

원전산업에서의 선발자 이득 모형과 실증분석*

김남일** · 이대연*** · 문선웅****

요 약

2009년 12월 한국전력 컨소시엄이 UAE 원전 수주에 성공함으로써 한국은 세계에서 여섯 번째 원전 수출국이 되었으며, 이란 부셰르 원전 이후 중동 최초의 원전건설이라는 점에서 한국은 중동 원전 시장에서 선발자의 위치를 점하게 되었다. 본 연구는 선발자 이득과 수요의 불확실성 및 비용 격차간의 관계를 이론적으로 고찰하였으며, 지난 60여 년간의 세계 원전건설시장자료를 바탕으로 선발자 이득의 효과를 실증분석하였다. 연구결과, 세계 원전건설시장에서 선발자 이득이 상당히 크게 작용하고 있음을 보여주고 있는 바, 향후 중동에서 우리나라 업체가 선발자 이득을 활용한 추가 수주 노력이 필요함을 시사한다.

주요 단어 : 원전산업, 선발자 이득, 중동 원전, 수요불확실성, 비용격차
경제학문헌목록 주제분류 : Q4, C5

* 본 논문은 에너지경제연구원 연구보고서 「에너지기술 수출산업화 전략연구-원자력산업의 중동·북아프리카 지역 선점 전략연구(2012)」의 일부 내용을 발췌하여 수정·보완한 논문입니다.

** 에너지경제연구원 선임연구위원(주저자). nykim@keei.re.kr

*** 에너지경제연구원 전문연구원. dylee@keei.re.kr

**** 명지대학교 국제통상학과 부교수(교신저자). smoon@mju.ac.kr

I. 서 론

2000년대 후반, 원자력 산업은 ‘원자력 르네상스’라 불리는 원전 수요의 급증기를 누렸으나, 1979년 미국 쓰리마일 원전 사고와 1986년 구소련의 체르노빌 원전 사고 이후 원전 산업은 긴 침체기를 겪었다. 이후 2000년대 후반, 신흥국들의 경제발전에 따른 전력 수요 증가와 기후변화협약에 따른 이산화탄소 배출규제로 인해 세계 각국에서 원전 신규 건설에 대한 붐이 일어나면서 원자력 산업은 다시 중흥기를 맞게 되었다. 그러나 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전 사고는 세계 각국의 원전 정책에 부정적인 영향을 끼친 바, 독일을 비롯한 이탈리아, 스위스 등은 원전을 점진적으로 폐기해나가기로 하였고 미국과 중국, 인도 등은 원전 건설 정책을 유지하는 대신 안전성 확보를 위한 승인 절차를 대폭 강화하고 있다. 이처럼 후쿠시마 원전 사고는 전 세계 원전 시장에 수요 불확실성의 증가요인으로 작용하고 있다.

한편, 2009년 12월 한국 컨소시엄이 UAE 원전 수주에 성공함에 따라 한국은 중동 지역 최초의 원전 사업자가 되었다.¹⁾ 이에 따라 한국은 중동 지역의 원전 시장에 대해 선발자의 지위를 가지게 되었으며 이를 활용한 추가 원전 수주 전략을 개발할 필요가 있다. 특히 한국은 상대적으로 저렴한 건설원가를 주된 경쟁우위로 내세우고 있는데, 선발자 이득과 이러한 경쟁력을 결합한 전략 개발은 더욱 효과적일 것이다.

본 연구에서는 수요 불확실성과 비용 격차를 고려하여 선발자 이득의 극대

1) 중동 지역 최초의 원전은 이란 부셰르 원전으로 1974년에 독일 Siemens에 의해 착공되었다가 정치적인 문제로 1979년 중단되었고 약 30년 후인 2011년에야 러시아 Rosatom에 의해 완공되었다. 지난 30여 년간 정상적인 절차에 의해 발주되어 착공에 들어간 원전은 UAE 원전이 유일하므로 본 연구에서는 UAE 원전을 실질적인 중동 최초의 원전으로 보고 연구를 진행하였다.

화를 위한 이론적 해를 찾아보고, 지난 50여 년간의 원전 건설 자료를 활용하여 원전 산업에서의 선발자 이득에 대해 실증 분석해 보고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제Ⅱ장에서는 세계 원전 시장의 현황을 살펴보고 제Ⅲ장에서는 수요 불확실성과 비용 격차를 고려한 선발자 이득의 극대화를 위한 이론적 해를 찾아볼 것이다. 제Ⅳ장에서는 지난 50여 년간의 원전 건설 자료를 바탕으로 선발자 이득에 대해 실증 분석하며 제Ⅴ장은 결론이다.

Ⅱ. 세계 원전 시장 현황

1. 원전 르네상스와 후쿠시마 사고

1979년 쓰리마일 원전 사고와 1986년 체르노빌 원전 사고 이후 원전 시장은 긴 침체기를 맞았다. 사람들은 원전의 위험성을 인식하였고 정부의 규제도 강화되었다. 미국에서는 1974년 이후 단 한 건의 원전도 발주되지 않았고 전 세계적으로 원전 건설은 긴 침체기를 맞게 되었다.

그러나 2000년대 후반에 들어서면서 원자력은 다시 주목받기 시작했다. 국제적으로 온실가스 배출 규제가 강화됨에 따라 이산화탄소의 배출량이 거의 없는 원자력은 매력적인 에너지원으로 부상하였다. 또한, 매장량이 점차 감소하고 있는 석유나 석탄과 비교하면 우라늄은 그 매장량이 비교적 풍부하고 전 세계적으로 산재하여 있다. 전력 수요가 급증하고 있는 여러 국가에 원자력은 전기를 안정적으로 싸게, 대량으로 공급해 줄 수 있는 에너지원이었다. 세계 각국은 원자력 발전소 건설 계획을 발표하기 시작했다. 세계원자력협회(WNA)에 따르면, 2013년 1월 현재 건설 중인 원전은 65개, 건설 계획이 확정된 원전은 167개이며, 도입을 추진 중인 원전은 329개에 달한다. 이처럼 많은 원전이 건설될 계획이기 때문에 국제사회에선 ‘원자력 르네상스’라 부르며 원

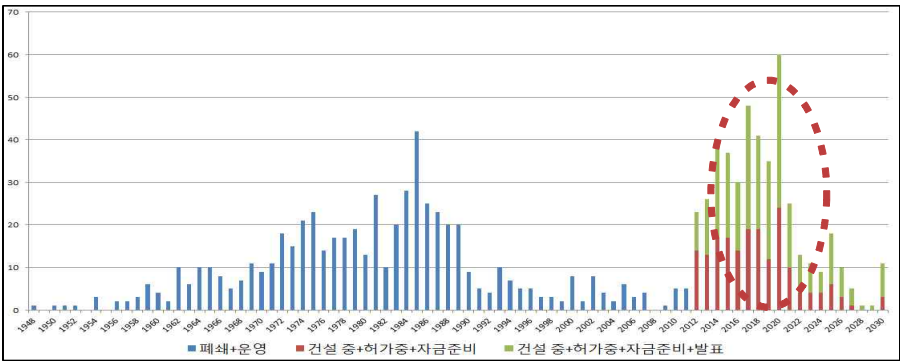
전시장이 다시 확대될 것으로 기대하고 있었다.

〈표 1〉 원전 건설 현황 및 계획(∼2030년), 2013.1.1.기준

운영 중		건설 중		계획 확정		도입 추진	
기	용량(GW)	기	용량(GW)	기	용량(GW)	기	용량(GW)
435	374.1	65	65.1	167	184.4	317	359.6

자료 : WNA, World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements

〈그림 1〉 원자력 르네상스(원자로 건설 기수)



자료: PowereTrack, 2012.9.12., 착공일자 기준

그러나 ‘원자력 르네상스’를 맞이한 원자력산업은 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전사고가 발생하면서 새로운 국면에 처하게 된다. 지진 발생이 잦은 일본은 그동안 지진의 충격에도 원전이 안전할 것이라고 강조해 왔지만 2011년 3월 동일본 대지진이 발생하면서 후쿠시마 지역에 원전사고가 발생하였다. 이번 사고는 체르노빌 사고 이후 처음으로 국제 원자력 사고등급(INES) 중 가장 심각한 7등급으로 기록되었다. 비교적 안전하게 원전을 관리한다고 여겨지던 일본에서 발생한 최악의 원전사고는 세계 각국에 원전의 위험성을 일깨우며 원전 관련 정책을 재검토하는 계기가 되었고 ‘원자력 르네상스’는 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 세계 각국은 자국의 원자력 정책에 대한 여론과 에

너지믹스, 경제상황 등에 따라 기존의 원전정책을 유지, 재검토, 포기 및 축소하는 모습을 보이고 있다. 원전 폐지의 대표적인 국가는 독일이다. 독일은 기존의 원전을 수명 연장하여 사용하려는 정책을 추진하다가 후쿠시마 사고 이후 원전 폐지 정책으로 극적인 정책 변화가 이루어졌다. 독일을 비롯한 유럽 국가에서 원전 폐지 정책을 주로 채택하고 있다. 반면 주된 원전 수요국인 미국, 중국, 인도 등은 안전성을 강화하며 원전 건설 정책을 지속적으로 유지하고자 하고 있다. 후쿠시마 원전 사고의 영향은 국가 정책의 표명처럼 가시적으로 확인되기도 하나, 국민 정서에 영향을 미쳐 원전 반대 운동이 일어나게 하는 등 그 영향이 잠재되어 있다고 할 수 있다. 이러한 흐름을 볼 때 후쿠시마 원전사고는 원전 산업에 상당한 수요의 불확실성을 가져왔다고 볼 수 있다.

〈표 2〉 후쿠시마 사고 이후 각국 원전 정책 변화

원전 폐지	원전 건설 및 확대	원전계획 중단 및 보류
독일, 이탈리아, 스위스, 벨기에 등	한국, 미국, 중국, 러시아, 인도, 영국, 폴란드, UAE 등	요르단 등

2. 세계 원전 업체별 장단점 분석

세계 원전 시장의 가장 큰 특징은 업체별로 합종연횡의 추세가 두드러지게 나타나고 있다는 것이다. 이는 쓰리마일 사고와 체르노빌 사고로 인한 원전 시장 침체에 많은 원전 업체들이 인수되거나 합병되었기 때문이다. 또한, 원자력 르네상스라고 불리는 원전 수요의 증대기를 맞아 각 원전 업체는 서로 연합하여 규모를 확대함으로써 규모의 경제를 확보하고자 하고 있다. Areva는 2001년 프랑스의 Framatome와 독일의 Siemens가 합쳐져서 세계 최대 원자력 회사가 되었고, 2007년에는 일본의 Mitsubishi와 합작하여 ATEMEA라는 회사를 설립하기도 하였다. 미국의 Westinghouse는 원전 침체기를 견디지

못하고 2006년 일본의 Toshiba에 인수되었는데, 이로써 Toshiba는 유일하게 PWR과 BWR 양대 노형을 모두 제작할 수 있는 경쟁력 있는 원전 업체로 부상하였다. GE와 Hitachi는 Toshiba의 Westinghouse 인수에 위협을 느끼고 GE-Hitachi 합작법인을 설립함으로써 이에 대응하고자 하였다. 러시아 역시 원전 수출을 확대하고자 원전 관련 민간 기업들을 흡수하여 Rosatom이라는 거대한 원전 국영기업을 설립하였다. 현재 원전 수출경쟁력을 갖춘 외국 업체는 Areva, Westinghouse(Toshiba), Rosatom, GE-Hitachi 등 4개 회사로 판단된다.²⁾

원전 업체들은 저마다의 강점과 약점을 가지고 있다. 프랑스의 Areva는 세계 최대의 원자력 업체로서 우라늄 채광에서, 원전 건설, 후행핵주기에 이르기까지 종합적인 서비스를 제공하며 강한 브랜드 이미지를 가지고 있다는 강점이 있으나 최근 주력모델인 EPR의 건설 중 문제 발생으로 천문학적인 비용 상승과 신뢰의 상실이라는 위기에 처해 있다. 미국의 Westinghouse가 2006년 일본의 Toshiba에 인수됨으로써 설립된 Toshiba(Westinghouse)는 원자로의 양대 노형인 PWR(Westinghouse)와 BWR(Toshiba)을 모두 공급할 수 있는 능력을 갖추었다. Westinghouse의 원전기술들과 Toshiba의 안정적인 자금 및 시공능력이 결합하여 원전시장에 가장 큰 영향력을 미칠 것으로 예상되고 있으나 상대적으로 건설단가가 비싸다는 단점이 있다. 러시아의 Rosatom은 러시아 정부의 적극적인 지원을 받으며 종합적인 서비스를 제공할 수 있다는 강점이 있으나 체르노빌 사고와 관련된 부정적인 이미지와 영향력이 주로 구공산권 국가들에 한정되어 있다는 단점을 가지고 있다. 미국의 GE는 일본의 Hitachi와 2007년 합작회사인 GE-Hitachi를 설립함으로써 BWR 부분의 강자가 되었으나 세계적으로 사고위험성이 높은 BWR 방식이 선호되지 않는다는 한계를 가지고 있다. 이들 외국 원전 업체들과 대비되는 한국(한

2) 캐나다의 AECL 역시 원전 수출 경험이 있고 원전 수출 노형과 기술이 있지만, 지난 10여 년간 원전 수주에 실패하며 2008~2010년에 4억 9,300만 캐나다 달러의 적자를 기록하였다. 적자에 따른 비용부담으로 2011년 6월에는 중수로 상업부문을 2011년 6월 SNC-Lavalin에 매각한 바 있어 본 보고서의 분석대상에서는 제외하였다.

전 컨소시엄)의 가장 큰 강점은 저렴한 건설단가와 짧은 건설기간이며 아직 기술자립이 미비하다는 단점을 가지고 있다.

〈표 3〉 원전 업체별 강약점 분석

국가(대표업체)	원자로형 및 명칭	주력시장	강점	단점
프랑스(AREVA)	EPR, SWR1000	유럽/선진	Total Solution 가능	EPR 건설지연 (Olkilouto3, Flamanville3)
일본(Toshiba-Westinghouse)	AP1000	미/일/ 전세계	뛰어난 (원전)기술력	비싼 건설단가
미국(GE-Hitachi)	ESBWR	미/일	BWR 방식 과점	노형 자체 비선택
러시아(Rosatom)	VVER	구 사회주의국	Total Solution 가능	선진국 진출 제한
한국(한국전력)	APR1400	중동/아시아/남미	경제성/안정성	기술 완전 자립 미비

자료: 한수원, Bloomberg 등 / 유덕상, “한국전력, 글로벌 원전 No.1으로의 출사표”, 동부증권 리서치센터, 2010 수정 인용

Ⅲ. 선발자 이득 모형 : 수요 불확실성과 비용격차를 중심으로

1. 선발자 이득에 관한 직관적 이해

이론 모형의 전개에 앞서 본 연구의 주된 관심 대상인 선발자 이득(first-mover advantage) 혹은 후발자 이득(second-mover advantage)이 어떤 상황에서 발생할 수 있는지를 직관적으로 이해해 보면 다음과 같다.

(직관적 예측 1) 수요의 불확실성이 존재한다면, 선발자(first-mover)의 입장에서 먼저 행동하여 얻는 이익뿐만 아니라, 잘못된 선택으로 인한 피해를 겪

을 수 있으므로, 더 나은 정보 하에서 나중에 행동하는 후발자(second-mover)가 일정한 조건(uncertainty가 매우 큰 상황) 하에서 유리할 수 있다.

(직관적 예측 2) 두 기업 간 비용의 격차가 존재하는 경우, 비용 측면에서 유리한 기업이 먼저 행동하는 경우에 선발자 이득이 발생할 것이다.

(직관적 예측 3) 수요의 불확실성과 비용격차가 동시에 존재하는 경우, 비용 측면에서 유리한 기업이 먼저 행동하여 선발자 이득을 얻기 위한 수요의 불확실성 정도와 비용격차의 크기 사이에 일정한 균형조건이 존재할 수 있다.

2. 선발자 이득 모형 : Stackelberg 모형의 확장

1) 기존모형의 스케치

두 기업 i 와 j 가 존재하며, 2 기간에 걸친 의사 결정을 하는 단순모형을 고려시 역수요함수(inverse demand function)는 다음과 같이 표현된다.

$$p_i = \alpha - q_i - q_j \quad (1)$$

여기서, α 는 확률변수이며, 수요의 불확실성(demand uncertainty)을 표현한다. 또한 q_i 와 q_j 는 각 기업 i 와 j 의 산출량이 된다. 각 기업은 비대칭적 한계비용 c_i , c_j 를 가지며, 고정비용은 없다고 가정한다.

우선, 가장 단순한 경우로서 수요의 불확실성이 존재하지 않고, 두 기업의 한계비용이 동일한 경우를 상정하기로 한다. 다시 말하면, α 가 고정된 상수값을 가지며, $c = c_i = c_j$ 인 경우에 대해서 스택켈버그(Stackelberg) 모형의 해를 구하면 다음과 같이 된다.

일반성의 손실 없이, 기업 i 를 선도자(leader)로 두고 1기에 우선적으로 의사결정을 한다고 가정할 때, 추종자(follower)인 기업 j 는 2기까지 의사결정을 미루게 될 것이다. 선도자인 기업 i 의 합리적인 믿음은 자신의 의사결정이 2기에 기업 j 의 의사결정에 영향을 미칠 것으로 추측하는 것이다.

Backwards-induction을 통해 두 기업의 이윤극대화 문제는 다음과 같이 풀이될 수 있다. 먼저 추종자인 기업 j 는 이윤극대화를 위한 q_j 를 선택한다.

$$\max \Pi_j = [\alpha - q_i - q_j - c]q_j \quad (2)$$

1계 조건(f.o.c)으로부터

$$q_j = \frac{1}{2}(\alpha - q_i - c) \quad (3)$$

을 얻게 된다. 다음으로 선도자인 기업 i 는 다음의 기대이윤을 극대화하는 q_i 를 선택하게 된다.

$$\max \Pi_i = [\alpha - q_i - \frac{1}{2}(\alpha - q_i - c) - c]q_i = \frac{1}{2}(\alpha - q_i - c)q_i \quad (4)$$

따라서 1계 조건으로부터 $q_i = \frac{1}{2}(\alpha - c)$ 을 얻게 되며, 이를 식(3)에 대입

하면, $q_j = \frac{1}{4}(\alpha - c)$ 가 도출된다.

따라서 각 기업이 직면하는 시장가격과 생산량, 이윤은 다음과 같다.

$$p = \frac{(\alpha - c)}{4}, q_i = \frac{(\alpha - c)}{2}, \pi_i = \frac{(\alpha - c)^2}{8} \quad (5)$$

$$q_j = \frac{(\alpha - c)}{4}, \pi_j = \frac{(\alpha - c)^2}{16} \quad (6)$$

2) 직관적인 예측에 대한 이론적 검정

다음으로 직관적 예측 1(수요의 불확실성이 존재하는 경우)의 이론적 근거를 제시해 보도록 하자. 수요의 불확실성이 존재하는 경우 α 는 연속형 확률 변수로서 $A \in [\underline{\alpha}, \bar{\alpha}]$ 가 실현된 특정 값이며, α^* 는 A 의 평균값이라 정의하면 선발기업 i 의 가격, 수량, 이윤은 아래와 같다.

$$p(\alpha) = \frac{(2\alpha - \alpha^* + 3c)}{4}, q_i = \frac{(\alpha^* - c)}{2}, E(\pi_i) = \frac{(\alpha^* - c)^2}{8} \quad (7)$$

동일한 가격 하에서, 후발기업 j 의 수량과 이윤은 아래와 같다.

$$q_j(\alpha) = \frac{(2\alpha - \alpha^* - c)}{4}, E(\pi_j) = \frac{(\alpha^* - c)^2}{16} + \frac{Var(\alpha)}{4} \quad (8)$$

위 결과는 선발자 이득이 존재하는지 여부와 관련하여 다음과 같이 해석될 수 있다. 선발기업 i 의 기대이윤이 후발기업 j 의 기대이윤보다 크다면, 즉,

$$E(\pi_i) > E(\pi_j) \text{ 혹은 } \frac{1}{4}(\alpha^* - c)^2 > Var(\alpha) \quad (9)$$

가 성립한다면, 선발자 이득이 존재하게 된다. 이는 수요의 변동성 ($Var(\alpha)$)이 일정한 상수보다 작다면, 스타켈버그 기본모형의 결과와 같이 선발자 이득이 존재함을 의미한다. 반면, 수요의 변동성 ($Var(\alpha)$)이 일정한 상수보다 크다면 후발자 이득이 생겨날 수 있다.

일반성의 손실 없이, $c_i = c_j = c = 0$ 로 가정하면 보다 직관적인 해석이 가능하다. 즉 수요의 변동성이 평균수요 절대량의 일정비율 $\frac{1}{4}(\alpha^*)^2$ 보다 작다면, 선발자의 이득이 가능하다는 것이다.

이러한 결과는 “(직관적 예측 1) 수요의 불확실성이 존재한다면, 선발자의 입장에서 보면, 먼저 행동하여 얻는 이익뿐만 아니라, 잘못된 선택으로 인한 피해를 겪을 수 있으므로, 더 나은 정보 하에서 나중에 행동하는 후발자가 일정한 조건(불확실성이 매우 크거나, 절대적 수요량이 작은 상황) 하에서 유리할 수 있다.”라는 논거와 일맥상통한다 하겠다. 달리 표현하면, 절대적 수요량(평균수요)에 비해서 상대적으로 수요의 변동성이 작은 경우라면, 수요의 불확실성이 존재하는 경우라도 선발자가 먼저 행동하여 이득을 얻을 수 있다는 점이다.

다음으로 직관적 예측 2(비용의 비대칭성이 존재하는 경우)의 이론적 근거를 살펴보도록 하자. 앞서 언급한 기본모형을 비용의 비대칭성이 존재하는 경우로 확장하여 정리하면, 선도기업 i 의 가격, 수량, 이윤은 아래와 같이 정리되고

$$p = \frac{(\alpha + c_j + 2c_i)}{4}, q_i = \frac{(\alpha + c_j - 2c_i)}{2}, \pi_i = \frac{(\alpha + c_j - 2c_i)^2}{8} \quad (10)$$

동일한 가격 하에서 후발기업 j 의 수량과 이윤은 아래와 같이 정리된다.

$$q_j = \frac{(\alpha - 3c_j + 2c_i)}{4}, \pi_j = \frac{(\alpha - 3c_j + 2c_i)^2}{8} \quad (11)$$

이 결과는 선발자 이득이 존재하는지 여부와 관련하여 다음과 같이 해석될 수 있다. 선발기업 i 의 기대이윤이 후발기업 j 의 이윤보다 크다면, 즉,

$\pi_i > \pi_j$ 가 성립한다면, 선발자 이득이 존재하게 된다. 그런데, 위의 식에서 만일 $c_i < c_j$ 즉, 선발기업 i 의 비용이 후발기업 j 의 비용보다 낮다면, $\pi_i > \pi_j$ 가 성립하므로 스탭켈버그 기본모형의 결론과 같이 선발자 이득이 존재하게 된다. 반면, 반대로 $c_i > c_j$ 즉, 선발기업 i 의 비용이 후발기업 j 의 비용보다 높다면, $\pi_i < \pi_j$ 가 성립하므로 후발자 이득이 생겨날 수 있다. 이 논거는 (직관적 예측 2)에서 “두 기업 간 비용의 격차가 존재하는 경우, 비용이 유리한 기업이 먼저 행동하는 경우에 선발자 이득이 발생할 것이다.”라는 앞서의 예측과 일맥상통하는 결과라 하겠다.

3) 모형의 확장: 수요의 불확실성과 비용의 비대칭성이 동시에 존재

이제 기본모형을 확장하여 수요의 불확실성과 두 기업 간의 비용 상의 비대칭성이 동시에 존재하는 경우를 고려하고자 한다.³⁾ 이는 세계 원전시장의 현실을 고려한 보다 현실성 있는 가정이라 하겠다.

즉, 세계 원전시장은 수요가 크게 확대되는 추세 속에 있으나, 원전 도입국의 의사결정에 따라서는 불확실성이 커질 위험에 놓여 있다고 볼 수 있다. 또한, 세계 원전시장에서의 주요 기업들은 독자적인 원자로 기술을 가지고 경쟁하고 있으며, 이것이 비용측면의 차이에 반영되고 있는 현실을 감안하면 비용의 비대칭성 가정은 설득력을 지니게 된다.

본 절의 확장된 모형에서는 수요의 불확실성이 존재하며, 비대칭적 비용을 갖는 두 기업 중에서 누가 선발자가 되는 것이 유리한지, 혹은 반대로 누가 후발자가 되는 것이 유리한지의 여부를 밝히는 것이 핵심 주제가 된다.

일반성의 손실 없이, 기업 i 를 선도기업, 기업 j 를 후발기업으로 두자. 또한 식(1)의 형태로 역수요함수가 주어져 있다고 하자.

3) 본 이론모형의 기본 틀은 Kultti & Niinimäki(1998)과 상당부분 유사하나, 수요의 불확실성에 더하여 비용의 비대칭성을 동시에 고려하였다는 점이 본 연구의 새로운 기여가 될 것으로 기대한다.

$$p_i = \alpha - q_i - q_j$$

앞서 논의한 수요의 불확실성에 더하여 각 기업은 비대칭적 비용 c_i , c_j 를 가진다는 가정 하에서, 스타켈버그 모형의 이윤극대화 문제는 다음과 같다. 여기서 주목해야 할 사실은 본 모형에서 수요의 불확실성은 1기에만 존재하며, 2기에는 그 불확실성이 해소된다는 점이다. 즉, 2기에 행동하는 추종기업 j 는 실현된 수요를 인지한 상태에서 의사결정하게 된다고 가정한다.

따라서 추종자인 기업 j 는 실현된 수요 α 를 인지한 상태에서 이윤극대화를 위한 q_j 를 선택한다.

$$\max \Pi_j = [\alpha - q_i - q_j(\alpha) - c_j]q_j$$

1계 조건(f.o.c)으로부터 다음을 얻게 된다.

$$q_j(\alpha) = \frac{1}{2}(\alpha - q_i - c_j)$$

선도자인 기업 i 는 수요의 분포만을 인지한 상태에서 다음과 같은 기대이윤을 극대화하는 q_i 를 선택한다.

$$\max E(\Pi_i) = E[\alpha - q_i - \frac{1}{2}(\alpha - q_i - c_j) - c_i]q_i \quad (12)$$

1계 조건(f.o.c)으로부터 다음을 얻게 된다.

$$q_i = \frac{1}{2}(\alpha^* + c_j - 2c_i) \quad (13)$$

이상의 결과로부터, 선도기업 i 의 가격, 수량, 이윤은 아래와 같다.

$$p = \frac{(2\alpha - \alpha^* + c_j + 2c_i)}{4}, \quad q_i = \frac{(\alpha^* + c_j - 2c_i)}{2},$$

$$E(\pi_i) = \frac{(\alpha^* + c_j - 2c_i)^2}{8} \quad (14)$$

동일한 가격 하에서 후발기업 j 의 수량과 이윤은 아래와 같다.

$$q_j = \frac{(2\alpha - \alpha^* - 3c_j + 2c_i)}{4}, \quad E(\pi_j) = \frac{(\alpha^* - 3c_j + 2c_i)^2}{16} + \frac{Var(\alpha)}{4} \quad (15)$$

이상의 결과로부터 선발자가 이득을 얻는 경우는 다음과 같은 경우에 성립한다는 추론이 가능하다.

$$\text{즉, } E(\pi_i) > E(\pi_j)$$

$$\Leftrightarrow 2(\alpha^* + c_j - 2c_i)^2 - (\alpha^* - 3c_j + 2c_i)^2 > 4Var(\alpha) \quad (16)$$

일반성의 손실 없이 $c_i = 0$ 이라 가정하면, 다음 조건 식을 도출할 수 있다.

$$\frac{1}{4}(\alpha^* - c_j)^2 + c_j(3\alpha^* - 2c_j) > Var(\alpha) \quad (17)$$

따라서 위 식 (17)이 성립하는 경우 선도기업이 선발자의 이득을 얻는 반면, 반대 방향으로 부등호가 성립하는 경우에는 후발자의 이득이 발생하는 경우로 해석할 수 있을 것이다.

4) 확장된 모형결과의 해석

앞서 논의한 수요의 불확실성과 비용의 비대칭성이 동시에 존재하는 모형의 결과를 명시적으로 해석하기는 쉽지 않다. 다만 수요의 불확실성만이 존재하는 모형의 결과인 식(9)과 식(17)을 비교해 보면 보다 직관적인 해석이 가능하다. 즉, 식(9)과 식(17)에서 차이가 나는 부분은 $c_j(3\alpha^* - 2c_j)$ 로서, $c_j > c_i = 0$ 가정 하에 다음의 부등식으로 그 부호를 표현할 수 있다.

$$c_j(3\alpha^* - 2c_j) > 0 \Leftrightarrow 0 < c_j < \frac{3}{2}\alpha^* \quad (18)$$

Proposition 1

수요의 불확실성이 존재하는 상황 하에서 두 기업 간 선발 경쟁을 하는 경우를 고려하자. 두 기업의 한계비용이 동일한 상황 하에서 선발기업이 이득을 얻을 가능성보다는, 두 기업 간 비용의 비대칭성이 존재할 때 낮은 한계비용을 가진 기업이 선발기업이 되는 경우 이득을 얻을 가능성이 더 높아진다.⁴⁾

이상의 이론모형에서 도출된 결과는 앞서 (직관적 예측 3)에서 “수요의 불확실성과 비용격차가 동시에 존재하는 경우, 비용이 유리한 기업이 먼저 행동하여 선발자 이득을 얻기 위한 수요의 불확실성 정도와 비용격차의 크기 사이에 일정한 균형조건이 존재할 수 있음”을 설명하는 논거로 활용될 수 있다고 하겠다.

4) Proposition 1의 증명은 부록 참조.

IV. 원전산업에서의 선발자 이득 실증 분석

1. 사용자료 및 분석 모형

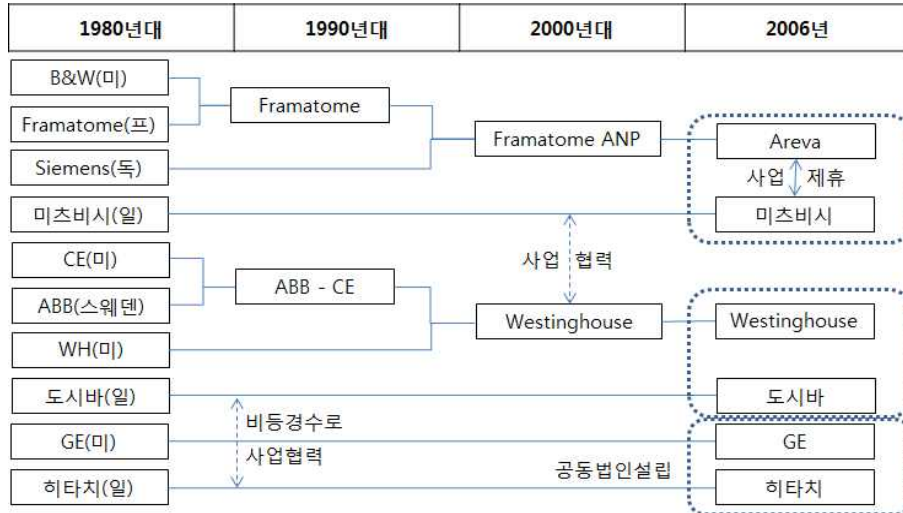
1) 사용자료와 분류

이론모형의 실증분석을 위해 본 연구에서는 IAEA에서 발간한 ‘Nuclear Power Reactors in the world 2012’의 자료를 활용하였다. 본 자료에는 국가 별로 건설 예정 중인 원전과 운영 중인 원전, 폐쇄된 원전들에 대한 정보가 포함되어 있다. 본 연구의 실증분석을 위해 건설 예정 중인 원전과 운영 중인 원전, 폐쇄된 원전들의 표를 통합하여 1954년부터 2011년까지 총 34개 국가의 643개 원자로에 대한 패널데이터를 작성하였다. 본 연구를 위해 전 세계의 각 원전 건설에 참여한 업체를 Areva, GE-Hitachi, Rosatom, WH(Toshiba), AECL, 인도업체, 중국업체, 기타업체 등 8개 업체로 구분하였다. 각 원전을 건설한 업체를 분류하기 위해 다음과 같은 세 가지 정보를 활용하였다.

(1) 주기기 공급자(Nsss supplier)

주기기(Nuclear Steam Supply System)는 핵분열에너지를 이용하여 수증기를 공급할 수 있는 설비로 원전에서 터빈, 발전기 등을 제외한 원자로 및 냉각재 설비 전체를 의미한다. 본 연구에서는 국제원자력기구(IAEA)에서 발간한 ‘Nuclear Power Reactors in the World, 2012’에 나온 전 세계 원전 현황 표에 나온 주기기 공급자를 고려하여 업체를 구분하는 데 반영하였다. 또한 여러 원전 업체들의 인수합병과 관련한 최신 온라인 자료를 참고하여 각 주기기공급자와 원전 업체와의 연관성을 확인하였다.

[그림 2] 주기기 공급자 인수합병 현황



자료 : 그린에너지 전략 로드맵, 지식경제부·에너지기술평가원, 2009. 5.

(2) 원자로 모델(Model)

원자로 모델과 주기기 공급자간에는 밀접한 관련이 있는 바, 주기기 공급자 정보만으로 원전업체를 구분하기 어려운 경우 원자로 모델을 참고하였다. ‘Nuclear Power Reactors in the World, 2012’에 나온 전 세계 원전 현황표의 모델들을 고려하여 업체를 구분하는 데 활용하였다.

(3) 주 계약자(Main Contractor)

본 연구에서는 업체 구분의 신뢰성을 높이기 위해 PowerTrack(www.powerelectric.com)에서 제공하는 전 세계 원전 현황표에서 주 계약자 정보를 참고하였다. PowerTrack의 원전 현황 자료와 IAEA의 ‘Nuclear Power Reactors in the World, 2012’의 정보들은 서로 거의 일치하였고, 주기기 공급자와 원자로 모델만으로 원전 업체 구분이 어려운 경우 PowerTrack의 자료를 참고로 구분하였다.

2) 실증분석 모형

본 연구의 분석모형은 Berger & Dick(2007)의 논문 “Entry into Banking Markets and the Early-Mover Advantage”에 제시된 모형을 일부 변형하여 다음과 같이 설정하였다.

(1) 실증분석모형 1

$$Market\ Share_{i,c,t} = \sum_{j=1}^4 \beta_j \times EntryDummy_{j,c,t} + Constant_{i,c,t} + e_{i,c,t}$$

종속변수는 국가별 연도별 총 원전설비용량 대비 각 회사의 원전설비량 비중이다. 즉, 각 기업이 연도별로 해당국가에서 갖는 원전설비 시장점유율(market share)을 나타낸다.

설명변수는 Areva, GE-Hitachi, Rosatom, WH(Toshiba) 기업의 진입연도 더미변수이다. 해당 국가에 진입하기 이전에는 0의 값을 갖으며, 진입한 이후 연도에는 1의 값을 가진다. 또한 4개 기업의 교차항(cross term) 더미 역시 사용되었는데, 해당 국가에 두 개 기업이 같이 존재하는 연도에 1의 값을, 아닌 경우 0의 값을 가진다.⁵⁾

i 는 원전을 건설한 8개 업체이며, c 는 국가로 총 34개의 국가로 구성되는 바, 원전을 운영 중인 국가와 건설 예정 중인 국가, 원전 폐쇄 국가가 모두 포함되었다. t 는 연도로 최초 상업운전 연도인 1954년부터 2011년까지가 분석 대상 연도이다⁶⁾. j 는 원전업체 중 주요 업체만을 고려한 것으로, Areva,

5) 해당 국가에 존재하는 원전업체의 수도 경쟁환경에 영향을 미칠 가능성이 있으나 전체 자료 중 한 국가 내에 3개 이상의 기업이 진입한 경우는 4개국에 불과한 바, 본 연구의 실증분석 결과에는 큰 영향을 주지 않았다. 반대로 한 국가에 한 기업만이 존재하는 경우 선발자 이득이 과대추정될 가능성을 검증하기 위해 한 기업만이 존재하는 경우를 제외하고 분석한 결과 역시 기본결과와 큰 차이는 존재하지 않는 것으로 확인되었다.

6) 수요의 불확실성이 실증분석결과에 미치는 영향을 고려하기 위해 전체 분석기간(1954

GE-Hitachi, Rosatom, WH(Toshiba)만 해당한다.

(2) 실증분석모형 2

$$\begin{aligned} Market Share_{i,c,t} = & \sum_{j=1}^4 \beta_j \times EntryDummy_{j,c,t} \\ & + \sum_{k=1}^6 \beta_k \times Cross Dummy_{k,c,t} + Constant_{i,c,t} + e_{i,c,t} \end{aligned}$$

실증분석모형2는 분석모형 1에 교차항(cross-term) dummy가 추가된 모형으로 기본 모형에 일종의 경쟁상황을 고려한 모형이라 할 수 있다. 종속변수와 설명변수 및 다른 첨자들의 의미는 분석모형 1과 동일하며, k 는 Areva, GE-Hitachi, Rosatom, WH(Toshiba) 4개 회사의 교차항을 의미하는 바, 본 모형에는 총 6개의 교차항이 존재한다.

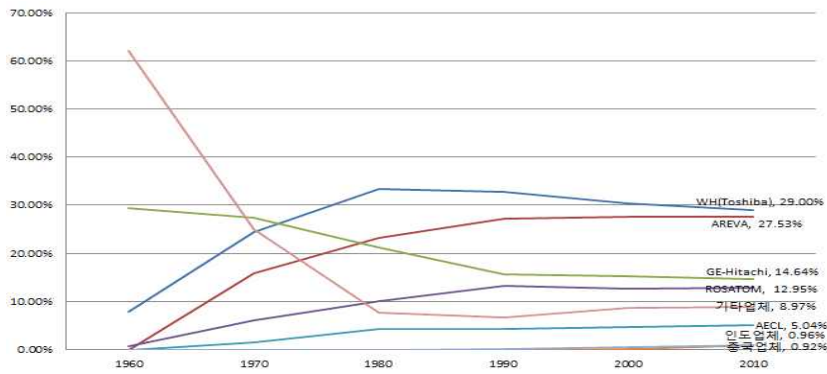
2. 실증분석결과

1) 기초통계

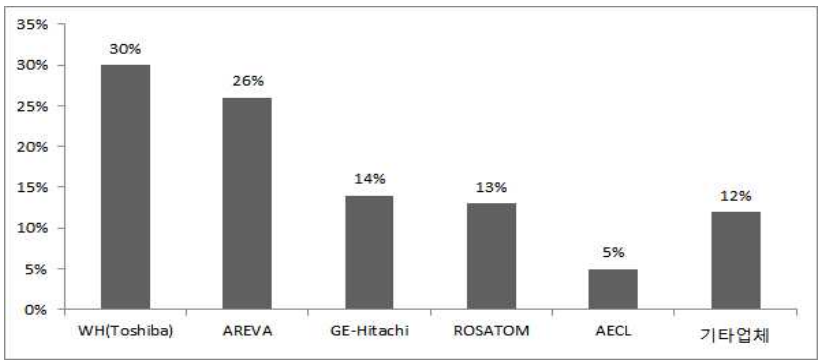
전 세계 원전시장의 시장점유율 추이를 1960년 이후 10년 단위로 나누어 살펴보면, Westinghouse(Toshiba)의 점유율은 1980년까지 증가하다 그 이후 정체하여 2011년 현재 약 30% 수준이며, Areva의 점유율은 점유율이 지속적으로 증가하여 약 26% 수준에 이르고 있다. 또한 GE-Hitachi의 경우에는 1960년 약 30%에 달하였던 점유율이 점차 하락하여 2011년 현재 약 14% 수준에 머물고 있는 반면, Rosatom의 점유율은 완만하지만 꾸준한 증가세를 보이며 2011년 현재 약 13%의 점유율을 차지하고 있다.

년~2011년)을 1979년 쓰리마일 원전사고와 1986년 체르노빌 원전사고 시점을 기준으로 몇 개의 구간을 나누어 추가적인 실증분석을 실시하여 보았으나, 전체기간을 대상으로 한 결과와 비교하여 체계적이고 유의미한 차이는 발견할 수 없었다.

[그림 3] 원전업체별 시장점유율추이(10년 단위)



[그림 4] 원전 업체별 세계 시장 점유율(2011년 설비용량 기준)



<표 4> 4개 원전업체의 전세계 시장 평균 점유율 (1954년~2011년)

Areva	GE-Hitachi	Rosatom	WH(Toshiba)
19.8%	17.5%	12.7%	25.7%

2) 실증분석 결과

앞서의 실증분석모형 1과 2를 바탕으로 회귀분석을 실시하였다. 분석결과 결정계수(R^2)는 모두 0.5 이상으로 모형의 설명력이 전반적으로 높다고 할 수 있고 대부분의 회귀계수들도 매우 유의한 수준으로 관찰되었다.⁷⁾

(1) 다중회귀모형 분석 결과: 34개국 대상

실증분석모형 1에서 각 설명변수의 계수값은 어떤 특정기업, 예를 들어 Areva가 원전도입국가에 일단 진입했을 때, 추가적으로 유발하는 시장점유율 효과를 보여준다. Areva의 원전1기의 진입은 그 국가에 0.56의 진입유발효과를 가진다.⁸⁾ 그러나 이 수치는 Areva가 진입할 당시, 다른 기업 예를 들어 WH가 존재하는지 여부와는 상관이 없이 도출된 수치이다. 4가지 진입더미의 값이 0.34~0.79로 모두 유의적인 값을 보이는 것은 다른 기업이 기존에 존재하든지 혹은 단독으로 존재하든지 그 기업의 진입자체가 추가적인 진입을 유발할 수 있는 진입효과(entry effect)가 상당하다는 것을 보여준다.

실증분석모형 2에서 Areva 진입더미의 계수는 0.73인데, 이것은 Areva 원전1기의 진입 당시, 다른 여타기업이 존재하지 않을 경우, 0.73의 추가적인 진입유발효과가 있다는 의미가 있다. 분석모형 2에서 4가지 진입더미의 값이 0.5~0.91까지 1에 근접한 매우 큰 숫자(모두 유의적)를 보여주는 것은 선발자 이득이 존재한다는 것을 의미한다. 또한 교차항의 계수는 (-)가 되는 것이 자연스러운 결과로 판단된다. 한 기업만 존재할 때에 비해 다른 기업이 함께 존재하는 경우 시장점유율에 차감효과가 발생할 수 있기 때문이다.⁹⁾ 4가지 진

7) 본 패널자료에서 시계열 상관과 이분산성의 존재 가능성과 관련하여 시계열 상관을 검정한 결과 VIF 값이 1 수준으로 다중공선성에는 큰 문제가 없는 것으로 확인되었다. 이 분산의 경우 Breusch-Pagen test 검정 결과 heteroscedasticity가 의심되었으나, White estimation의 robust standard error가 기본 모형의 standard error에 비해 다소 증가할 뿐 1% 유의수준 하에서의 p-value 임계치에는 영향을 주지 않는 바, 이분산성의 문제 역시 본 논문의 추정결과에는 큰 문제를 야기치 않는다고 판단된다.

8) 사용된 시장점유율 자료는 %단위로 되어있다. 따라서 분석결과표의 56.093(%)는 0.56093을 의미한다.

9) Areva*Rosatom 항과 Areva*GE 항의 계수 값이 정(+)의 부호를 갖는 이유에 대해서는 원전건설의 역사적 배경을 통해 추론이 가능하다. 본 실증분석모형에서 Areva와 Rosatom사가 장기간(1966~2011년)에 걸쳐 동시에 진입했던 국가는 독일이다. 독일 통일 이전 서독의 경우 Areva사가 원전 대부분을 건설하였던 반면, 동독 지역에는 Rosatom사가 주로 건설에 참여하였던 바, 독일 통일을 전후한 1989~1990년 기간 동독에 건설되었던 Rosatom사의 모든 원전이 폐쇄되었다. 그러나 데이터구조상으로는 독일 내에 Areva와 Rosatom사

입터미 중에서 Rosatom의 점유율 증가가 특히 큰 이유는 구소련 당시에 CIS 국가가 러시아에 속해 있었기 때문에 종속성이 매우 큰 것으로 볼 수 있다.

〈표 5〉 다중회귀모형 분석 결과: 34개국 대상

설명변수	분석모형 1	분석모형 2
Areva 진입터미	56.093*** (0.8620)	73.725*** (1.0703)
GE-Hitachi 진입터미	34.482*** (0.7505)	50.160*** (0.8894)
Rosatom 진입터미	79.775*** (0.8891)	91.658*** (0.8690)
WH(Toshiba) 진입터미	47.536*** (0.7285)	75.102*** (0.9739)
Areva*GE		-4.255*** (1.1981)
Areva*Rosatom		9.847*** (1.8837)
Areva*WH(Toshiba)		-27.056*** (1.0504)
GE-Hitachi*Rosatom		-41.638*** (2.0051)
GE-Hitachi*WH(Toshiba)		-18.830*** (0.9774)
Rosatom*WH(Toshiba)		-40.058*** (1.5064)
Constant	1.937*** (0.1447)	1.937*** (0.1313)
Observations	15,232	15,232
R-squared	0.530	0.613

주1: 괄호안의 값은 표준오차를 나타냄

주2: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

가 공존하는바, Areva사의 압도적인 시장점유율이 Areva× Rosatom의 계수에 큰 영향을 미친 것으로 사료된다. Areva*GE의 경우에도 같은 맥락에서 독일 내에 60년대 2기의 원자로를 건설하였던 GE사가 1977년과 1985년에 해당 원자로를 폐쇄된 바, 독일의 특수상황을 배제하고 추가분석을 실시한 결과 Areva× Rosatom의 계수 값은 -58.7, Areva×GE의 계수 값은 -14.3로 모두 부(-)의 값을 보였다.

(2) 다중회귀모형 분석 결과: 30개국 대상(자기효과 배제시)

한편 Areva, GE-Hitachi, Rosatom, WH(Toshiba) 4개 회사가 자국 내에서 가지는 영향력(자기효과, own-effect)을 배제하기 위하여 프랑스, 미국, 러시아, 일본 등 4개국을 제외한 30개 국가만을 대상으로 동일한 실증분석을 추가적으로 실시하였다. 추가분석 결과는 전체 34개국을 대상으로 한 기본분석의 경우와 업체별 회귀계수의 순위 면에서 크게 다른 차이를 보이지 않았다.

〈표 6〉 다중회귀모형 분석 결과: 30개국 대상

설명변수	분석모형 1	분석모형 2
Areva 진입더미	58.147*** (1.0045)	69.707*** (1.1824)
GE-Hitachi 진입더미	33.768*** (0.8444)	48.651*** (0.9347)
Rosatom 진입더미	76.936*** (0.9634)	91.205*** (0.9447)
WH(Toshiba) 진입더미	51.833*** (0.8386)	82.485*** (1.0320)
Areva*GE		10.489*** (1.4660)
Areva*Rosatom		6.555*** (1.9428)
Areva*WH(Toshiba)		-28.961*** (1.2240)
GE-Hitachi*Rosatom		-43.179*** (2.0777)
GE-Hitachi*WH(Toshiba)		-26.561*** (1.1130)
Rosatom*WH(Toshiba)		-39.331*** (1.5514)
Constant	2.007*** (0.1546)	2.007*** (0.1385)
Observations	13,440	13,440
R-squared	0.511	0.607

주1: 괄호안의 값은 표준오차를 나타냄

주2: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

(3) 고정효과(fixed effect)를 고려한 분석 결과

4개 주요 기업이 특정국가에 진입하였을 때 발생하는 시장점유율 효과를 분석함에 있어, 개별 회사 및 국가가 갖는 특징이 미칠 수 있는 영향과 시간의 흐름이 미칠 수 있는 영향을 통제하고 순수하게 4개 기업의 진입효과만을 살펴보기 위한 실증분석 결과는 <표 7>에 제시되어 있다. 일반적인 패널분석에서의 고정효과 모형과 유사하게 본 연구에서는 기업, 국가, 시간 세 가지 요인에 대하여 각각 하나씩 통제한 모형, 두 개씩 통제한 모형, 세 가지 모두 통제한 모형 등 총 7가지의 모형에 대하여 실증분석을 실시하였다.

〈표 7〉 고정효과모형 분석 결과

설명변수	34개국 대상 분석모형 1						
Areva 진입더미	58.030*** (0.9421)	59.038*** (0.8702)	55.702*** (0.8679)	61.693*** (0.9546)	57.682*** (0.9491)	58.714*** (0.8770)	61.456*** (0.9628)
GE-Hitachi 진입더미	36.419*** (0.8535)	35.353*** (0.7619)	34.186*** (0.7540)	37.534*** (0.8745)	36.135*** (0.8579)	35.097*** (0.7661)	37.319*** (0.8798)
Rosatom 진입더미	81.712*** (0.9650)	82.460*** (0.8963)	79.355*** (0.8952)	84.726*** (0.9784)	81.337*** (0.9720)	82.131*** (0.9027)	84.487*** (0.9856)
WH(Toshiba) 진입더미	49.473*** (0.8376)	49.909*** (0.7363)	47.186*** (0.7334)	52.786*** (0.8530)	49.124*** (0.8441)	49.611*** (0.7420)	52.532*** (0.8608)
Company	통제	-	-	통제	통제	-	통제
Country	-	통제	-	통제	-	통제	통제
Year	-	-	통제	-	통제	통제	통제
Constant	7.341*** (0.3798)	-4.668*** (0.7933)	1.794* (1.0201)	0.380 (0.8510)	7.036*** (1.0676)	-4.899*** (1.2703)	-0.056 (1.2966)
Observations	15,232	15,232	15,232	15,232	15,232	15,232	15,232
R-squared	0.540	0.551	0.530	0.563	0.541	0.551	0.563

주1: 괄호안의 값은 표준오차를 나타냄

주2: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

세 가지 요인을 모두 통제한 모형에서 분석모형 Areva 진입더미의 계수값은 0.61로, 기업, 국가, 시간을 통제하지 않은 모형에 비해(Areva 진입더미 계수값=0.56) 진입에 따른 시장점유율 효과가 소폭 증가한 것으로 나타난다. 이

는 개별 기업의 특성, 각 국가가 지니는 특성, 시간에 따른 변화 등을 고정시키는 경우, 보다 순수한 의미에서 원전기업의 진입이 유발하는 시장점유율 증대는 더 커지게 됨을 의미한다. 나머지 3개 기업의 진입더미 계수 또한 0.37~0.84 사이의 값으로 3가지 요인이 통제되지 않은 경우보다 소폭 증가한 모습을 보인다. 이처럼 진입효과에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인을 통제한 후의 진입더미 계수값이 증가한다는 것은 보다 순수한 의미에서의 기업진입 자체가 유발하는 시장점유율 변화효과가 더 크다는 것을 의미한다.¹⁰⁾

V. 결 론

본 연구에서는 UAE 원전진출의 의미를 선발자 이득의 관점에서 접근하였다. 과거 외국 원전건설 업체의 진출이 거의 없었던 중동·북아프리카 지역에서 우리나라가 UAE 원전사업을 선점함으로써, 인근 지역에 대한 파급효과가 추가적으로 확보될 수 있다고 추론해 볼 수 있는바, 본 연구는 과거 1954년부터 2011년까지 축적된 세계 원전건설 시장자료를 활용하여 이러한 추론을 검증하여 보았다. 스타케버그 모형을 확장하여 이론모형을 통해 분석한 결과, 수요의 불확실성과 기업 간 비용상의 비대칭성이 동시에 존재하는 경우의 결론은 다음과 같이 도출되었다.

두 기업이 선발경쟁을 하는 상황을 고려할 때, 주어진 수요의 불확실성 하에서 두 기업 중 한계비용이 낮은 기업이 선발기업(first-mover)이 되는 경우 선발자 이득을 얻을 가능성이 크다는 것이다. 과거 60여년의 세계 원전시장 패널자료를 바탕으로 실증분석한 결과 원전건설 시장에 선발자 이득이 실제로 존재하고 있을 뿐 아니라 한 원전 업체가 일단 어떤 시장에 진입하게 되

10) 한편 고정효과 모형에 대해서도 기본 모형에서와 같이 교차항을 추가하여 추정한 결과 <표 5>에서 언급하였던 추정결과와 시사점 측면에서 유의미한 차이가 존재하지 않는바, 교차항을 추가한 분석결과에 대해서는 부가적인 설명을 생략토록 한다.

면 동일 시장내에 2개 이상의 업체가 존재하는 경우에도 최초 선발자의 시장 점유율이 월등히 높음을 시사하고 있다. 또한 회귀분석 결과 세계 4대 원전 업체 중 Rosatom, Areva, Westinghouse(Toshiba), GE-Hitachi의 순으로 선발자 이득이 크게 나타나고 있는 바, 이는 과거 Rosatom의 점유율 증가 추세 및 GE-Hitachi의 점유율 감소 추세 등 업체간 원전시장에서의 경쟁우위 변화 요인을 설명함에 있어서도 시사하는 바가 크다고 하겠다.

따라서 적절한 데이터 확보의 문제로 인해 이론모형에서 제기한 수요의 불확실성과 비용의 비대칭성을 대표하는 대리변수를 실증모형에 명시적으로 활용하지 못한 점이 본 연구의 한계로 지적될 수 있으나, 원전건설 시장에서 선발자 이득의 존재유무와 그 정도를 실증분석한 것에 본 연구의 의의가 있다고 사료된다. 스타켈버그 모형과 과거 원전건설 시장자료를 바탕으로 본 연구에서 도출된 결과들은 한국이 중동시장에서 선발자 이득을 활용한 원전 추가 수주 전략을 개발할 경우 상당한 경쟁우위를 확보할 수 있음을 시사한다. 본 연구의 실증분석결과를 기초로 상대적으로 낮은 원전건설 비용을 장점으로 가지고 있는 한국의 입장에서 UAE 사업 등을 통해 우수한 시공능력을 입증하고 긍정적 평판(reputation)을 형성한다면 향후 우리나라도 과거 외국의 주요 원전업체들이 누렸던 선발자 이득을 향유할 수 있을 것으로 기대된다.

[부록]

Proof 1

식(9)와 식(17)로부터 좌변항의 차이는 $c_j(3\alpha^* - 2c_j)$ 로 표현이 된다. 이 항이 0보다 크기 위해서는 $0 < c_j < \frac{3}{2}\alpha^*$ (가정: $c_j > c_i = 0$)가 성립해야 한다.

여기서는 $0 < c_j < \frac{3}{2}\alpha^*$ 인 경우만이 유의미한 결과를 가져온다는 점을 증명하고자 한다. 낮은 비용의 선발기업이 이익을 보는 경우는

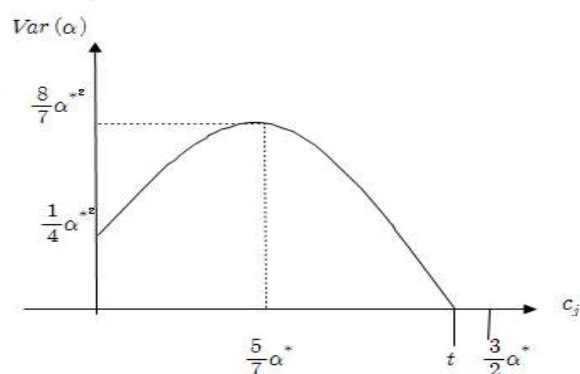
$$(\alpha^* - c_j)^2 + 4c_j(3\alpha^* - 2c_j) > 4Var(\alpha) \Leftrightarrow$$

$$Var(\alpha) < \frac{1}{4}(\alpha^* - c_j)^2 + c_j(3\alpha^* - 2c_j)$$

$$Var(\alpha) = \frac{1}{4}(\alpha^* - c_j)^2 + c_j(3\alpha^* - 2c_j) = -\frac{7}{4}(c_j - \frac{5}{7}\alpha^*)^2 + \frac{8}{7}\alpha^{*2} \quad (A1)$$

식 (A1)을 $Var(\alpha)$ 와 c_j 의 2차원 공간에 표현하면 다음과 같다.

[그림-부록] 비용격차 크기와 수요의 변동성 간의 균형조건



위의 [그림-부록]이 상한에서만 의미를 갖는 이유는 $Var(\alpha)$ 의 값이 음(-)일 수 없으며, c_j 도 양(+)으로 가정되었기 때문이다. 여기서, 위의 포물선 식(A1)의 아랫부분은 식(17)이 성립하는 영역(first-mover advantage)이고, 윗부분은 본문의 식(17)의 부등호가 반대로 되는 영역(second-mover advantage)이 된다. 그런데, 위 [그림-부록]에 $c_j < \frac{5}{7} \alpha^*$ 의 영역은 상식에 부합하는 해석이 가능하다. 즉, 일정한 비용격차 c_j 가 주어져 있을 때, 수요의 변동성 $Var(\alpha)$ 이 커지다가 일정 범위를 넘어서면, first-mover advantage는 사라진다(포물선 아래의 어떤 점을 상정하고 생각). 달리 표현하면, 주어진 수요의 변동성 $Var(\alpha)$ 하에서, 양 기업간 비용격차 c_j 가 커지면 first-mover advantage가 생겨날 수 있다

한편, $c_j > \frac{5}{7} \alpha^*$ 의 영역은 합리적인 해석이 불가능한 영역에 해당된다.

따라서, 우리는 $c_j > \frac{5}{7} \alpha^*$ 영역을 배제할 필요가 있다. 그렇다면, 우리의 관심이 되는 c_j 의 범위는 아래와 같이 주어진다.

$$c_j < \frac{5}{7} \alpha^* < \frac{3}{2} \alpha^*$$

Q.E.D.

〈부표〉 4개 원전업체의 국가별 진입연도

국가명	Areva	GE-Hitachi	Rosatom	WH(Toshiba)
Argentina	1974년	-	-	-
Armenia	-	-	1977년	-
Belgium	1982년	-	-	1962년
Brazil	2001년	-	-	1985년
Bulgaria	-	-	1974	-
Canada	-	1962년	-	-
China	1994년	-	2007년	-
Czech Rep.	-	-	1985년	-
Finland	-	-	1977년	1982년
France	1964년	-	-	1979년
Germany	1966년	1962년	1966년	1969년
Hungary	-	-	1983년	-
India	-	1969년	-	-
Iran, Isl. Rep.	-	-	-	-
Italy	-	1964년	-	1965년
Japan	-	1965년	-	1970년
Kazakhstan	-	-	-	-
Korea Rep.	1988년	-	-	1978년
Lithuania	-	-	1984년	-
Mexico	-	1990년	-	-
Netherlands	1973년	-	-	-
Pakistan	-	1972년	-	-
Romania	-	-	-	-
Russia	-	-	1964년	-
Slovakia	-	-	1972년	-
Slovenia	-	-	-	1983년
South Africa	1984년	-	-	-
Spain	1988년	1971년	-	1969년
Sweden	-	-	-	1964년
Switzerland	1979년	1972년	-	1969년
Taiwan, cn	-	1978년	-	1984년
UK	-	1964년	-	-
Ukraine	-	-	1978년	-
USA	1962년	1957년	-	1958년

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 교육과학기술부·기초전력연구원. 2009. 『개도국 원자력 수출기반 조성 연구』
- 유덕상. 2010. “한국전력, 글로벌 원전 No.1으로의 출사표”, 동부증권 리서치센터
- 지식경제부. 2010. 『원자력발전 수출산업화 전략』
- 지식경제부·에너지기술평가원. 2009. 『그린에너지전략로드맵 2009(원자력)』
- 지식경제부·원자력산업회의. 2010. “원전 수출 가능성 분석 및 전략 방안”
- 한국은행. 2011. “세계 원자력 발전산업의 현황과 향후 전망”, 『국제경제정보』
- 한국전력공사 전력연구원. 2007. 『원자력발전산업의 해외수출전략 개발』
- Albaek, S. 1990. “Stackelberg Leadership as a Natural Solution under Cost Uncertainty”
The Journal of Industrial Economics.
- Berger, A. and Dick, A. 2007. “Entry into Banking Markets and the Early-Mover Advantage” *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 39, No. 4.
- IAEA. 2012. “Nuclear Power Reactors in the World 2012”.
- Kultti, K., and Niininäki, J. 1998. “Demand Uncertainty in a Cournot Duopoly” *Finnish Journal of Business Economics*, Vol. 21.
- Liberman, M. and Montgomery, D. 1987. “First-Mover Advantages” Research Paper, Stanford University.
- Power eTrack, www.poweretrack.com.
- WNA, 2013. “World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements”
www.world-nuclear.org.

ABSTRACT

The first-mover advantage model and empirical
test on nuclear power industry

Namyil Kim*, Daeyoun Lee** and Sunung Moon***

As Korea Electric Power Cooperation(KEPCO) successfully won nuclear power plant construction deals in the UAE in December 2009, Korea has become the sixth nuclear power plant exporter in the world. The UAE project is the first of its kind in the Middle East since the Bushehr plant project in Iran, putting Korea in the leading position in the nuclear industry in the Middle East. This study conducts theoretical examination as to how the first-mover advantage is influenced by the demand uncertainties and the cost gaps, It also carries out an empirical analysis on the effects of the first-mover advantage based on the relevant data in nuclear power plant construction sector for the past 60 years. The research findings of this study suggest that the first-mover advantage does have meaningful influences. This implies that the Korea's nuclear industry should redouble its efforts to fully utilize the first-mover advantage so as to win further nuclear plant construction deals in the Middle East in the future.

Key Words : Nuclear power plant industry, First-mover advantage,
Nuclear power reactor in the Middle East,
Demand uncertainty, Cost gaps

JEL Codes : Q4, C5

* Senior Research Fellow, Korea Energy Economics Instituted(main author).
nykim@keei.re.kr

** Research associate, Korea Energy Economics Institute, dylee@keei.re.kr

*** Associate Professor, Myongji University(corresponding author), smoon@mju.ac.kr