 조사 결과 수치가

2) 자세한 사항은 최광식, 「원자력안전 규제분석을 위한 방사선피폭 금전환산계수 산정에 관한 연구」 한국과학기술원 박사 학위 논문 (2001) 참조

타당성이 결여되어 있다고 할 수는 없을 것으로 생각된다.

또한 미국에서 교통 사고에 대한 최대 지불 용의액을 조사한 결과를 보면 한화로 49억원이므로 본 조사 결과의 타당성을 뒷받침한다고 볼 수 있다(Jones-LEE et al., 1985).

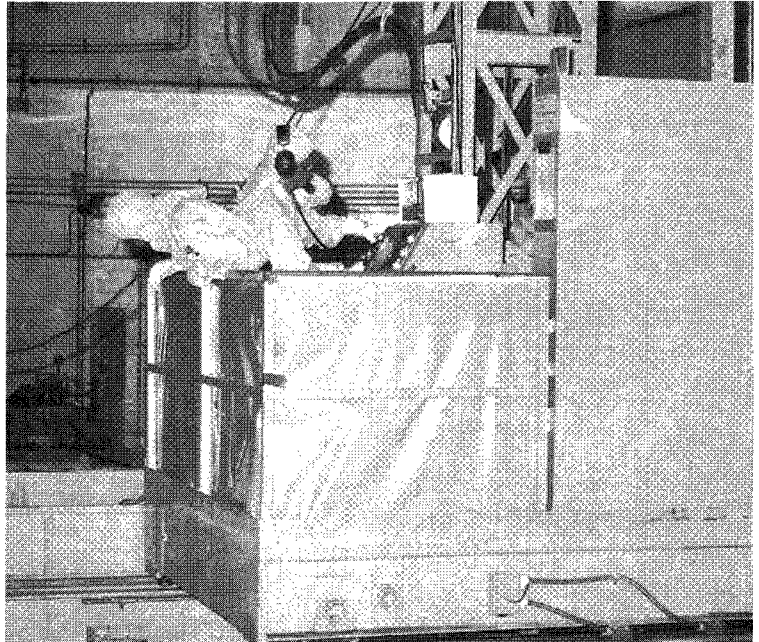
또한 우리 국민들이 자신의 생명 가치를 선진국인 미국의 수준 이상으로 상당히 높게 평가하고 있다는 사실은 우리 국민들의 자신의 건강에 대해 대단한 관심을 가지고 보양식 등에 많은 돈을 투자하는 것과도 무관하지 않은 것으로 생각된다.

이러한 성향은 정보화 사회로의 진전, 빈번한 해외 여행과 마스크를 통한 선진국의 생활에 대한 지식의 증가 등으로 삶의 질에 대한 기대치는 이미 선진국 수준에 도달해 있음을 보여준다고 볼 수도 있다.

〈표〉에서 원자력 종사자와 국민에 대한 조사 결과를 종합적으로 비교하였다.

〈표〉를 보면 원자력 종사자에 비해 일반 국민들이 자동차 사고나 방사선 피폭 공히 자신의 생명 가치를 높게 응답한 것을 알 수 있다.

또한 원자력 종사자의 경우 자동차 사고보다 방사선 사고와 관련하여 자신의 생명 가치를 더 높게 평가하고 있는데, 이는 자신들이 직접적으로 방사선 현장에서 작업하고 있기 때문이라고 생각되며, 일반 국민의 경우는 방사선 사고의 피해보



앞으로 여러 단계의 연구와 검토를 거쳐서 우리나라에서 방사선 피폭 금전 환산 계수가 결정되면 이것은 신규 규제 요건을 부과할 때의 비용과 편익의 비교 및 여러 규제 대안들에 대한 분석 평가에 사용됨으로써 규제의 최적화 및 합리화에 기여할 것으로 기대된다.

다는 자동차 사고의 피해를 접할 가능성이 높다고 생각하고 있기 때문에 자동차 사고와 관련하여 자신의 생명 가치를 더 높이 평가하고 있는 것으로 생각할 수 있을 것이다.

향후 연구 과제

향후 연구 과제로는 첫째, 가상 가치 평가법에서 제시하는 지불 용의액을 측정함으로써 사회 후생 변화를 측정할 수 있다는 경제학적 이론이 대형 원자력 사고 위험과 같은 저확률-고위험 특성을 갖는 위험,

즉 일반인들이 일상적으로 접하지 않고 이해하기에 어려운 위험을 저감시키는 안전성이라는 재화에도 적절히 사용될 수 있는지에 대한 고찰이 좀더 이루어져야 할 것이다.

둘째, 경제적 이론과 통계적 이론의 접목을 통한 보다 정확한 평균 지불 용의액 계산이 필요하다. 즉 일부 사람들은 자신이 돈을 지불할 의사를 전혀 가지지 않는 '0' 응답을 하는 경우가 있는데 이런 경우를 위해 spike model의 개발이 필요하며 또한 지불 용의액의 분포에 대한 가정을 하지 않는 비모수적(非母



數的) 기법의 개발도 필요하다.

셋째, 미국의 해양대기관리국 (National Oceanic & Atmosphere Administration : NOAA) 에서 가상 가치 평가법의 타당성 검증을 위해 제시하고 있는 'Scope Test'를 수행하여 보는 것이다.

이것은 본 조사 연구에 대해 적용해 보면, 위험 감소의 폭을 20%보다 크게 제시하는 경우 지불 용의액이 실제로 높아져야만 하고 위험 감소의 폭을 20%보다 작게 제시하는 경우 지불 용의액이 낮아져야만 한다는 요건인데, 이는 응답자들이 경제에 대한 감각을 갖고 원자력 안전의 금전 가치를 평가하고 있는지를 확인하는 기초 테스트이다. 이는 다수의 조사를 거쳐야 가능한 것으로서 앞으로 이에 대한 연구가 필요하다.

결어

이상에서 환경경제학에서 사용하는 가상 가치 평가법으로 규제에 의한 원자력 안전성 향상이라는 편익을 계산하는 데 필요한 방사선 피폭 금전 환산 계수를 원자력 종사자와 일반 국민들에 대하여 구한 조사 연구의 내용과 결과를 소개하였다.

규제에 의한 편익은 주로 전체 국민들의 예상 피폭 선량 저감량으로 나타나므로 규제 분석에서 사용할 방사선 피폭 금전 환산 계수는 금전

환산 계수 종사자들을 상대로 조사한 것보다 국민을 대상으로 하여 구한 값이 더 타당성을 갖는다고 할 수 있는데, 이 방사선 피폭 선량 금전 환산 계수는 정부 규제 당국이 정책적으로 결정하는 것으로서 여기에는 대단히 신중한 접근이 필요하다.

선진국의 경제 수준, 예컨대 일인당 국민 소득 수준과의 일차적인 비교에 의해 우리 나라 국민들의 방사선 피폭 선량 금전 환산 계수를 당국이 낮게 책정한다면 그것이 국민들의 수용성을 획득하기가 쉽지 않을 것이며, 또한 정당한 근거 없이 그 나라의 원자력 안전성만을 국제적인 수준으로 향상하기 위해 금전 환산 계수를 높게 책정하는 것도 타당하다고 볼 수 없다.

왜냐하면 금전 환산 계수값이 크다는 것은 원자력 안전성 향상의 금전적 편익을 상대적으로 크게 평가한다는 것을 의미하며, 이것은 비용이 많이 소요되는 새로운 규제 조치를 정당화시킴으로써 국가적으로 원자력 안전에 대한 비용이 증가하게 되기 때문이다.

그러므로 이러한 금전 환산 계수의 결정에는 국민들의 방사선에 대한 인식과 선호가 적절히 반영되는 것이 합리적이라고 할 수 있다.

본고에서 소개한 바 국민들을 대상으로 하여 지불 용의액 측정으로 구한 금전 환산 계수에는 원자력에

대한 국민들의 정서적인 선호가 반영되어 있으므로 앞으로 당국이 금전 환산 계수를 결정에 있어서 중요한 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

금전 환산 계수를 실제 결정하기 위해서는 미국 NRC가 시행한 바와 같이 우리 국민들의 생명값에 대한 여러 가지 조사 연구가 수행되어야 하며 그 값들을 비교·분석한 후 적절한 대표값을 결정하는 것이 필요하다고 본다.

필자가 수행한 조사 연구 결과를 바탕으로 하여 앞으로 여러 단계의 연구와 검토를 거쳐서 우리나라에서 방사선 피폭 금전 환산 계수가 결정되면 이것은 신규 규제 요건을 부과할 때의 비용과 편익의 비교 및 여러 규제 대안들에 대한 분석 평가에 사용됨으로써 규제의 최적화 및 합리화에 기여할 것으로 기대된다.

이 방사선 피폭 금전 환산 계수는 신규 규제 요건 부과시의 비용 편익 분석에만 사용되는 것이 아니라 ALARA 개념의 시행에도 사용되며 또한 원자력사업소에서 자체적으로 방사선 피폭 선량 저감을 위한 시설 개선을 할 때 비용과 편익을 비교·분석하는 데도 사용되므로 이 값의 결정은 신중히 이루어져야 할 사항이라는 것을 다시 한번 지적하면서 이에 대한 많은 원자력 전문가들의 지속적인 관심을 기대한다. (choi@kins.re.kr) ☎