

## 선택실험설문에 의한 방사능 피폭 가능성에 대한 원자력 기술개발 종사자의 지불용의액 추정<sup>†</sup>

배 정 환\*

**요 약 :** 지난 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 대내외적으로 방사능 피폭 가능성에 대한 우려가 확산되어 왔고, 국내 원전의 잦은 사고로 인해 원전 종사자들의 사고에 대한 불안감도 증폭되고 있다. 기존에는 원자력 발전소나 방폐장 주변 지역 주민들의 보상 문제가 주요 쟁점이었으나 본 연구에서는 원자력 기술 개발 관련 종사자를 대상으로 방사능 피폭 가능성에 대한 임금 프리미엄을 추정하는 데에 초점을 맞추었다. 방사능 피폭에 따른 산업재해 발생 시 근로자에게 입증 책임이 있어 적절한 보상을 받기 어렵다는 점에서 방사능 피폭에 대한 보상 문제를 민간부문에 맡길 경우 사회적으로 바람직한 결과가 도출되기 어렵다. 본 연구는 선택실험법에 의해 원자력 기술개발 종사자를 대상으로 방사능 위험에 대한 보상 수준, 방사능 노출도, 고용보장성, 회사 입지, 근무 강도가 다르게 주어질 경우 어떤 직장을 선호하는지를 설문하였다. 설문 결과 방사능 위험도가 고용 보장성이나 근무 강도, 회사 입지에 비해 더 중요한 요인임을 알 수 있었고, 추정 모형에 따라 방사능 피폭 가능성 감소에 대한 연간 지불용의액은 773~777 만 원에 이르는 것으로 나타났다. 따라서 향후 정부는 원자력 기술개발 종사자가 방사능 피폭과 관련한 산업재해가 발생하는 경우 적절한 보상이 이루어질 수 있도록 법제도적 기반을 조성할 필요가 있다.

**주제어 :** 원자력 기술개발, 방사능 피폭, 선택실험법, 직장 선택, 지불용의액

**JEL 분류 :** Q42, Q48, Q54

접수일(2013년 6월 14일), 수정일(2013년 8월 19일), 게재확정일(2013년 8월 28일)

<sup>†</sup> 본 논문을 완성하는 데에 많은 도움을 주신 고용정보원의 정재현 박사와 세분의 심사자에게 진심으로 감사드립니다.

\* 전남대학교 경제학부 부교수(e-mail: jhbae@jnu.ac.kr)

# Estimation of willingness to pay of workers who are engaged in nuclear power R&D projects to avoid exposure to radioactive matters by using a choice experiment

Jeong Hwan Bae

**ABSTRACT :** Since catastrophe from explosion of Hukushima nuclear power plant, concerns over possibility of exposure to radioactive matter has been disseminating all over the world and frequent accidents of domestic nuclear power plants also has been amplifying throughout the nation. In the past, major focus was made on compensation for local residents who live nearby nuclear power plants, but focal point of this study is on wage premium of workers who are employed in R&D of nuclear power plants. It is difficult to derive socially desirable result if private sectors are responsible for compensation on workers who suffer from physical damages due to the exposure to radioactive matter. Because victims should verify the damages that occur in the working places. This study conducted a survey on which job would prefer the respondents who are engaged with the nuclear R&D projects as exposure levels to radioactive matter, security of job, location of firms, and work intensity differ. As a result, exposure to radioactive matter was the most important attribute in choosing alternative jobs followed by job security, work intensity and job location. Annual willingness to pay for reduction of exposure to radioactive matter was estimated as 7730~7770 thousand KRW depending on different econometric models. Therefore, Korean government should prepare institutional foundation in order that appropriate compensation should be made on workers who are engaged in R&D projects on nuclear power plants if they have damages from the exposure to radioactive matter.

**Keywords :** nuclear technology development, exposure to radioactive matter, choice experiment, choice of job, willingness to pay

---

Received: June 14, 2013. Revised: August 19, 2013. Accepted: August 28, 2013.

\* Associate professor of department of economics, Chonnam National University(e-mail: jhbae@jnu.ac.kr)

## I. 서론

지난 2011년 3월 일본 도호쿠에서 발생한 강진과 해일로 말미암아 후쿠시마 다이이치 원전이 폭발하였고, 이로 인해 체르노빌 원전 사고에 버금가는 피해가 발생하였다. 향후에도 해양과 육지 생태계에 장기적인 영향을 미칠 것으로 보인다(Huenteler et al., 2012). 한편 지난 2000년 이후 미국과 이탈리아, 독일 등 원전 선진국들은 이른바 ‘원전 르네상스(Nuclear Renaissance)’를 통해 차세대 원자로 개발을 앞당겨, 2010년까지 기존보다 더 안전하고, 저렴한 원자로를 개발하겠다고 선언했다. 그러나 이러한 차세대 원자로 기술개발도 기존 원자로에 비해 더 안전하다고 할 수 없으며, 경제성도 더 나쁠 것으로 예상되어 이미 실패했다는 평가도 있다(Thomas, 2012).

이에 따라 전 세계 주요 원전보유국들의 원전개발정책이 변화하고 있다(IEA, 2012). 우선 사고 당사국인 일본은 원전의존율을 감소시키고, 태양광을 비롯한 신재생에너지 비중을 크게 확대할 계획이고, 독일, 스페인, 벨기에, 스웨덴, 네덜란드와 같은 유럽 원전보유국들은 원전을 점진적으로 폐쇄하겠다고 밝힌 바 있다. 반면에 미국, 영국, 프랑스, 한국, 중국, 인도, 러시아 등은 후쿠시마 사고와 관계없이 지속적으로 원전 건설을 확대할 계획이다.

후쿠시마 원전사고는 전 세계 국민들의 원전에 대한 인식에도 영향을 미쳤다. Global Scan이라는 기관에서 2005년과 2011년 후쿠시마 원전사고 이후 두 시점에 프랑스, 독일, 일본, 영국, 미국 등 선진국과 인도, 멕시코, 러시아, 인도네시아 등 개발도상국 국민들을 대상으로 한 설문조사에서 신규원전 건설을 중단해야 한다는 의견이 2005년 38%에서 2011년 42%로 늘어났고, 가동중인 원전의 이용을 중단해야 한다는 의견도 21%에서 30%로 크게 늘어났다(IEA, 2012).

우리나라는 2010년 기준으로 전체 발전량의 31%를 원자력에 의존하고 있고, 중장기적으로는 2024년까지 원전비중을 49%로 확대할 계획이다(지식경제부, 제5차전력수급기본계획). 그러나 원자력 발전소에 대한 정보가 점차 확산되면서 원전 안전성에 대한 관심도 늘어나고 있고, 원전 관련 중사자들이나 방폐장 주변에 거주하는 주민들의 방사능 피폭 가능성에 대한 우려도 증가하고 있다. 특히 최근 들어 원전과 관련한 사고가 빈번해짐에 따라 우리나라도 체르노빌이나 후쿠시마 사고와 같은 대

형 원전사고로부터 안전지대라고 할 수 없게 되었다. 우리나라는 총 21기의 원전이 가동 중이나 이 가운데 43%인 9기가 가동연수가 20년 이상이고, 신규로 건설된 원전마저도 불량 부품 문제로 수시로 가동이 중단되고 있다.

이에 따라 원자력 발전에 관한 국민들의 불안감이 확대됨에 따라 발전소 주변 주민뿐만 아니라 원자력 발전소 및 방사능 폐기물 저장소 근로자나 원자력 기술 개발 종사자 등 직간접적으로 방사능에 노출될 가능성이 높은 사람들의 경우 방사능 노출 위험에 대한 비용의 추정이 필요한 시점이다. 이와 관련하여 기존 선행연구들을 살펴보면, 원자력 발전에 대한 수용성 문제(이광수·허철행, 1995; 최미옥, 1999; 조성경·오세기, 2002; 채경석, 2003; 김서용·김근식, 2007; 오미영 외, 2008; 원두환 2010), 원전의 사고 위험과 그에 따른 방사능 피폭 가능성에 대한 피해규모나 보상액에 대한 연구(Nelson, 1981; Gamble and Downing, 1982; Folland and Hough, 1991; Holm et al., 2003; 김학수·박성철, 2001)들이 있었으나 주로 주변 주민이나 거주자, 소비자 중심으로 이루어져 왔다.

Nelson(1981)과 Gamble and Downing(1982)의 연구에서는 1979년 미국의 쓰리 마일섬 원전사고로 주변 주거지역 자산가치가 하락하였는지를 추정함으로써 방사능 오염의 피해액을 환산하였다. 또한 Folland and Hough(1991)의 연구에서는 원자로가 위치하는 지역에서 이로 인한 외부성의 효과를 추정하기 위해 인근 농업지역의 지대 변화를 추정하였다. Gawande와 Jenkins-Smith(2001)은 사용 후 핵연료의 운송 경로에 위치하는 지역의 지가가 방사능 오염 가능성에 의해 영향을 받는지를 분석함으로써 인지된 방사능 오염 위험 가능성의 효과를 추정하였다. 또한 최근에 원전 관련 응용기술인 원전온배수의 이용에 대한 소비자 보상요구액 연구가 있었다(원두환, 2009). 그러나 원자력에 관련된 직업에 종사하는 사람들은 정작 사고 위험 및 방사능 피폭에 더 많이 더 자주 노출됨에도 불구하고 이에 대한 보상 문제에 대해서는 거의 연구된 바가 없다.

본 연구는 원자력 기술개발에 관련된 종사자들을 대상으로 방사능 오염으로부터의 안전성과 방사능 피폭 가능성에 대한 임금 프리미엄의 필요성 여부에 관한 인식을 조사하고, 이직(吏職)을 결정함에 있어서 방사능 피폭 가능성이 어떤 영향을 미치는지를 선택 실험법(choice experiment)에 의해 분석함으로써 방사능 피폭 가능성

에 대한 임금 프리미엄을 추정함을 목적으로 한다. 원자력 기술개발 관련 종사자들은 방사능에 직간접적으로 노출될 가능성이 있고, 방사능 피폭시 피부병이나 암 등 다양한 형태의 질병에 시달릴 가능성이 있으나, 산업재해보험 등에 의해 어느 정도 치료비를 보상받더라도 완전하게 보상받기는 어려운 형편이다. 즉, 피해에 대한 입증 책임이 근로자에게 있어 보상혜택을 받기가 쉽지않다는 것이다. 따라서 이직을 고려할 경우 일의 강도, 고용보장정도, 회사의 지리적 입지 등 다른 조건이 동일하다면 방사능 피폭 가능성이 낮은 직장일수록 이직할 확률은 높아질 것이다. 방사능 피폭 가능성에 대한 보상요구액을 추정함으로써 향후 원자력 기술개발 정책에서 방사능 피폭가능성에 대한 임금 프리미엄이 고려해야 할 사회적 비용으로 인식되기를 기대한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 다음 장에서는 원전기술개발 관련 종사자들을 대상으로 근무지의 방사능 오염에 대한 안전도와 오염 가능성에 대한 인식 수준 조사 결과를 요약하고, 제 3 장에서는 방사능 피폭가능성에 대한 임금 프리미엄을 추정하기 위해 사용된 선택 실험법과 설문설계, 모형추정방법을 설명한다. 제 4 장에서는 설문응답자의 기초통계량과 임금 프리미엄 추정결과를 설명하고, 이에 기초하여 제 5 장에서는 결론과 정책적 함의를 도출하였다.

## II. 방사능 피폭 가능성에 대한 인식 조사<sup>1)</sup>

원자력 기술개발 종사자를 대상으로 방사능 오염에 대한 안전성과 위험수당 지급 필요성에 관한 설문을 실시하였다. 2009~2011년간 정부의 원자력기술개발 사업<sup>2)</sup>을 수행한 원자력 기술개발 관련 36개 기업과 연구소들을 대상으로 하였으며, 과제를 중복하여 수행한 경우를 제외한 총 125명의 과제 수행자 가운데 최종 80명이 응답

1) 본 인식조사는 한국고용정보원의 ‘원자력 기술개발 및 실용화 상용화 고용영향평가(정재현 외, 2013)’ 과제 수행을 위해 실시한 실태조사에 포함된 내용이다.

2) 본 사업은 지식경제부가 지원하였으며, 「원자력융합원천기술개발사업」과 「원전기술혁신사업」으로 구분된다. 「원자력융합원천기술개발사업」은 원전의 안전성 확보, 핵심원천기술 자립, 한국형 원전의 글로벌 경쟁력 강화를 위한 기술 개발 과제를 지원하는 94개 단위사업으로 구성되고, 원전기술혁신사업은 원전현장의 현안문제 해결, 원자력 기초기술 사용화를 위한 중간연계 사업 및 향후 원전 운영, 수출 산업화에 기여할 수 있는 원전혁신기술 위주의 65개 단위사업으로 구성된다.

하여, 응답율이 최종 64%로 집계되었다. 우리나라의 원전기술개발은 주로 정부와 공기업, 정부출연연구소, 대학 연구소 주도이고, 관련 기업들이 참여하는 형태로 되어 있다. 물론 원전기술개발만이 아니라 실제 원전 관련 산업체 종사자를 모두 포함하여 설문한 결과가 더 바람직하겠지만, 재정적, 시간적 제약으로 원전기술개발에 관련된 연구소와 기업, 대학을 설문 대상으로 한정하였다는 점에서 본 설문조사 결과를 제한적으로 해석할 필요가 있다.

우선 설문 응답자에게 현재 근무하는 회사가 방사능 오염에서 안전한지의 여부를 질문하였다. 설문 결과 응답자의 91%가 방사능 오염으로부터 안전하다고 대답하였고, 9%만이 안전하지 못하다고 대답하였다. 비록 9%에 불과하지만 일부 원자력 산업 종사자들이 방사능 노출 위험에 대해 불안감을 갖고 있음을 보여주고, 본 조사 대상이 주로 연구직 중심이기 때문에 상대적으로 방사능 노출에 대한 불안감이 적게 나타난 것으로 해석된다.

다음으로 방사능 노출 위험에 대해 추가적인 수당이나 보상을 회사로부터 수령한 적이 있는지에 관해 질문한 결과 11%가 수령한 적이 있었고, 86%가 수령한 적이 없다고 대답했으며, 3%는 응답하지 않았다. 한편 방사능 노출 가능성에 대해 회사에서 위험수당을 지급한다고 대답한 응답자들의 연 평균 수령액은 27만 6천 원인 것으로 나타났다. 이러한 설문조사 결과는 아직까지 방사능 피폭 가능성에 대해 근로자들이 전혀 보상을 받지 못하고 있거나 충분한 보상이 이루어지고 있지 못함을 보여주고 있다.

다음으로 응답자에게 방사능 노출 위험에 대해 회사에서 추가적인 수당이나 보상을 지급해야 하는지 여부를 질문한 결과 위험수당을 지급해야 한다는 의견이 53%, 지급할 필요가 없다는 응답이 46%로 위험수당을 지급해야 한다는 의견이 과반수를 넘었고, 무응답자는 1%로 나타났다. 이는 향후 원전 기술개발 정책에서 고용환경과 관련한 중요한 시사점을 제공한다. 즉, 자신이 근무하는 사업장이 방사능 위험으로부터 안전하다고 느끼고 있는 사람이 대부분이나 미래의 방사능 노출 가능성이나 불확실성에 대해 과반수가 불안해하고 있고, 이에 대한 보상으로 위험수당이 필요하다고 인식하고 있다는 것이다. 따라서 향후 원자력 기술개발 관련 인력이 확충되기 위해서는 방사능 노출 위험 수당에 대한 규정이 별도로 마련될 필요가 있음을 보

여준다. 이것은 대부분의 원전 관련 직업들이 높은 수준의 보안을 유지해야 하고, 가급적 외부에 긍정적인 이미지를 보이도록 훈련받은 것이 아닌가하는 추론을 해 볼 수 있다.

### III. 선택 실험법 설계와 추정방법

#### 1. 선택 실험 모형

원자력 기술개발사업에 종사하는 근로자의 경우 일반적인 타 직종에 비해 방사능에 피폭될 가능성이 높다고 할 수 있으며, 향후 원자력 산업뿐만 아니라 방사능 피폭 가능성이 높은 산업 종사자들이나 반도체 산업 등에서 지속적으로 제기되고 있는 특정 질병 유발 가능성이 높은 종사자들의 경우 이러한 위험에 대한 보상요구가 늘어날 것으로 예상된다. 이러한 방사능 피폭 가능성에 대한 임금 보상액이 어느 정도 되는지를 추정하기 위해 본 연구는 원자력 기술개발 관련 종사자들을 대상으로 선택 실험접근법(Choice Experiment approach)을 적용하였다.<sup>3)</sup>

선택 실험법은 한 상품의 총체적 가치는 속성별 가치로 분할할 수 있고, 응답자에게 서로 다른 속성을 갖는 동일한 상품을 제시하고, 가장 선호하는 상품을 선택하도록 유도함으로써 상품의 속성별 가치를 추정할 수 있도록 하는 방법으로 속성가치 추정법(attribute-based methods)이라고도 한다(Holms and Adamowicz, 2003). 이를 위해 대면 접촉이나 인터넷 플랫폼(platform)을 활용하여 선택실험 설문을 하게 된다. 설문 결과는 통상 다항로짓모형(multinomial logit model)이나 계층로짓모형(nested logit model), 혼합로짓모형(mixed logit model) 등을 이용하여 속성별 계수를 추정하는 데에 이용된다. 또한 추정된 속성계수로부터 속성별 암묵적 가격(implicit price)을 도출할 수 있다.

이러한 선택 실험법의 이론적 토대는 확률효용모형(Random Utility Model: RUM)

---

3) 물론 원자력기술개발 종사자라고해서 방사능에 노출될 가능성이 항상 높은 것은 아니며, 종사자의 작업 특성에 따라 방사능 노출 정도는 다르게 나타날 것이다. 본 설문조사에서 이러한 설문 항목들이 추가되었다면 보다 결과에 대한 신뢰성이 높아졌을 것이라는 것을 인정하며, 본 연구의 한계로 지적하는 바이다.

에 있다. 확률효용모형을 본 연구에 적용하여 설명하면 우선 원자력 기술개발 관련 종사자는 다수의 선택 집합 내에서 서로 상이한 조건을 갖는 두 가지 직업 가운데 하나를 선택하도록 질문을 받는다. 또한 응답자가 이직을 고려하고 있지 않는 경우를 감안하기 위해 선택하지 않는 경우도 같이 포함시킨다. 이때 각 선택 집합은 방사능 위험에 대한 보상 수준(I), 방사능 노출도(R), 고용보장성(SF), 회사 입지(ST), 근무 강도(DF)와 같은 직업 선택에 영향을 미치는 속성들의 다양한 수준의 조합으로 구성된다. 직장선택 요인을 결정하기 위해 Lee and Ryou(2011), 주무현(2008), 송영남(2007) 등의 연구를 참고하였고, 대체로 구직자들은 기업의 형태와 규모, 직업 안정성과 성장성, 근무여건, 보수 및 복지수준을 주요 요인으로 감안하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 사용된 방사능 피폭가능성에 대한 보상은 보수 및 복지수준 요인과 관련되고, 방사능 노출도와 근무 강도, 회사 입지는 근무여건에 해당되며, 고용보장성은 직업 안정성과 관련된다고 하겠다. 본 연구에 포함되지 않은 직업선택 요인들은 식 (1)에서 관측불가능한 속성들의 집합인 교란항에 포함된 것으로 볼 수 있다.

원자력 기술개발 인력의 이직에 대한 선택문제를 확률효용함수로 표현하면 다음과 같다. 즉, 응답자  $N$ 이 선택대안 집합  $C_n$  내의 직업  $A$ 로부터 얻는 간접효용함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} U_{nA} &= \beta x_{nA} + \epsilon_{nA} = V_{nA} + \epsilon_{nA} \\ &= \gamma_R R_A + \gamma_{SF} SF_A + \gamma_I I_A + \gamma_{ST} ST_A + \gamma_{DF} DF_A + \epsilon_{nA} \end{aligned} \quad (1)$$

이때  $x$ 는 재화  $A$ 의 측정 가능한 속성벡터,  $\beta$ 는 속성의 추정계수벡터이고,  $V_{nA}$ 는 소비자  $n$ 에 대한 관측 가능한 효용(observable utility),  $\epsilon_{nA}$ 는 관측 불가능한 확률적 효용(ubobservable utility)이다. 이렇게 효용을 관측 가능한 부분과 관측 불가능한 부분으로 구분하는 접근법을 확률효용모형(Random Utility Model: RUM)이라고 하고 이는 Marschak(1960)에 의해 처음 규명되었다.

확률효용모형은 일반적으로 다항로짓모형(multinomial logit model)을 이용하여 추정할 수 있다. 즉, 선택집합 내 선택대안들은 대체재(substitutive goods) 관계에



있으며, 종속변수로 이용되는 선택대안이 3개 이상인 경우 사용한다. 즉, 각 설문으로부터 얻어진 응답은 응답자의 효용극대화를 위한 선택결과로 해석될 수 있다.

개별 응답자  $n = 1, 2, \dots, N$ 의 직업  $A$ 에 대한 선택결과는 “선호한다.” 또는 “선호하지 않는다.”가 된다. 이를 수식으로 표현하면, 각 응답자는 선택 가능한 대안 집합  $C_n$ 에 대해서 자신의 효용을 극대화하는 대안을 선택하며, 직업 선택 결과는  $Y_{n,A}$ 로 관찰되며 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} Y_{n,A} &= 1 \text{ if } U_{n,A} = \max(U_{n,A}, U_{n,B}, U_{n,C}) \\ Y_{n,A} &= 0 \text{ otherwise} \end{aligned} \quad (2)$$

한편 로그우드함수의 계수 추정을 위해 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation: MLE)을 적용하여 도출할 수 있다. 방사능 노출도라는 요인 변화에 따라 응답자의 방사능에 대한 위험 프리미엄 혹은 보상요구액(Willingness To Accept: WTA) 혹은 방사능 피폭 가능성 감소에 대한 지불용의액(Willingness To Pay: WTP)은 다음과 같은 산식에 의해 도출할 수 있다(Holms and Adamowicz, 2003).

$$WTA = -\frac{\gamma_R}{\gamma_I} = \frac{\partial V_n / \partial R_n}{\partial V_n / \partial I_n} = WTP \quad (3)$$

식 (3)의 분자에서  $R_n$ 은 응답자  $n$ 이 직면하는 방사능 노출 수준이고,  $V_n$ 은 응답자의 관측 가능한 효용수준,  $I_n$ 은 응답자가 제시받는 위험수당이 된다.

또한 이직을 고려하는 다양한 요인들에 대한 보상요구액 혹은 지불용의액도 식 (3)와 같은 방식으로 도출할 수 있다. 이때 부호가 (-)이면 지불용의액이고, (+)이면 보상요구액이 된다. 즉, 응답자는 고용보장성이 높을수록 지불용의가 높고, 작업 강도가 높을수록 보상요구가 높아지게 된다. 여기서 주의할 것은 조건부가치추정법(contingent valuation method)에서는 보상요구액과 지불용의액 간에 차이가 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이는 소유효과(endowment effect) 혹은 손실회피효과(loss aversion effect)로 설명될 수 있다(Pindyck and Rubinfeld, 2008). 그러나 선택

실험법에서는 주어진 선택 대안에 대해 소득효과를 배제하고 비교를 하기 때문에 보상요구액과 지불용의액 간에 편의(bias)가 발생하지 않는다(Holms and Adamowicz, 2003).<sup>4)</sup> 본 연구에서는 방사능 노출 가능성에 대한 보상 요구액을 직접 질문하지 않고 선택집합 내의 한 가지 속성으로 포함시켰기 때문에 지불용의액과 편의가 발생할 가능성을 사전에 차단하였다.

## 2. 선택실험모형 추정방법

선택실험법에 의해 이까지 고려하는 주요 속성들의 계수를 추정하기 위해 패널로짓모형을 사용하였다. 일반적으로는 확률효용모형을 계량적으로 추정하기 위해 다항로짓모형(Multinomial Logit)을 사용하지만, 본 설문이 한 응답자가 다수의 선택 집합에 대답하도록 하는 패널데이터 구조를 갖기 때문에 패널다항로짓모형(PML: Panel Multinomial Logit)을 적용하였다(민인식, 최필선, 2012). 일반적인 다항로짓모형은 오차항  $\epsilon_{njs}$ 에 대해 식 (4)과 같은 독립적이고 동분산성을 가진 타입1 극한분포(type1 extreme value distribution)를 가정한다(Train, 2009).

$$f(\epsilon_{njs}) = e^{-\epsilon_{njs}} e^{-e^{-\epsilon_{njs}}}, F(\epsilon_{njs}) e^{-e^{-\epsilon_{njs}}} \quad (4)$$

응답자  $n$ 이 선택집합  $s$ 에서 대안  $j$ 를 선택할 확률식을 도출하면 식 (5)와 같다.

$$P_{nj} = \frac{e^{V_{njs}}}{\sum_{i \neq j} e^{V_{njs}}} = \frac{e^{\beta' x_{njs}}}{\sum_{i \neq j} e^{\beta' x_{njs}}} \quad (5)$$

다항로짓모형은 위의 선택확률식을 이용한 최우추정법(MLE: Maximum Likelihood Estimation)을 통해 추정되며, 최우추정을 위한 우도함수와 로그우도함수는 식 (6)와 같다.

---

4) Holmes and Adamowicz는 기본적인 선형간접효용함수(a simple linear indirect utility function)를 이용하기 때문에 소득효과는 0이 되고, 이러한 효용함수에는 endowment effect가 거의 존재하지 않는다고 하였다.

$$L = \prod_{n=1}^N \prod_{i \neq j} (P_{njs})^{y_{njs}} \Rightarrow \ln L = \sum_{n=1}^N \sum_{i \neq j} y_{njs} \ln P_{njs} \quad (6)$$

$N$ 은 전체응답자의 수를,  $y_{njs}$ 는 소비자  $n$ 이 대안  $j$ 를 선택한 경우에 '1', 선택하지 않은 경우에는 '0'의 값을 갖는 변수로, 다항로짓모형은 응답자가  $i$  대안을 선택할 확률과  $j$  대안을 선택할 확률의 비율은  $i$  대안과  $j$  대안의 속성에만 의지할 뿐 제 3의 대안에 영향을 받지 않는다고 가정하는 IIA(Independence from Irrelevant Alternatives) 제약을 가정하였다.

한편 본 연구에 사용되는 데이터가 패널구조를 갖고 있기 때문에 패널다항로짓모형을 사용하였고, 일반적인 패널모형과 같이 확률효과모형과 고정효과모형으로 구분한다. 확률효과모형은 식 (7)와 같이 상수항이 오차항  $u_{nj}$ 를 갖는 확률효과를 포함하는 것으로 간주하고  $u_{nj} \sim N(0, \sigma_u^2)$ 가 정규분포를 따르고,  $v_{ns}$ 는 로지스틱 분포로 가정한다.

$$U_{njs} = \beta_{0j} + \beta_j x_{njs} + \epsilon_{njs} = \beta_0 + u_i + \beta_j x_{njs} + \epsilon_{njs}, \quad \epsilon_{njs} = u_{nj} + v_{ns} \quad (7)$$

고정효과모형은 상수항이 확률효과를 갖지 않으며 개별 특성에 영향을 받는다고 가정하고  $cov(x_{njs}, u_{nj}) = 0$ 의 외생성 가정이 성립하지 않아도 일치추정량을 얻을 수 있다.<sup>5)</sup> 또한 고정효과모형이나 확률효과모형의 강건성을 확인하기 위해 추가로 패널프로빗모형도 이용하기로 한다. 프로빗모형은 다항로짓모형의 관측 불가능한 효용에 대한 기본 확률분포를 정규확률분포로 가정하고, 추정계수가 고정되어 있지 않다고 가정하는 모형이다(Train, 2009).

패널프로빗모형은 패널 데이터에서 관측 가능하지 않은 요인들이 상이한 선택 집합에 대해 상관관계가 있는 경우에 적용될 수 있다. 이때 교란항에 대한 확률분포는 정규확률분포를 따르고, 평균이 0이고, 공분산 행렬이  $\Omega$ 이며, 교란항의 확률밀도함수가  $\theta(\epsilon_{njs})$ 이다(식 (11)). 따라서 응답자  $n$ 이 선택집합  $s$ 하에서 대안  $j$ 를 선택할

5) 고정효과모형과 확률효과모형 가운데 어떤 모형을 적용할 것인지를 판단하기 위해 하우스만 검정법을 일반적으로 사용한다.

확률은 식 (10)과 같다.

$$P_{njs} = \text{Prob}(V_{njs} + \epsilon_{njs} > V_{nks} + \epsilon_{nks}), (j \neq k) \quad (10)$$

$$\Theta(\epsilon_{njs}) = \frac{\exp(-(1/2)\epsilon'_{njs}\Omega^{-1}\epsilon_{njs})}{(2\pi)^{J/2}|\Omega|^{1/2}} \quad (11)$$

### 3. 설문 설계

선택 실험을 위한 설문 항목은 우선 응답자의 방사능 노출 위험에 대한 인식과 위험 수당 지급 문제에 대한 설문 항목과 직장 이직 시 고려하는 다양한 속성들과 방사능 피폭에 따른 신체영향에 대한 정보를 기초로 한 선호 직장에 대한 설문으로 구성되었다. 전반부의 구체적인 설문항목에는 근무하는 회사의 방사능 오염에 대한 안전도와 방사능 노출 가능성에 대한 추가 수당이나 보상 여부 및 연간 수령액, 방사능 노출 위험에 대한 추가적인 보상 지급에 대한 찬반 여부를 묻는 질문이 포함되었고, 이는 제 2 절에서 분석 결과를 설명하였다. 다음으로 후반부 설문은 직장 선택에 대한 질문에 앞서 이직 시 고려하는 속성으로 첫째 방사능 오염 가능성에 대한 보상 수준, 둘째 근무 시 방사능 노출도, 셋째 고용보장성, 근무 강도, 회사의 입지를 설명하였다.

설문지에 포함된 구체적인 속성 및 속성별 수준은 <그림 1>과 같다. 우선 위험에 대한 연간 보상 수준은 5백만 원, 1천만 원, 1천5백만 원의 세 가지 수준으로 구성하였고, 6) 연간 방사능 노출도는 방사선량을 기준으로 상, 중, 하로 구분하고, 각 수준별 신체에 미치는 영향은 <그림 2>를 참조하도록 하였다. 또한 고용보장성은 정년까지 근무할 수 있는 가능성을 상, 중, 하로 구분하고, 상은 80% 이상, 중은 50~80%, 하는 50% 미만으로 구분하였다. 회사의 입지는 수도권인지, 비수도권인지에 따라 더미 변수로 구분하였고, 근무 강도는 법정근무시간을 기준으로 10시간 초

6) 보상액 수준은 통상 특근 수당이나 성과급 수준에 준하여 결정하였다. 한국원자력연구원의 경우 평균 연봉이 9,600만 원 수준으로 수당이 10% 수준에서 결정되는 것으로 가정하면 평균 1천만 원 선으로 보고, 50% 감소된 경우와 50% 증가된 경우를 감안하여 세 가지 수준으로 결정하였다. 그러나 보상액 수준을 어떻게 설정하는지에 따라 추정결과가 영향을 받는다는 점에서 본 연구의 추정결과를 제한적으로 해석할 필요가 있을 것이다.

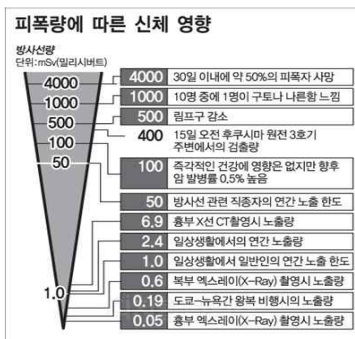
과 근무이면 상, 5~10시간 사이는 중, 5시간 미만이면 하로 구분하였다.

<그림 1> 방사능 위험에 대한 보상액 추정을 위한 선택 실험 설문지의 속성과 수준

속성	설명
위험에 대한 보상 수준	○ 방사능 오염 가능성과 이에 따른 근로자의 건강상의 피해 위험 정도를 고려하여 지급되는 연간 보상 수준(5백만 원, 1천만 원, 1천5백만 원)
방사능 노출도	○ 하단의 그림 및 설명과 같이 원자력 관련 산업에 종사함으로써 연간 기준치 이상의 방사능에 노출되는 정도로 상, 중, 하로 구분 ○ ‘상’은 방사선량 100mSv 이상, ‘중’은 50~100mSv, ‘하’는 50mSv 미만임
고용보장성	○ 직장에서 정년(만 55세 이상)까지 근무할 수 있는 가능성을 말하며, ‘상’은 정년까지 일할 가능성이 80% 이상, ‘중’은 50~80%, ‘하’는 50% 미만임
회사의 입지	○ 수도권과 비수도권으로 구분
근무 강도	○ 법정 기준 노동시간(주당 40시간)을 초과하여 근무하는 시간이 얼마나 더 많은지에 따라 상, 중, 하로 구분 ○ ‘상’은 주당 법정근로시간을 10시간 이상 초과, ‘중’은 5~10시간, ‘하’는 5시간 미만

한편 방사능 피폭량에 따른 구체적인 인체 피해 정도를 설명하기 위해 다음 <그림 2>를 보여주고 방사능 피폭량에 따라 인체에 미치는 영향을 설명함으로써 응답자가 방사능 노출도에 대한 피해 정도를 추정할 수 있도록 하였다.

<그림 2> 방사능 피폭량에 따른 신체 영향



**방사선이 인체에 미치는 영향**  
 급성 효과: 피부병, 구토, 탈모, 궤양, 사망 등  
 만성 장애: 백혈병, 백내장, 수명단축, 재생불량성 빈혈, 유전적 장애 등  
 악성 종양: 갑상선암, 유방암, 폐암, 골수암, 기타 조직의 암 등

새로운 직장을 선택하는 경우 고려하는 주요 요인과 방사능 피폭이 신체에 미치

는 영향에 관한 설명을 한 다음에는 9개의 선택집합을 제시하고, 각 선택집합별로 직장 A유형과 B유형 가운데 선호하는 직장을 표시하거나, 현 직장에 만족할 경우 C를 선택할 수 있도록 하였다(<표 1>).

C-5. 귀하는 위에서 설명한 조건들을 고려하여 이직을 한다면 어떤 직장을 선택 하시겠습니까?(C-5\_1 ~ C-5\_9까지)

각 질문에 해당사항이 없거나 현재 직업에 만족하신다면 “선택하지 않음 (C)(3)”으로 입력해주시기 바랍니다.

C-5\_1. 직업 A와 직업 B 중 이직한다면 어떤 직장을 선택하시겠습니까?

※ 현재 직장에 만족할 경우 선택하지 않음(C)을 선택할 수 있음

<표 1> 방사능 노출 가능성에 대한 직장 선택 집합 예시

C-5_1	위험에 대한 보상수준	방사능 노출도	직업 안전성	회사의 입지	근무 강도
A	5백만 원	중	중	비수도권	상
B	1천만 원	하	하	수도권	상
C	선택하지 않음				

선택 집합은 총 9개로 각 집합별로 3개씩의 대안들이 있으므로 총 27개의 프로파일(profile)들이 되고, 응답자가 총 80명이므로 총 2,160개의 관측치가 생성되었다. 선택집합을 도출하기 위해 직교계획법(orthogonal design)을 사용하였다. 기본적으로 생성 가능한 총 프로파일은  $34 \times 2 \times 34 \times 2 = 26,244$ 개가 도출되지만, 이렇게 많은 프로파일에 대해 응답자가 대답하는 것은 불가능하다. 따라서 직교성을 만족하는 최소한의 프로파일의 수는  $(3 \times 4 \times 2) + (2 \times 1 \times 1) = 26$ 개이고, 선택하지 않는 경우(opt-out)를 포함하고 있기 때문에 이는 1개의 특정대안상수(ASC: Alternative Specific Constant)를 필요로 하므로 최소한의 프로파일은 총 27개가 된다(Holms and Adamowicz, 2003). 따라서 27개의 프로파일을 SPSS를 활용하여 생성하였고,

7) 최소한의 직교성을 보장하는 조합은 수준(L)\*속성(N)\*(L-1)으로 정의된다. 본 연구에서는 4개의 속성들은 3개의 수준을 갖고, 1개의 속성은 2개의 수준을 갖기 때문에 위와 같이 조합의 개수가 계산된다. 보다 자세한 내용은 Holms and Adamowicz(2003)을 참조하기 바란다.

대안이 3개가 있으므로 9개의 선택집합으로 구성하였다. 통상 선택실험법에 사용되는 선택집합의 개수는 8~16개 사이에 있어야 하는데 이는 응답자가 지나치게 많은 선택집합을 접하면 심리적 압박감이나 피로감으로 합리적인 판단력이 감소하는 현상을 방지하기 위한 장치이다. 따라서 9개의 선택집합은 적절한 것으로 판단된다.

#### IV. 분석 결과

80명의 응답자들은 9개의 선택집합에 대해 직장 A, B 가운데 하나를 선택하거나, C를 선택하여 모두 선택하지 않을 수 있고, 설문 조사 결과 현재의 직장에 만족하여 C를 선택할 확률은 13.33%로 나타났다. 따라서 이직할 확률은 86.67%라고 할 수 있다. 본 연구에서는 응답자의 나이, 소득, 교육 수준과 같은 개인 특성을 수집하지 않았다. 이는 응답자들이 대부분 원자력 관련 기밀 사항들을 취급하고 있어 극도로 개인정보 수집에 민감하였기 때문이다.<sup>8)</sup>

응답자의 선택집합에 대한 선택 결과를 이용하여 방사능 노출과 관련한 직업 선택 확률에 어떤 속성들이 더 많은 영향을 미치는지를 다음과 같이 패널로짓모형을 이용하여 추정하였다.

##### 1. 패널로짓고정효과모형

우선 모형의 적합도를 나타내는 유사 결정계수(pseudo- $R^2$ )는 0.1242로 계산되었고, 우도비 검정 결과 통계적으로 유의한 것으로 나타나, 속성계수를 포함한 모형이 속성을 포함하지 않은 모형보다 개선되었다고 할 수 있다.<sup>9)</sup> 이직에 영향을 미치는 각 속성별로 계수를 추정한 결과 모든 속성들의 추정계수들이 기대 부호와 일치하는 것으로 나타났다(<표 2>). 우선 방사능 위험에 대한 보상수당이 증가할수록 직장 선택확률이 상승하므로 보상에 관한 속성의 추정계수는 (+)이고, 둘째 방사능 피폭 가능성이 감소할수록<sup>10)</sup> 직장선택 가능성이 높아지므로 방사능 피폭 가능성에 대한

8) 응답자의 개별 특성이 설문조사에 포함되었다면 보다 다양한 요인들에 대해 속성들이 어떻게 반응하는지 알 수 있을 것이며 이는 본 연구의 한계로 지적하는 바이다.

9) 유사 결정계수의 계산공식은  $[1 - \ln L / \ln L_0]$ 이고,  $\ln L = -763.13$ ,  $\ln L_0 = -871.35$ 이다.

속성의 추정계수는 (+)가 된다. 셋째 고려중인 직장의 고용 보장성이 감소할수록<sup>11)</sup> 직장 선택 가능성은 감소하므로 이에 관한 속성의 추정계수는 (-)가 되며, 넷째 근무 강도가 낮아질수록<sup>12)</sup> 직장 선택 가능성이 증가하므로 이에 관한 속성의 추정계수는 (+)가 된다. 한편 직장의 입지 속성의 경우 추정계수가 (+)로서, 수도권에 위치한 기업<sup>13)</sup>의 경우 선택 확률이 높은 것으로 나타나지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 이러한 결과는 원자력 관련 직장이 대전, 영광, 고리 등을 비롯한 비수도권 지역에 많이 분포하고 있는 것이 원인일 수 있다.

한편 방사능 노출도, 직업 안전도, 근무강도는 서수형 변수(ordinal variable)로 고려되었고, 직장의 위치는 원래 더미변수로 고려되어야 하지만 상수항과 구분을 위해 유효코딩(effect codes)방식을 채택하였다(Holms and Adamowicz, 2003). 이때 기준이 되는 범주(비수도권)는 나머지 범주(수도권)에 대한 추정값에 (-1)을 곱하여 합한 것이 되어 상수항과 무관하게 되도록 추정된다(Beck and Gyrd-Hansen, 2005).

이에 따라 직장 선택 확률에 미치는 속성들의 추정계수 혹은 가중치<sup>14)</sup>의 절댓값을 기준으로 살펴보면, 방사능 노출에 대한 추정계수가 2.2751로 가장 높은 가중치를 가졌고, 다음으로는 고용보장성이 1.4459로 나타났고, 근무 강도가 1.14로 그 다음으로 나타났다. 방사능 피폭가능성에 대한 보상액은 가중치가 0.2927로 나타났고, 직장 위치는 0.0113로 나타나 가장 낮은 가중치를 보였다. 즉, 비록 고려 중인 직장의 고용보장이 매우 잘 되어 있더라도, 방사능 피폭 가능성이 높다면 고용보장성보다는 방사능 피폭 가능성을 이직 시 더 많이 고려한다는 것이다. 또한 근무 강도가 높은 직장보다는 방사능 피폭 가능성이 높은 직장을 회피할 가능성이 더 높음을 알 수 있다.

다음으로 각 속성별 보상요구액 혹은 지불용의액 추정결과를 살펴보면, 우선 방사능 노출 위험 감소에 대한 지불용의액은 777만 원으로 추정되었고, 고용안전성이

10) 피폭 가능성이 상, 중, 하로 구분되고 각각 1, 2, 3으로 코딩되었음을 유의할 것.

11) 고용 보장성도 상, 중, 하로 구분되었고, 1, 2, 3으로 코딩되었음을 유의할 것.

12) 근무 강도도 상, 중, 하로 구분되었고, 1, 2, 3으로 코딩되었음.

13) 수도권에 위치하면 유효코딩 1, 비수도권은 -1로 코딩되었음.

14) 각 속성별 추정계수는 선택 확률에 각 속성이 얼마나 영향을 미치는 지에 관한 선호 가중치(preference weight)라고 해석할 수 있다.



감소하는 것에 대한 보상요구액은 494만 원, 근무 강도가 감소하는 것에 대한 지불용의액은 389만 원으로 나타났다.<sup>15)</sup> 직장이 수도권에 위치하는지의 여부는 통계적으로 유의하지 않아서 지불용의액 추정에서 제외하였다.

참고로 로그우도비 검증결과 통계적으로 유의하다는 것은 속성들을 포함한 모형이 속성을 포함하지 않은 모형과 비교할 때 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 의미한다. 이는 패널로짓 확률효과모형이나 패널 프로빗 모형에서도 동일하게 검증되었다.

<표 2> 패널로짓고정효과 모형 추정 결과

변수	추정계수	표준오차	z값	P> z	보상요구액/지불용의액 (백만 원)
보상액	0.2927	0.0285	10.2700	0.0000	-
방사능노출도	2.2751	0.1902	11.9600	0.0000	-7.7730
고용보장성	-1.4459	0.1549	-9.3400	0.0000	4.9401
근무강도	1.1378	0.1942	5.8600	0.0000	-3.8875
직장위치(수도권)	0.0113	0.1210	0.0900	0.9260	-
직장위치(비수도권)	-0.0113 <sup>16)</sup>				-
로그우도값	-763.1307				
우도비 검증	390.6400				

## 2. 패널로짓확률효과모형

패널로짓확률모형에서 유사결정계수는 0.1723<sup>17)</sup>로 고정효과모형보다는 다소 높은 것으로 나타났고, 우도비 검정결과 추정계수를 포함한 모형이 그렇지 않은 모형

15) 방사능 피폭 가능성, 고용보장성, 근무강도 속성이 (상)→(중) 혹은 (중)→(하)로 변환에 따른 지불용의액 혹은 보상요구액이 된다. 비록 상, 중, 하로 표기되었지만 각각의 수준은 수치(방사능 피폭량, 고용보장기간, 근무시간)를 포함하고 있어 기수형(cardinal) 자료로 볼 수 있다. 이 세 가지 속성을 범주형 변수로 간주하고 유효코딩기법을 적용하면 각 속성별로 기준값(base level)은 다른 두 수준에 의해 결정( $b_0 = b_1 - b_2$ )되기 때문에, 부호가 반대로 나타나는 경우가 있다. 따라서 본 연구에서는 이들 속성들을 범주형 자료가 아닌 기수형 자료로 간주하였다.

16) 직장 위치의 경우 수도권은 유효코딩 1, 비수도권은 -1로 입력되었기 때문에 비수도권에 대한 추정계수를 계산하기 위해서는 수도권에 대한 추정계수에 -1을 곱해주면 된다.

17) 로그 우도값은  $\ln L_0 = -983.3465$ ,  $\ln L = -813.9243$ 이다.

보다 개선되었음을 알 수 있다. 또한 확률효과모형에서 추정한 결과도 패널로짓고정효과모형 추정결과와 거의 유사하다는 것을 알 수 있고, 이는 모형에 상관없이 추정결과가 일관되어 있다는 점에서 ‘강건(robustness)’하다고 판단할 수 있다. 직장 위치를 제외한 모든 속성들이 통계적으로 유의하고, 고정효과모형과 동일한 부호를 가진다. 고정효과모형과 같이 수도권 근무를 선호하고 있으나 선호도가 강하지는 않다. 또한 각 속성별 수준이 직장 선택 확률에 미치는 가중치도 패널로짓 고정효과모형과 동일한 순서로 나타났다.

패널로짓 확률효과모형의 지불용의액/보상요구액 추정결과를 고정효과모형과 비교하면 다음과 같다. 우선 고용 보장 감소에 대한 보상요구액은 514만 원으로 나타나 고정효과모형보다 다소 높게 추정되었다. 또한 근무강도 감소에 따른 지불용의액은 369만 원으로 나타나 고정효과모형 결과보다 약간 낮은 것으로 나타났다. 또한 방사능 노출 위험감소에 대한 지불용의액은 776만 원으로 고정효과모형보다 약간 낮은 것으로 나타났다.

여기서 패널로짓 확률효과모형이 패널로짓 고정효과모형과 다른 점은 상수항에 대한 추정이 가능하다는 것인데, 이는 특정대안상수(alternative specific constant)라고 고도 하며, 본 연구에서 선택집합을 구성할 때 현 직장에 만족하거나, 선택대안 가운데 선호하는 대안이 없어서 ‘선택하지 않음’을 선택할 수 있도록 하였는데, 이에 대한 추정결과로 해석할 수 있다. 즉, 상수항에 대해 음의 값을 가지는 경우에, 이는 응답자가 현 직장보다는 대안 직장 A 또는 B를 선호한다는 것으로 해석된다. 즉, <표 3>에서 상수항에 대한 추정값이 -6.7055로 나타나고, 통계적으로 95% 이내에서 유의한 것으로 보았을 때 평균적으로 응답자는 현 직장의 근로조건보다는 대안 직장의 근로조건을 더 선호하기 때문에 현 직장보다는 대안 직장을 더 선호한다고 해석할 수 있다.

한편 로그 우도값을 패널로짓고정효과모형과 절댓값 기준으로 비교했을 때 더 높게 나타나 모형이 더 개선되었다고 볼 수 있다. 또한 rho 값은 확률효과를 나타내는 잔차항의 분산비율(fraction of variance)로서 귀무가설은 확률효과가 존재하지 않는다는 것으로 z 검정 통계량이 통계적으로 유의하므로 귀무가설을 기각할 수 있다. 즉, 확률효과가 존재함을 알 수 있다.<sup>18)</sup>

<표 3> 패널로짓확률효과 모형 추정 결과

변수	계수	표준오차	z값	P> z	보상요구액/지불용의액(백만 원)
보상액	0.2821	0.0283	9.9500	0.0000	
방사능노출도	2.1885	0.1890	11.5800	0.0000	-7.7586
고용보장성	-1.4484	0.1535	-9.4400	0.0000	5.1349
근무강도	1.0410	0.1921	5.4200	0.0000	-3.6903
직장위치(수도권)	0.0461	0.1197	0.3900	0.7000	
직장위치(비수도권)	-0.0461				
상수항	-6.7055	1.2172	-5.5100	0.0000	
Log likelihood		=	-813.9243		
Wald chi2(8)		=	265.8600		
rho	0.6217	0.1182			
LR for rho=0	chi2bar(1)	235.0100	Pr>chi2bar	0.0000	

일반적으로 패널 데이터의 경우 고정효과모형과 확률효과모형간에 더 우수한 모형을 판정하기 위해 하우스만 테스트를 시행하며, 이를 적용해 본 결과 패널로짓 고정효과 모형이 더 우수한 것으로 판정되었다. 즉, 하우스만 검정의 귀무가설은 설명변수와 오차항 간에 상관관계가 없다는 것이고, 테스트 검정량이 12.95로 나타났고, 귀무가설을 유의수준 2.39%에서 기각하였다. 따라서 설명변수와 오차항 간의 내생성이 존재하기 때문에 패널로짓 확률효과모형보다는 고정효과모형을 사용해야 한다. 패널로짓 고정효과모형이 더 우수하지만, 고정효과모형의 단점은 특정대안상수항에 대한 추정을 할 수 없다는 데에 있다. 따라서 다음 절에서 패널프로빗모형을 이용하여 특정대안상수항에 대한 추정을 함으로써 확률효과모형의 특정대안상수와 비교하기로 한다.

18) 이는 다음에 설명할 패널프로빗모형에서도 마찬가지로 해석될 수 있다.

&lt;표 4&gt; 하우스만 테스트 결과

Model	패널로짓고정효과 모형의 추정계수	패널로짓확률효과 모형의 추정계수	추정계수의 차이	표준오차
보상액	0.2927	0.2821	0.0106	0.0031
방사능 노출도	2.2751	2.1885	0.0866	0.0213
고용보장성	-1.4459	-1.4484	0.0025	0.0209
근무강도	1.1378	1.0410	0.0969	0.0290
직장위치	0.0113	0.0461	-0.0349	0.0176

### 3. 패널프로빗모형

패널프로빗모형에 의해 속성별 계수를 추정한 결과 패널로짓 고정효과나 확률효과모형과 통계적 유의도나 속성별 부호가 비슷하게 추정되어 모형의 강건성을 재확인할 수 있었다.<sup>19)</sup> 또한 각 속성별 수준이 직장선택 확률에 미치는 가중치도 동일한 순서로 나타났다.

다만 보상요구액이나 지불용의액의 경우 속성별로 차이가 있으며, 우선 방사능 노출에 따른 지불용의액은 774만 원으로 세 모형 가운데 가장 낮게 나타나고, 고용보장성 감소에 대한 보상요구액은 518만 원으로 세 모형 가운데 가장 높게 추정되었으며, 근무강도 감소에 따른 지불용의액은 352만 원으로 고정효과모형이나 확률효과모형보다 낮게 추정되었다. 한편 직장 위치는 역시 통계적으로 유의하지 않아서, 원자력 관련 산업 종사자의 경우 수도권이나 비수도권이나 선택확률이 별로 차이가 없음을 알 수 있었다.

한편 패널프로빗모형에서도 상수항에 대한 추정이 가능한데, 패널로짓 확률효과모형의 결과에 비해 상수항의 절댓값이 낮음을 알 수 있다. 즉, 이직을 하지 않고 현 직장에 잔류하는 것에 대한 효용이 감소하는 정도가 확률효과모형보다 낮다는 것이다. 이와 같이 패널로짓 확률효과 모형과 패널프로빗모형에서 추정된 상수항이 음의 값을 갖는다는 것은 선택 실험 설문 이전에 조사한 인식조사에서 응답자들 가운데 절반 가까이가 현재 직장의 방사능으로부터의 안전도에 이상이 없다고 대답했음에도 불구하고, 실제 선택 실험 설문에서는 현재 직장보다 대안 직장을 선호하는 것으로 나타났음을 보여주는 것이다.

19) 패널프로빗모형의 유사결정계수는 0.126으로 패널로짓 고정효과모형과 거의 같은 것으로 나타났다.

<표 5> 패널프로빗모형 추정결과

변수	계수	표준오차	z값	P> z	보상요구액/지불용의액(백만 원)
보상액	0.1670	0.0159	10.4800	0.0000	
방사능 노출도	1.2919	0.1063	12.1600	0.0000	-7.7352
고용보장성	-0.8650	0.0880	-9.8300	0.0000	5.1793
근무강도	0.5875	0.1074	5.4700	0.0000	-3.5178
직장위치(수도권)	0.0362	0.0711	0.5100	0.6110	
직장위치(비수도권)	-0.0362				
상수항	-3.8901	0.6929	-5.6100	0.0000	
Log likelihood		=	-814.3213		
Wald chi2(8)		=	305.5000		
rho	0.6493	0.1134			
LR for rho=0	chi2bar(1)	234.8400	Pr>chi2bar	0.0000	

지금까지 세 가지 모형을 통해 방사능 피해 가능성에 대한 속성별 가치를 추정하였는데, 하우스만 테스트에 의하면 패널로짓 고정효과모형이 확률효과모형보다 우수한 것으로 평가되었다. 패널프로빗과 두 모형을 비교하기 위해서는 모형의 내생성을 검정하는 하우스만 테스트를 사용할 수 없고, 통상 AIC(Akaike Information Criterion) 혹은 BIC(Bayesian Information Criterion) 방법을 이용하여 모형 적합도를 비교할 수 있다. 비교 결과 패널로짓 고정효과모형의 적합도가 가장 우수하고, 패널 확률효과모형과 패널프로빗모형 순으로 나타났다.<sup>20)</sup> 그러나 모형 적합도가 가장 우수하다고 해서 반드시 다른 모형보다 우수하다고 판정할 수는 없다(Greene, 2008).

<표 6> AIC와 BIC 비교 결과

모형	관측수	로그우도값(null)	로그우도값(model)	자유도	AIC	BIC
패널로짓고정효과	1440	-958.4505	-763.1307	5	1536.2610	1562.6230
패널로짓확률효과	1440	.	-813.9242	7	1641.8480	1678.7550
패널 프로빗	1440	.	-814.3213	7	1642.6430	1679.5490

20) AIC와 BIC는 값이 낮을수록 모형의 적합도가 더 개선되었음을 의미한다.

## V. 결론

원자력 기술개발에 종사하는 80명의 근로자를 대상으로 사업장 내에서 방사능에 노출될 가능성과 방사능 피폭 위험에 대한 보상을 받고 있는지, 또한 방사능 피폭 위험에 대해 보상이 필요한지 여부를 묻는 인식 조사와 이직을 한다면 방사능 노출도, 방사능 노출 위험에 대한 보상액, 고용보장성, 근무 강도, 직장위치 등과 같은 속성을 고려하여 선호하는 직장을 선택하는 선택실험 설문을 실시하였다. 그 결과 대부분의 근로자가 방사능에 노출될 가능성은 별로 없다고 보고 있고, 실제로 방사능 피폭 위험에 대한 보상도 거의 받고 있지 않지만, 응답자의 절반 이상인 53%가 앞으로 방사능 피폭 가능성에 대한 보상이 이루어져야 한다고 인식하고 있었다. 또한 원자력과 관련한 다른 직장으로 이직을 고려하는 경우 가장 중요한 영향을 미치는 속성은 방사능 노출도로 나타났고, 그 다음이 고용 보장성과 근무 강도 순으로 나타났다.

한편 방사능 노출 감소에 대한 연간 지불용의액은 모형에 따라 다소 차이가 있으며 773~777만 원으로 나타나고, 고용보장성 감소에 대한 보상요구액은 연간 494~518만 원으로 나타나고, 근무 강도 감소에 대한 연간 지불용의액은 352~389만 원으로 나타났다. 직장의 위치에 대해서는 수도권을 선호하고 있기는 하지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 또한 상수항의 경우 패널로짓 확률효과모형과 패널프로빗모형에서 모두 음의 값을 갖는 것으로 나타나, 현재 직장보다는 이직을 더 선호하는 것으로 판단할 수 있다. 이는 응답자들이 현재 근무 중인 직장의 방사능 노출 위험 가능성은 높지 않다고 판단하면서 실제 설문조사에서는 이직을 선호하는 것으로 나타나 일반 설문보다 선택 실험법을 활용할 경우 방사능 오염 가능성이 있는 직장에 대한 선호를 보다 정확하게 파악할 수 있음을 보여준다고 하겠다.

본 연구 결과와 비교할 만한 선행연구는 아직 존재하지 않고 있다. 그것은 기존의 선행 연구가 주로 원자력 발전소 건설에 따른 대국민 인식 조사나 지역 주민들에게 미치는 피해 규모, 혹은 원전 관련 기술 도입에 대한 보상 요구액을 추정하는 연구들이 주류를 이루고 있기 때문이다. 비교적 최근 연구인 원두환(2009)의 연구에 의하면, 1.5 양분경계형 조건부가치추정법을 이용하여 원자력 발전소에서 배출되는

온배수를 난방용으로 이용하는 사업에 대한 소비자의 보상요구액이 일시불 기준으로 208~218만 원인 것으로 추정되었다.

한편 지금까지 방사능 오염과 관련된 연구는 주로 행정학이나 도시계획 분야에서 다루어져 왔고, 원전 건설에 대한 주민 수용성 문제 중심으로 연구가 이루어져 왔다. 그러나 지난 후쿠시마 원전 사고를 계기로 원자력 산업 종사자들의 근무 환경에 대한 불안감이 커지고 있고, 이에 따라 적절한 산업재해 보상 정책이 필요한 시점이다. 즉, 방사능 피폭에 의한 산업재해가 발생하는 경우 입증 책임이 피해 근로자에게 있다는 점에서 민간 부문에만 보상 문제를 맡기기 어려운 상황이라는 것이다.

본 연구는 원자력 기술개발 인력에 한정하여 방사능 피폭량에 따른 보상요구액이 어느 정도 될 것인지를 추정해보았다는 점에서 비록 제한적이지만, 향후 원자력 산업 분야에 종사하는 근로자의 방사능 피폭 가능성에 대한 인식과 보상 정책 등 보다 포괄적인 연구의 시발점을 제공하였다고 본다. 다만 본 연구의 설문 설계에서 방사능 피폭 가능성에 대한 보상요구액을 설정하기 위해 보다 정교한 방식으로 범위를 설정하지 못했다는 점은 본 연구의 한계로 지적하는 바이다. 앞으로 보다 정확한 방사능 피폭 가능성에 대한 보상요구액 추정을 위해서는 설문 설계 단계에서부터 보다 세밀한 보상 범위에 대한 선행 조사가 필요할 것이다.

#### [참고문헌]

1. 김서용, 김근식, “위험과 편익을 넘어서”, 『한국행정학보』, 제41권 제3호, 2007, pp. 373~398.
2. 김학수, 박성철, “방사선조사 식품의 국민이해 연구”, 『한국식생활문화학회지』, 제6권 제1호, 2001, pp. 1~12.
3. 민인식, 최필선, 『고급 패널데이터 분석』, 지필미디어, 2012.
4. 송영남, “일자리 선택요인의 가치에 관한 연구”, 『한국경제학회』, 경제학 공동학술대회, 2007.
5. 오미영, 최진명, 김학수, “위험을 수반한 과학기술의 낙인효과”, 『한국언론학보』 제52

- 권 제1호, 2008, pp. 467~500.
6. 원두환, “원자력발전 온배수 이용에 대한 소비자 보상액 추정”, 「경제연구」, 제27권 제1호, 2009, pp. 189~209.
  7. 원두환, “원자력 시설 수용 선호의 이질성에 관한 연구”, 「자원환경경제연구」, 제19권 제4호, 2010, pp. 853~874.
  8. 이광수, 허철행, “원자력정책에 대한 지역사회 수용가능성”, 「지방과 행정연구」, 제7권 제1호, 1995, pp. 89~123.
  9. 정재현, 배정환, 엄미정, 김정호, “원자력 기술개발 및 실용화 상용화 고용영향평가”, 한국고용정보원, 2013.
  10. 조성경, 오세기, “원자력시설 및 정책의 수용성에 영향을 미치는 인식인자 도출에 관한 이론적 고찰”, 「한국에너지공학회지」, 제11권 제4호, 2002, pp. 332~341.
  11. 주무현, 강민정, 박세정, “대학생 직업선호 실태조사”, 한국고용정보원, 2008.
  12. 채경석, “원자력시설 입지 수용성과 중앙정부의 대응”, 「정치정보연구」, 제6권 제2호, 2003, pp. 189~215.
  13. 최미옥, “핵폐기물처분장입지정책 수용방안과 주민저항요인에 관한 실증적 분석: 위험인지, 정부불신, 반핵주의를 중심으로”, 「한국정책학회보」, 제8권 제1호, 1999, pp. 47~66.
  14. Beck, M. and D. Gyrd-Hansen, “Effects Coding in Discrete Choice Experiments,” *Health Economics*, Vol. 14, 2005, pp. 1079~1083.
  15. Folland, S. T. and R. R. Hough, “Nuclear Power Plants and the Value of Agricultural Land,” *Land Economics*, Vol. 67, No. 1, 1991, pp. 30~36.
  16. Gamble, H. B. and R. H. Downing, “Effects of Nuclear Power Plants on Residential Property Values,” *Journal of Regional Science*, Vol. 22, No. 4, 1982, pp. 457~478.
  17. Gawande, Kishore, Jenkins-Smith, Hank, “Nuclear waste transport and residential property values: estimating the effects of perceived risks,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 42, 2001, pp. 207~233.
  18. Greene, W., *Econometric Analysis*, Pearson, 2008.
  19. Holm, J. A., A. W. Thrower, D. A. Widmayer, and W. E. Portner, “Property Valuation and Radioactive materials Transportation: A Conference Tucson,” *AZ*, 2003, pp. 23~27.
  20. Holms and Adamowicz, “Attribute-based methods,” in Champ, P. A., K. J. Boyle, and T. C. Brown, *A Primer on non market valuation*, Kluwer Academic



- Publishers, Netherlands, 2003, pp. 196~197.
21. Huenteler, Joern, Schmidt, S. Tobias, and N. Kanie, “Japan’s post-Fukushima challenge-implications from the German experience on renewable energy policy,” *Energy Policy*, Vol. 45, 2012, pp. 6~11.
  22. International Energy Agency (IEA), “Energy Technology Perspectives 2012”, 2012.
  23. Lee, C. and O., Ryou, “A Comparative Analysis on the Job Seekers’ Preference,” *Asia Pacific Journal of Small Business*, Vol. 33, No. 4, 2011, pp. 5~18.
  24. Marschak, J., “Binary choice constraints on random utility indications,” in K. Arrow, ed., *Stanford Symposium on Mathematical Methods in the Social Sciences*, Stanford University Press, Stanford, CA, 1960, pp. 312~329.
  25. McFadden, D., Econometric models of probabilistic choice, in: Manski, C., McFadden, D. (Eds.), *Structural analysis of discrete data with econometric applications*, Cambridge, MA: MIT Press, 1981.
  26. Nelson, J. P., “Three Mile Island and Residential Property Values: Empirical Analysis and Policy Implication,” *Land Economics*, Vol. 57, No. 3, 1981, pp. 363~372.
  27. Pindyck, R. S. and D. L. Rubinfeld, “Microeconomics,” 8th eds., Pearson Education Inc., 2013.
  28. Thomas and Steve, “What will the Fukushima disaster change?,” *Energy Policy* Vol. 45, 2012, pp. 12~17.
  29. Train, K. E., *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, Cambridge, 2009.