

대형 융합 연구사업의 최선단 연구기획 관리전략

송용일* · 이대희** · 박성배*** · 정윤철****

〈 목 차 〉

1. 서 론
2. 연구배경
3. 대형 첨단 국책연구사업의 사례연구
4. 분석 : 대형프로젝트에 대한 함의
5. 결 론

Summary : As the speed of technological changes increase with the investment requirements steadily expanding, private firms and government-funded research institutes experience similar pressures with respect to the necessity of risk reduction and technological alliances in R&D activities. This paper first attempts to review previous research in managing R&D projects with large, risky, and long-term investment requirements. Our primary focus is placed on the "fuzzy front-end" (FFE) projects with uncertainties at the investigation and planning stages. We analyze various elements that create FFE conditions, classify them into basic constructs, and suggest tools and methods to deal with FFE conditions. The findings suggest that both initial FFE conditions and the effectiveness of FFE management affect the performance of the project later on, and thus, especially for large projects, we must deal with FFE seriously in a comprehensive manner. We utilize in-depth panel interviews and case studies to approach the research questions.

키워드 : 대형 융합연구사업, 불확실성, 모호성, 최선단 연구기획, 사례연구

* KIST 연구기획부 선임연구원 (e-mail : yongilsong@kist.re.kr)

** KIST 연구기획부 선임연구원 (e-mail : dhlee@kist.re.kr)

*** 삼성경제연구소 수석연구원 (e-mail : sbpark@kist.re.kr)

**** KIST 연구기획부 부장 (e-mail : ychung@kist.re.kr)

1. 서 론

과거의 기술진보 기록이 누적되어 연구자들이 기술개발 방향에 대해 광범위한 지식을 축적한 분야의 경우, R&D 기획은 상대적으로 용이한 것으로 알려지고 있다. 그러나 기술수명주기가 단축되고, 기술융합이 빈번히 발생하며, 기술개발에 투입되는 인력과 재원이 급격히 증가되는 시대에는, R&D 기획은 연구프로젝트의 성공을 가늠하는 가장 중요한 요소의 하나가 된다.

R&D 기획분야의 전문가들은 오랫동안 프로젝트는 연구 종료단계보다는 오히려 시작단계에서 실패한다고 지적하여 왔다 (Beck, et al., 1999; Doll & Zhang, 2001). 본 논문에서는 기술적 윤곽과 경로가 잘 정의되지 않고 불명료한 연구프로젝트를 대상으로, R&D 기획 활동의 최선단 (front-end)에 초점을 맞춘다. 기획 전문가들은 제품개발을 위한 R&D 기획 활동의 최선단 (front-end) 부분에 내재된 불확실성 (uncertainty)과 모호성 (ambiguity)을 표현하기 위해 “불명료한 최선단 연구기획 (Fuzzy Front-End; 이하 FFE라 칭함)”이라는 용어를 사용하여 왔다 (Gupta, et al., 1986; Bacon, et al., 1994; Khurana & Rosenthal, 1997; & Rosenthal, 1998). 본 논문에서는 이 개념을 첨단 대형 융합연구프로젝트에 적용하여, 이러한 연구프로젝트에 내재된 불확실성과 모호성을 어떻게 관리할 수 있는가를 분석하고자 한다. 이러한 유형의 대형 연구프로젝트는 투자 규모가 크고 오랜 개발기간이 소요되며 기술적 복잡성이 높기 때문에, 기획활동의 최선단 (front-end) 부분을 효과적으로 관리하는 것이 기술개발 성공의 핵심적인 요소가 된다.

특히 본 논문에서는 다음의 질문에 분석의 초점을 맞추고자 한다. 첫째, 대형·융합 연구사업의 최선단 기획의 불명료성에 영향을 미치는 요인 (construct)은 무엇이며, 각 요인의 구성요소는 무엇인가? 둘째, 최선단 연구기획의 내재적 모호성과 불확실성의 제 요인들이 어떻게 기획과정과 향후 실제 R&D 수행과정에 영향을 미쳤는가? 셋째, 이러한 제 요인들을 제어하는 방법은 무엇인가?

본 논문에서는 사례연구 대상으로 2개의 첨단 대형 국책연구프로젝트를 선정하였다. 이들 두 프로젝트는 모두 다수의 하위 연구과제로 구성되며, 대학과 연구소의 많은 과학기술자들이 과제의 리더 또는 연구자로 참여한다. 또, 이들 프로젝트는 고도로 복잡한 기술적 구조를 갖기 때문에, 프로젝트의 완료를 위해서는 여러 기술분야의 융합이 요구되며, 연구비도 10년에 걸쳐 1,000억원이라는 대규모 재원이 투입되고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, R&D 기획, 특히 이중에서도 최선단 연구기획 활동에 대한 기존 연구를 살펴본다. 다음으로 우리나라에서 대형 첨단연구프로젝트가 출현하게 된 배경을 고찰한 후, 2개의 프로젝트에 대한 사례분석을 한다. 그 다음에 사례분석 결과를 토대로,

고도로 실험적인 대형 첨단연구프로젝트의 최선단 (front-end) 부분에 내재된 불확실성과 모호성을 다루는데 사용될 수 있는 최선단 연구기획 관리의 준거 틀 (framework)을 제공한다. 마지막으로 사례연구에 대한 심층 분석을 통해 연구의 함의를 도출한다.

2. 연구배경

2.1 기존의 최선단 연구기획 연구

연구기획의 최선단 (FFE)은 ‘(새로운 기술) 기회가 최초로 인식된 시점과 (기술)개발을 위한 아이디어가 준비된 것으로 판단된 시점 사이의 기간’으로 정의될 수 있다 (Kim & Wilemon, 1999). 이 시기에 조조은 R&D 수행에 따른 최종 제품과 부수적 성과에 대한 개념을 정립하며, 공식적인 R&D 과정에 착수를 위해 자원을 투입할지 여부를 결정한다 (Moenaert, et al., 1995). 최선단 연구기획 활동은 통상적으로 R&D 전략의 입안, 기회의 파악과 평가, 기술타당성 조사, R&D 프로젝트 기획, 그리고 내부 점검과 검토 등으로 이루어진다 (Cooper, 1997; Khurana & Rosenthal, 1998). 시장, 기술, R&D 과정, 재원 등에 내재된 불확실성과 모호성 때문에, 이 단계는 지식 탐색, 학습, 상호 의사소통과 조사연구, 실험, 그리고 창조로 특징지어진다.

최선단 연구기획 기간에 내재된 불확실성과 모호성의 문제는 여러 문헌에서 특별한 주목을 받아 왔다 (Bacon, et al., 1994; Kim & Wilemon, 1999; Doll & Zhang, 2001). 불확실성은 ‘어떤 변수의 가치에 대한 정보의 부재’로 정의되며 (Galbraith, 1977), 최선단 연구기획 과정의 개별 구성요소가 취하는 가치에 대한 조직의 무지의 측도를 나타낸다 (Doll & Zhang, 2001). 기존 연구는 최선단 연구기획 과정상 나타나는 내재적 불명료성의 주요 원인으로 환경적 불확실성에 초점을 맞추었다 (Gupta, et al., 1986; Bacon, et al., 1994; Moenaert, et al., 1995). 이 시기의 의사결정은 종종 기술적 장애나 기회(기술적 불확실성), 관련 이해 당사자들간의 상호작용, 조직의 자원 역량(조직적 불확실성), 장래의 시장 니즈와 반응, 법·제도적 환경의 규제요인 (환경적 불확실성) 등과 같은 배후에서 작동하는 숨겨진 요인 등에 대한 완전한 이해 없이 내려지게 된다. 이러한 미지의 여러 요인들은 의사결정자들로 하여금 불충분한 지식과 정보 하에서 기술개발과 관련된 제반 결정을 내리게 하는 원인으로 작용한다.

최선단 연구기획의 독특한 특징과 구조를 분석하는데 있어, 기획 전문가들은 불명료성의 원인을 기술적 위험과 불확실성 (Rosenthal & March, 1988; Wheelwright & Clack, 1995), 시장 불확실성 (Smith & Reinertsen, 1991; Bacon et al., 1994; Cooper, 1997), 규제적 제약조건 (Gupta, et al., 1986), 환경 일반의 불확실성 (Montoya-Weiss & O’Driscoll, 2000) 등에 기인하는 것으로 간주하여 왔다. 유사한 맥락에서 기존 문헌은 예측 불가능한 시장 상황

과 제품 도입 시기에 관한 불확실성이 최선단 연구기획의 동학 (dynamics)을 결정한다고 지적한다 (Smith & Reinertsen, 1991). 기존 문헌에서는 기술적 불확실성을 줄이는 방법으로, 기술매핑 (mapping)과 기술지도 (TRM; Technology Roadmap) 작성을 용이하게 하는 소프트웨어 도구의 사용을 제안한다 (Beck, et al., 1999).

또 기존 문헌은 불확실성을 줄이는데 사용될 수 있는 미시적 수준의 구조 메커니즘을 제안하는데, 이에에는 공식적 정보시스템, 특별 보고서, 비전의 공유와 기획 책임자의 역할 등이 포함된다 (Daft & Fujimoto, 1991). 기존 문헌들은 이와 같은 소프트웨어 도구나 구조적 메커니즘을 통해 최선단 연구기획의 준비기간을 크게 줄일 수 있으며, 의사결정을 내리는데 필요한 지식과 정보를 제공할 수 있다고 한다.

모호성은 ‘어떤 변수가 존재하는지 여부에 대한 조직의 무지의 측도’로서 정의되며 (Doll & Zhang, 2001), 최선단 연구기획 맥락에서 불확실성 보다 훨씬 덜 연구되어 왔다. 모호성은 어떤 상황에 대한 다중적이고 상반되는 해석을 나타내며, 문제 또는 이슈의 존재에 대한 무지를 나타낸다 (Weick, 1979). 최근 문헌은 불명료성의 주요 원천으로서 불확실성보다는 오히려 모호성을 강조한다 (Doll & Zhang, 2001). 이들은 불명료한 원인과 효과, 목표 및 기대치의 모호성 (목표 설정의 모호성), 조직간 차이, 그리고 분석 불가능한 작업과정 (기술적·환경적 모호성)이 불명료성의 원인이 되며, 기획 책임자 또는 챔피언의 향상된 역할, 비전과 해석의 공유, 조직간 협력적인 작업과정의 도입 등을 통해 최선단 (front-end)의 통합 메커니즘이 성공할 수 있을 것이라고 주장한다. 지금까지의 논의를 요약하면, 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 최선단 연구기획의 내재적 불명료성의 원인과 해결책

최선단 연구기획 과정에 포함된 요인	불명료성의 원인	제안된 해결책
최선단 (front-end) 과정의 시기	최선단 (front-end) 기간의 절반 이상 조직화된 노력의 부재	최선단 (front-end) 시간의 단축: 주요 당사자들이 초기부터 최선단 과정에 참여해야 함(Smith & Reinertsen, 1991)
의사결정과정	불확실성과 모호성의 유발요인이 파악되기 전에 중요한 결정이 내려짐	통합되고 조직화된 의사결정과정 (Ettlie, 1997); 개발팀간에 명확한 초점과 비전 공유 (Ettlie, 1997; Clark & Fujimoto, 1991)
	최고경영진의 관심 부재	R&D 책임자에게 의사결정 권한의 위임 (Khurana & Rosenthal, 1998)
비선형 R&D 과정	순환형/동시병행형 개발과정의 도입 실패	관련 당사자간 이슈에 대한 지식과 관점 공유 (즉 시장 잠재력, 경쟁상황, 개발목표 등) (Doll & Zhang, 2001)
기술적 불확실성	기술 불확실성의 미해결	명료한 R&D 전략 형성 과정; 구조화된 R&D 포트폴리오 기획의 도입 (Khurana & Rosenthal, 1998)
	기술적 위험	프로그램 구조 및 개발 단계의 확립; 압축 및 중첩의 원리에 기초한 개발단계 설정 (Rosenthal & March, 1988)
시장 및 부수 성과와 관련된 불확실성	시장 규모 성장 및 예상 시장 영향에 대한 신뢰할 수 없는 예측	단계별 검토 (stage-gate review) 과정 또는 개선된 시장/경제적 영향분석 과정 (Beck et al., 1999; Cooper, 1997)

본 논문에서는 생명공학과 전자정보 분야에서 미래 최첨단 기술개발을 목표로 하는 2개의 대형 융합 국책연구사업의 최선단 연구기획 활동을 조사한다. 대형 융합 연구사업은 투입 자원규모, 개발기간, 참여 연구자의 수와 같은 단순한 기준으로는 타 연구개발사업과 구별하여 정의하기 어려우며, 프로젝트의 복잡성 정도와 활용기술의 규모, 기술적 대안의 수, 연구에 내재된 불확실성과 위험도 등을 포괄적으로 고려해야 한다 (Branscomb, 1993; OECD, 1995). 본 논문에서는 대형 융합 연구사업을 단일한 전략적 목표 하에 기술경로의 유동성과 불명확성이 매우 높고, 기술적 복잡성과 위험도가 큰 신기술의 개발을 위해 여러 학제분야의 전문가가 참여하는 다수의 세부과제들이 모여 연구개발과제를 형성하는 대규모 정부 연구개발투자로 정의한다. 이러한 대형 융합 연구사업에서 다루어지는 기술은 잘 정의되지 않고 연구의 최종성과 및 부산물을 예측하기 어렵기 때문에, 이들 연구사업의 최선단 연구기획 활동은 훨씬 복잡하며 문제의 소지가 크다. 본 논문에서는 프로젝트 관리자가 최선단 연구기획의 이슈, 특히 불확실성과 모호성의 문제를 어떻게 인지하고 있고, 또 기술기획, 조직 배치, R&D 과정 설계, 이밖에 최선단 연구기획의 제반문제를 줄이기 위한 도구의 사용이나 조치 등의 측면에서 이들 문제를 어떻게 다루는가에 대해 고찰한다.

2.2 대형 첨단 국책연구사업의 추진 배경

우리나라의 국책연구사업은 1990년대 후반 들어 급격한 정책의 전환이 이루어졌는데, 그 핵심은 “추격형 전략”의 시각에서 “기술선도형 전략”의 관점으로 R&D 투자를 재편하는 것으로 집약할 수 있다 (김태유 외, 2002; 손병호 외, 1999). 이와 같은 정책의 전환은 선진기술 추격형의 기존 패러다임으로는 경제성장을 지속하기 어렵다는 인식에서 출발한다. 이러한 인식은 1990년대 후반의 “IMF 위기” 이후 일반화되었는데, 한국이 선진국으로 도약하려면, 해외에서 개발된 표준화된 기술의 획득과 모방이라는 기존 방식에서 벗어나, 혁신적이고 창의적인 기술 돌파를 창출해야 한다는 것이다.

이러한 노력의 대표적인 예로는 과학기술부의 ‘21세기 프론티어 연구프로그램’과 KIST의 ‘비전 21 연구프로그램’을 들 수 있다. 이들 프로그램은 공통적으로 바이노, 나노, 환경 등의 신생기술 분야에서 세계적 기술리더십의 확보를 목표로 한다. 이들 프로그램은 여러 측면에서 기존의 프로그램과 크게 대비된다. 첫째, 기존 프로그램에서는 여러 개별 프로젝트가 단기에 걸쳐 수행되는 반면, 새로운 프로그램은 대규모 재원이 10년 이상의 장기간에 걸쳐 체계적으로 투입되며, 정부출연연구기관, 대학, 기업이 컨소시엄을 구성하여 대형 연구프로젝트를 조직적으로 수행한다는 것이다.

둘째, 새로운 프로그램에서는 서로 다른 기술분야의 융합을 통해 미래 신기술 개발에 도전

한다. 따라서 기존 프로그램에서는 압축적 기술개발, 즉 세부 기술원리에 대한 규명을 생략한 채 기술개발 활동을 추진하는 것이 가능했음에 비해, 새로운 프로그램이 목표로 하는 미래 프론티어 기술은 기술 윤곽이나 방향, 기술 내용, 기술 추세 등에 대한 불확실성과 모호성으로 특징지어지며, 따라서 연구자들은 명확한 목표나 개발하고자 하는 기술의 효용을 완전히 파악하기 못한 채 연구에 착수할 수밖에 없다는 것이다.

기술적 불확실성과 모호성이 최선단 연구기획 과정 일반에 내재된 특성이라 할지라도, 이들 특성은 최첨단 융합기술 개발을 목표로 하는 R&D 과정의 경우 더욱 현저해지고 두드러진다. 이러한 점 때문에, 기존의 국책연구프로그램과 달리, 미래 융합 신기술에 대한 R&D 활동은 최선단 단계의 연구기획에 더욱 많은 관심과 노력을 기울여야 한다. 보다 중요한 것은 R&D 활동에 내재된 기술적·사업적 불확실성을 인지하고, 변화하는 환경조건에 부응하여 끊임없는 기술 적응과 교정이 이루어질 수 있도록 지속적인 개선 메커니즘을 고안하는 것이다.

3. 대형 첨단 국책연구사업의 사례연구

3.1 연구방법론

본 논문에서는 2개의 대형 첨단 연구프로젝트를 사례분석 대상으로 한다. 하나는 과학기술부의 21세기 프론티어 연구프로그램 중 “지능형 마이크로시스템 프로젝트”이고, 다른 하나는 KIST 비전 21 연구프로그램 중 “스핀트로닉스 프로젝트”이다. 이들 2개의 프로젝트는 대규모 투자, 장기에 걸친 개발기간, 고도로 복잡한 개발과정, 높은 기술 및 시장 불확실 등의 측면에서 볼 때, 우리나라가 도전하는 새로운 형태의 대형 국책연구사업의 특성에 부합된다고 할 수 있다.

지능형 마이크로시스템 프로젝트는 1999년에 처음 발표되었다. 정부에서는 5~10년 내에 신생 산업을 창출하는 원천기술을 확보하기 위한 노력의 일환으로, 21세기 프론티어 연구프로그램에 착수하였다. 지능형 마이크로시스템 프로젝트는 정부가 최초로 선정한 21세기 프론티어 연구프로그램 중의 하나이다. 이 프로젝트의 목표는 MEMS (micro electronic mechanical systems) 기술을 사용하여, 캡슐형 내시경과 마이크로 PDA (personal digital assistant)를 개발하는 것이다. 이들 제품의 시장규모는 10년 이내에 캡슐형 내시경의 경우 1억불, 마이크로 PDA는 20억불에 이를 정도로 급속히 성장할 것으로 예상되고 있다. 또 개발과정에서 다수의 제품과 부품들이 창출될 것으로 기대된다. 정부는 지능형 마이크로시스템 프로젝트에 2000년부터 10년간 매년 900~1,000만불을 투입할 예정이다.

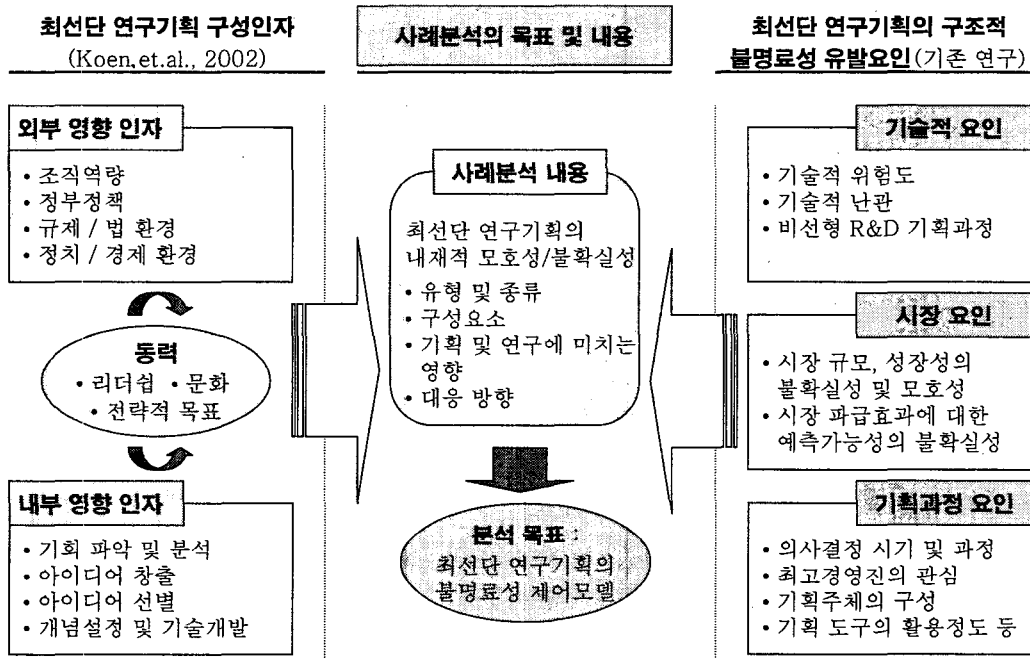
두 번째 사례는 2002년에 발표된 스핀트로닉스 프로젝트로서, 이 프로젝트는 두 가지 목적의 달성을 지향하고 있다. 하나는 스핀소자 개발을 위한 소재 및 제조기술 개발이고, 다른 하나는 스핀-포토닉 소자 및 마그네틱 SAW 기술의 개발이다. 이 프로젝트는 KIST의 미래 핵심역량을 확보하기 위한 연구소 전반에 걸친 탐색과 노력의 산물이었다. 따라서 이 프로젝트에 대한 최고경영진의 지원은 전폭적이었다. KIST는 1단계로 이 프로젝트에 최초 3년 동안 매년 4백만불을 투입할 예정이다. 또한, 박막 제조, 소자 공정 및 측정을 위한 마이크로/나노 제조센터 등의 대규모 연구시설·장비가 설치되었거나 설치 중에 있다. KIST는 1단계 3년간의 연구진행 경과 및 성과에 따라, 향후 10년간 투자를 지속할 예정이다.

사례연구의 대상이 되는 두 프로젝트는 특히 최선단 연구기획 단계에서 공통점을 지닌다. 두 프로젝트 모두 기술적 불확실성과 위험이 내재된 장기 대형 국책연구사업이다. 이들 프로젝트는 대규모 연구자원을 동원하여 세계적인 미개척 프론티어 기술의 개발에 도전하고, 이의 성공 여부가 우리나라의 혁신역량을 선진화하는데 중요한 시금석이 된다는 점에서, 국가와 KIST 모두에게 높은 전략적 중요성을 지니는데 반해, 아직 규명되지 않은 많은 미지의 요인들이 존재한다. 또한, 두 프로젝트는 프로젝트가 조직되고, 관리되는 방법 측면에서도 상당한 유사성을 갖는다. 그러나 이들 두 프로젝트는 다른 여러 측면, 특히 R&D 추진 및 관리 배경, 개발 목표, 기술 응용 등의 면에서 서로 상이한 점을 지닌다.

사례연구 방법은 통상 핵심 구성요소가 완전히 규명되지 않은 이론 정립단계에서 적용된다. 따라서 사례연구는 독립된 메커니즘이나 영향 요인들을 파악할 수 있는 풍부한 토대를 제공한다 (Söderlund, 2002; Eisenhardt, 1989). 본 논문에서 재귀 (reflexive) 해석의 개념은 다음과 같이 사용된다 (Alvesson & Skoldberg, 2000). 먼저, 각 프로젝트의 전체적인 윤곽을 파악하기 위해 프로젝트 매니저가 작성한 여러 공식문헌을 검토하였다. 다음에 조직적, 기술적 측면에서 기획과정의 배경에 대한 풍부한 자료를 확보하기 위해, 프로젝트 책임자와 기획 참여자를 대상으로 한 인터뷰를 통해 각 프로젝트의 세부 기획과정을 연대기 순으로 세밀히 조사하였다. 모든 인터뷰 내용은 문서화하였고, 사실관계의 확증이 필요한 경우 재확인을 시도하였다. 그 다음으로, '사례 내 분석'과 '사례 간 분석'을 통해, 두 사례 간의 차이점과 유사점을 분석하였으며, 새롭게 나타나는 중요한 패턴과 패턴을 형성하는 핵심 구성요소를 파악하였다. 또 각 사례를 내부에서 면밀히 분석함으로써, 이론 정립과정에서 특별한 관심을 기울여야 할 이슈들을 파악하였다.

본 논문에서 분석의 초점은 두 프로젝트의 최선단 연구기획 과정에 내재되어 있는 모호성과 불확실성의 실체와 이를 형성하고 지배하는 이슈와 요인들이었다. 본 논문에서는 출발점으로 "새로운 개념 개발 (new concept development)" 모델을 참고로 하였는데 (Koen, et al., 2002), 이 모델에서는 최선단 연구기획의 주요 요소들이 간략히 기술된다. 다음 <그림 1>에

서 보는 바와 같이, 외부 영향 인자들은 조직 역량과, 정부 정책, 규제, 법, 정치경제 환경 등의 외부적 요인을 나타낸다. 이들은 통제 불가능한 것으로 간주된다. 통제 가능한 요인들은 최선단 연구기획의 주요 활동을 나타내는 기회 파악, 기회 분석, 아이디어 창출, 아이디어 선별, 개념 설정 및 기술개발을 의미한다. 전체 모델의 엔진은 최선단 연구기획의 제반 구성인자들을 구동시키는 리더십, 문화, 그리고 조직의 전략적 목표이다.



<그림 1> 사례분석의 증거 틀

<그림 1>에서 나타낸 바와 같이, 본 논문에서는 최선단 연구기획 과정의 내재적 모호성 및 불확실성을 유발하는 주요 요인에 집중하여, 기존의 연구의 틀 속에서 반영된 인자들의 동태적 영향의 분석과 불명료성의 제어 모델의 도출에 초점을 맞춘다. Koen 등의 모델은 전체 최선단 연구기획 과정이 조직 환경 내·외부에서 설명되는 풍부한 토대를 제공한다 (Koen, et al., 2002). 기존 문헌에서 제안된 최선단 연구기획 과정의 주요 요인에는 기술적 및 시장적 불확실성, 목표의 모호성, 개발 시기, 최고경영진의 관심 정도 등이 있다. 본 논문에서는 사례 분석을 통하여 최선단 연구기획 과정의 결정인자 또는 요인들을 정의하는 개념적인 핵심 컨스트럭트에 역점을 두어 고찰한다. 이러한 과정을 통해 달성하고자 하는 목표는 조직이 어떻게 핵심 컨스트럭트와 관련된 여러 이슈를 다루며, 또 이들 이슈들에 대한 적절한 대응 부족의 결과는 무엇인지를 규명하는 것이다.

3.2 지능형 마이크로시스템 사례

지능형 마이크로시스템 프로젝트는 MEMS 기술을 활용하여 최첨단 제품을 개발하는 것을 목표로 한다. 특히, 다음 <표 2>에서 보는 바와 같이 지능형 마이크로시스템 개발팀은 최종개발 목표로 캡슐형 내시경과 마이크로 PDA를 선정하였다. 정부가 1999년 사업제안요구서(RFP: request for proposal)를 발표하였을 때, KIST는 중견 연구자 20명으로 이루어진 기획 태스크포스팀을 구성하였으며, 약 6개월에 걸친 기획 끝에 연구개발 10개년 계획을 완성하였다. 기획과정에 참여한 20명의 과학자들은 후일 개발팀의 일원이 되었다. 기획과정에서 가장 중요한 요인들 중의 하나는 프로젝트 “챔피온”의 존재였다. 프로젝트 기획에 참여한 연구자의 한 사람은 다음과 같이 말하였다.

<표 2> 지능형 마이크로시스템 프로젝트의 주요 내용

구 분	마이크로 의료기기	마이크로 정보기기
최종 제품	캡슐형 내시경	마이크로 PDA
유 형	캡슐형	손목시계형
예상 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> - 첨단 고부가가치 제품 및 부품 개발 - 첨단 중소·벤처기업 창출 - 국민 의료복지 증진 	<ul style="list-style-type: none"> - 세계 일류제품 개발 및 새로운 시장 창출 - 전문 대기업 육성 또는 산업 컨소시엄 창출

“기획과정을 주도한 핵심인사들에게 우리가 해낼 수 있다는 확신이 있었기 때문에 기획을 완료할 수 있었으며, 또 정부의 프로젝트를 수주할 수 있었다. 우리는 정부, 대학, 다른 연구소의 사람들을 만나서 프로젝트를 잘 할 수 있으며, 그것도 어느 기관보다 가장 잘 수행할 수 있다고 확신시켰다. 이러한 핵심 연구자들이 없었다면 프로젝트는 우리보다 경쟁력이 있다고 여겨지던 다른 기관으로 넘어 갔을 것이다.”

당시 정부에 사업제안요구서를 제출한 그룹은 KIST를 비롯한 S그룹, K연구소 등 모두 3개 기관이었다. 정부는 최종적으로 KIST를 선택했는데, 이는 각 기관이 제출한 연구제안서의 경쟁력뿐만 아니라, 연구 업적, 성공 확률, 기관간 프로젝트의 안배, 정부 의사결정자의 태도, 프로젝트 챔피언과 같은 다른 많은 요인이 복합적으로 작용한 결과였다.

프로젝트 기획 및 초기 의사결정 과정은 기술적, 비기술적 과정 모두를 포함하였다. 정부는 사업제안요구서에 달성하고자 하는 최종 성과목표를 명시하였다. 즉, 사업제안요구서는 한편으로는 새로운 산업과 일자리를 창출할 수 있는 최첨단 제품의 개발, 다른 한편으로는 원천기술 개발을 요구하였다. 이들 두 목표는 전혀 양립될 수 없었고, 또 동시에 충족될 수 없었으나,

기획 태스크포스팀은 요구 사항을 충족시키는 것 이외에 다른 방법이 없었다. 프로젝트 기획에 참여한 연구자는 당시 상황을 다음과 같이 회고하였다.

“우리는 서로 다른 방향으로 달리는 두 마리의 토끼를 동시에 잡아야 했다. 우리는 이것을 해야만 했으며, 또 아주 열심히 수행하였다. 프로젝트의 첫 단계에서, 우리는 최종 제품 개발, 즉 제안서에 명시된 최종 제품과 이의 구현에 필요한 모든 기술을 확보하는 방법에 주력하였다. 그러나 두 번째 단계에서는 프로젝트의 주안점이 뒤바뀌었는데, 이제는 원천기술을 확보하는데 역점을 두고 있다. 역설적이게도 우리는 이러한 방식으로 연구를 진행하였다. 통상, 원천기술이 먼저 개발되고, 그 다음에 최종제품이 개발되는데, 우리는 (과정에 작용된 다른 여러 요인들 때문에) 정반대로 하였다.”

프로젝트의 목표를 달성하기 위해서는 많은 기술적 돌파가 요구되었는데, 그 이유는 R&D 과정의 여러 측면에서 기술적 장애가 예상되었기 때문이었다. 무엇보다 프로젝트의 핵심이 되는 원천기술과 다른 기술적 세부사항들을 파악하는데 내재된 불확실성과 모호성이 있었다. 캡슐형 내시경의 경우, 광학 MEMS와 바이오 MEMS를 제외한 나머지 기술의 경우, 기술지도(TRM) 상의 주요 개발 경로 또는 기술적 세부사항이 불명확하였다. 기획 태스크포스팀은 처음부터 난관을 알았으나, 촉박한 연구제안서 마감 시한 때문에 해결방안을 찾는데 씨름할 수 없었다. 따라서 기획과정에서 도출된 기술지도(TRM)에는 불명확한 기술적 타당성을 반영하는 중요 기술개발 경로가 포함되었는데, 이는 프로젝트의 성패를 가늠하는 중요한 요인이 되었다. 예컨대, 캡슐형 내시경의 경우, 기술지도(TRM)에서는 바이오 MEMS, 광학 MEMS, 그리고 마이크로캡슐 기술의 3개의 핵심 분야가 하나의 최종제품으로 통합되는 것으로 기획되었으나, 당시 이에 대한 기술 타당성 조사는 충분히 이루어지지 못하였다.

또 문제 외에, 프로젝트를 기획하는데 필요한 기술적 전문성의 부족 문제도 있었다. 특히, 지능형 마이크로시스템 프로젝트는 미래 신생기술을 다루었기 때문에 기획참여자의 대부분이 해당 분야에 대한 충분한 지식을 보유하지 못하였다. 즉 지능형 마이크로시스템 프로젝트의 기획과정에 20명이 참여하였지만, 이중 2~3명만이 MEMS 기술에 대한 전문 지식을 보유하였다. 이러한 전문성의 부족은 기획의 불완전으로 이어졌고, 이후의 실제 기술개발 과정을 복잡하게 하였다.

지능형 마이크로시스템 프로젝트는 수많은 하위과제로 구성되었는데, 여기에는 기술전문기업, 다른 연구소나 대학의 연구자, 교수 등이 초기부터 참여하였다. 예컨대, 다음 <표 3>에서 보는 바와 같이, 캡슐형 내시경의 경우 9개의 하위과제, 마이크로 PDA의 경우 4개의 하위과제, 그리고 이들에 공통으로 활용되는 4개의 하위과제 등 총 17개의 하위과제로 구성되었으며, 각 과제의 성공 여부는 서로 긴밀히 연결되었다. 이에 따라, 참여자들 간의 네트워킹과 네

트위크의 관리가 프로젝트 책임자의 중요한 측면으로 부각되었다.

또 다른 문제는 연구제안서 제출의 시간 제약에서 발생하였다. 정부의 사업제안요구서상의 명시 때문에, 연구자들에게는 제안서 준비에 6개월의 시간만이 주워졌다. 기획 태스크포스팀은 거의 매일 회의를 가졌으나, 당시 프로젝트에 내재된 모든 요인들을 고려할 충분한 시간이 없었다. 지능형 마이크로시스템 프로젝트가 대형 국책연구사업임을 감안할 때, 태스크포스팀에게 주어진 시간이 너무 짧아 일관되고 포괄적인 기획을 할 수 없었다는 것이다. 이러한 불충분한 기획과정은 기술적 불확실성과 모호성과 상호작용하여 이후의 실제 개발단계에서 핵심 요소기술들이 예상대로 통합되지 못하는 더욱 큰 문제를 야기하였다. 캡슐형 내시경 개발이 좋은 예라 할 수 있다. 기획단계에서는 광학 MEMS, 바이오 MEMS, 마이크로 배터리 등의 핵심 기술들이 캡슐형 내시경을 개발하는데 통합될 것으로 기대되었지만, 실제 개발단계에서 이들 핵심기술들을 통합하는데 중대한 기술적 장애가 있음을 발견하였다.

<표 3> 지능형 마이크로시스템 프로젝트의 하위 과제

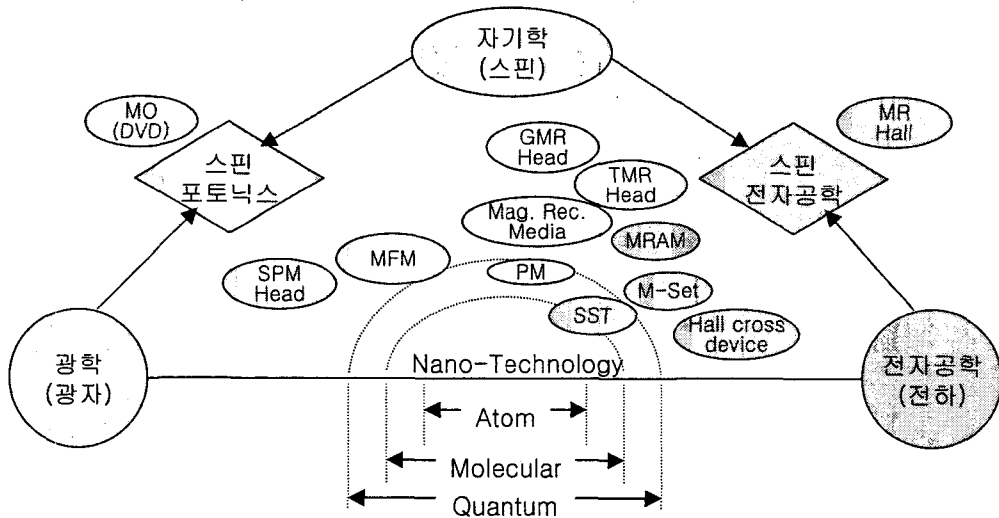
분 야	과 제 명
캡슐형 내시경	체내 이동 메카니즘 개발 캡슐형 내시경의 의료적 검증 체내 전역 이동기술 기초 연구 비가시광 영상 검출 모듈 개발 Ultrasonic Imager for Endoscopic Microcapsule 초소형 Telemetry 모듈의 요소기술 개발 진단/처치용 Microfluidics 요소 및 Micro Tool 제작 시료 전처리 및 분리·분석 기술 개발 기능성 박막을 이용한 검출기 설계 및 제작
마이크로 PDA	저전력형 마이크로 드라이브 저장장치 개발 마이크로 무선 입력장치 개발 마이크로 가상 Display 개발 무선 송수신 Front-end 모듈 및 집적화 요소기술 개발
공통기술	고출력 마이크로 Battery 개발 마이크로 Rapid Prototyping 기술 개발 마이크로 Machining Center 개발 마이크로 조립 Cell 개발
시스템 통합	시스템 설계, 제작 및 검증

3.3 스피트로닉스 프로젝트 사례

스피트로닉스 프로젝트는 전형적인 하향식 (top-down) 방식으로 기획되었다. 1999년 초 KIST의 최고경영진은 나노, 바이오, 환경 등의 핵심기술 분야에서 KIST의 장기 연구방향과 부합하는 동시에, 대규모 연구자금을 유치할 수 있는 2~3개의 대형 프로젝트를 탐색하였다.

최고경영진은 KIST 내의 5개 연구부에 대규모 재원이 소요되는 연구제안서를 준비하도록 하였다. 각 연구부가 작성한 제안서는 최고경영진과 외부전문가로 구성된 제안서 평가팀에 의해 검토되었고, 최종적으로 스핀트로닉스 (spintronics)와 케모인포매틱스 (chemoinformatics)의 2개 프로젝트가 선정되었다.

스핀트로닉스 프로젝트의 기획은 초기에 3명의 핵심 과학기술자로 구성된 기획 태스크포스 팀에 의해 시작되었는데, 이들은 GMR 헤드, MRAM, 광소자 등의 관련분야의 연구를 수행한 경험을 보유하고 있었다. 프로젝트의 기술적 동기는 규모 축소, 성능 개선 등의 측면에서 기존의 전하 기반 전자공학 (charge-based electronics)이 지닌 같은 한계를 극복하는데 있었다. 스핀 전자공학 (spintronics)은 광전자의 회전 특성을 사용하는 신기술로서, 기존 전자공학의 한계를 뛰어넘을 수 있는 첨단기술이다. 다음 <그림 2>는 스핀트로닉스 기술의 예를 보여준다. 스핀트로닉스는 속도, 비휘발성, 낮은 환경 민감도 (고신뢰성) 등의 측면에서 기존의 전하 기반 전자공학 (charge-based electronics)에 비해 뛰어난 장점을 지닌다. 또, 낮은 소비전력도 스핀트로닉스의 큰 장점이다.



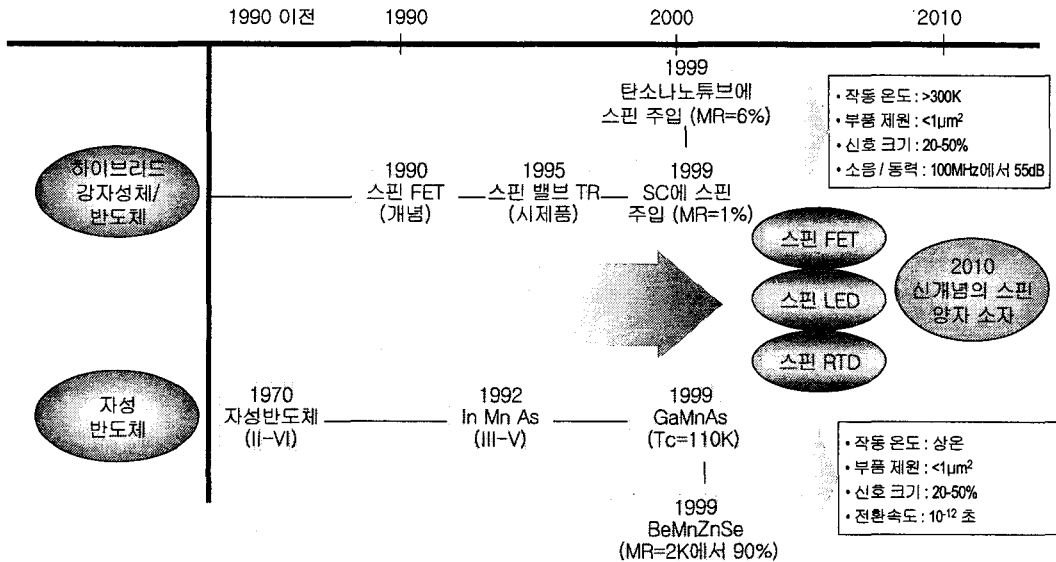
<그림 2> 스핀트로닉스 기술의 예

기획 태스크포스팀은 아이디어 창출 및 프로젝트 설계 단계에서 여러 문제에 직면하였다. 무엇보다도 KIST에는 스핀트로닉스 분야의 전문가가 충분하지 않았는데, 특히 양자이론과 소자 제조 분야에서 두드러졌다. 이러한 전문가의 부족으로, 광소자 등 일부 핵심기술 분야의 경우 기술타당성 조사가 면밀히 수행되지 못하였다. 또 전문가의 부족문제는 프로젝트의 기술적 복잡성과 결합되어, 대학, 타 연구소의 외부전문가가 프로젝트 기획에 참여할 수밖에 없었다. S대, Y대, K대의 교수들이 연구제안서 준비단계에서 뿐만 아니라, 초기 개발단계에서부터

참여하였다. 이들 전문가들은 후일 하위과제의 리더가 되었다.

KIST 내·외부 전문가들간의 전략적 협력이 R&D 과정의 필수적 부분으로 부각됨에 따라, 프로젝트 관리를 둘러싼 문제가 기획단계에서부터 발생하였다. 프로젝트 재원의 1/2 이상이 지리적으로 떨어진, 따라서 모니터하기 어려운 외부의 연구파트너에게 지출되었는데, 이와 같은 지리적으로 분리된 다수의 하위과제 리더들 (10명 이상) 때문에 엄격한 프로젝트 관리계획은 처음부터 난관에 봉착하였다. 특히, 참여 과학기술자들의 네트워크를 관리하는 것은 전체 프로젝트의 가장 어려운 과제 중의 하나였다.

더욱이, 다음 <그림 3>에서 보는 바와 같이, 스핀트로닉스 프로젝트의 핵심은 전자장과 자기장을 활용하여 전자와 스핀을 동시에 제어함으로써 새로운 개념의 스핀소자를 창출하는데 있었고, 나아가 기술적 복잡성으로 인해 많은 하위 과제들이 동시에 수행되어야 했기 때문에, 참여 연구자들간의 체계적인 역할 분담과 유기적인 협조가 매우 중요하였다. 이 문제는 각 그룹이 프로젝트의 전체 모습을 보지 않고 자신의 부분에 초점을 맞추어 따라, 프로젝트 관리팀을 끊임없이 괴롭혔다.



<그림 3> 스핀트로닉스 프로젝트의 기술지도

두 번째 문제는 프로젝트의 성공적 수행에 필요한 대형 연구장비와 시설과 관련이 있었다. 프로젝트가 착수되기 이전에 클린룸을 갖춘 마이크로/나노 제조센터가 설치되었지만, 스핀트로닉스는 박막제조, 소자 공정 및 측정을 위한 훨씬 더 정교한 연구시설을 필요로 하였다. 최초 3년간에만, 50억원 이상이 UHV Sputter, MOCVD, 나노 이미징 및 패터닝, AGM 등과

같은 연구시설과 장비를 구입하고 개발하는데 사용되었다. 또한 연구장비와 시설들은 한 곳에 집중될 필요가 있었다. 이러한 상황에서 기획 태스크포스팀이 어려움에 부딪혔던 문제는 한정된 재원의 사용을 최적화하여, 모든 필요 장비를 확보하는 동시에 외부 연구그룹을 충분히 지원하는 것이었다. 이 문제는 프로젝트에 참여한 다수의 독립적 연구그룹과 복합되어 실제 개발과정에서 관리상의 혼란을 야기하였다.

앞에서 이미 언급한 바와 같이, 스피트로닉스 프로젝트를 성사시키고 구체화시키는 데에 결정적으로 기여한 요인은 최고경영진의 지원을 꼽을 수 있다. 스피트로닉스분야는 전세계적인 주목을 받고 있으면서도 동시에 그 개발의 성과가 두드러지게 보이지 않는 기술적으로 복잡한 분야에 속하였다. 미국을 비롯한 선진 각국이 반도체 이후 전자-광학 분야의 선도기술로 스피트로닉스를 꼽으면서도 두드러진 성과를 내고 있지 못하는 것도 이에 기인한다. 이러한 기술적 조건 아래서 스피트로닉스 프로젝트를 성사시킨 결정적인 요인은 무엇보다도 최고경영진의 결단과 지원에 의한 것이었다. 그럼에도 불구하고, 이러한 기관 전략적 차원의 결정이 모든 기술적인 측면과 기반역량의 제반 조건을 모두 고려하여 이루어졌다고 보기에는 한계가 있는 것으로 나타났다. 특히, 기술적 타당성의 검증은 프로젝트가 가지는 기술적 복잡성과 불확실성, 위험도 등을 감안할 때 가장 중요한 기획요소였음에도 불구하고, 당시 사전 연구기획이 철저하게 진행되지 않은 채 기획을 마치게 되는 결과를 가져왔다.

사례에서 발견할 수 있는 다른 흥미있는 사항도 있다. 기획 태스크포스팀이 당초 설정한 기술적 목표의 하나는 광소자의 개발이었다. 프로젝트가 진행됨에 따라 이 분야의 연구는 당초 기대한 결과를 창출하지 못할 것으로 예상되었다. 프로젝트 착수 2년 후, 프로젝트 책임자는 광소자의 개발을 중단한다는 고통스러운 결정을 내렸다. 이는 한편으로 신기술 분야의 R&D 프로젝트에 수반되는 위험을 보여주는 것이지만, 더욱 중요한 문제는 신기술 개발 프로젝트에 있어 체계적이고 면밀한 R&D 기획의 중요성이다. 즉, 기획이 불충분할 때, 이것은 시간, 돈, 그리고 노력의 낭비로 이어진다는 것이다. 또 다른 관련된 문제는 신기술 개발 프로젝트에 있어 기획전문가의 역할이다. 스피트로닉스 사례의 경우, 기획 태스크포스팀은 R&D 기획이 상당히 진행된 이후에 외부전문가를 초빙하였는데, 전문가의 역할은 기획과정을 완료하는데 중요한 역할을 하였다. 내부 인력의 활용을 강조하였던 당초 연구제안서와 달리, 외부 기획전문가는 프로젝트의 핵심 인력으로서 외부 연구그룹의 네트워크를 강조하는 신선한 아이디어를 주었다. 이 아이디어는 곧바로 수용되었고, 뒤이어 많은 변화가 나타났다. 또한, 외부 기획전문가는 프로젝트의 성공을 위해서는 연구시설 및 장비에 집중 투자해야 한다는 점을 연구제안서에서 제시하였는데, 이는 신생기술은 적절한 시설과 장비를 갖출 때 연구가 차질없이 수행될 수 있다는 논거에 기반하였다. 이러한 기획 전문가의 여러 제안은 연구가 당초 계획한 대로 진행됨에 따라 귀중한 것으로 입증되었다.

4. 분석 : 대형프로젝트에 대한 함의

대형 최첨단 R&D 프로젝트는 매우 복잡한 기술적 구조를 가지며, 따라서 참여 연구자들이 다룰 수 있는 역량을 넘어서는 다양한 유형의 불확실성과 모호성에 직면한다. 이러한 프로젝트는 다수의 하위 과제들을 동시에 착수해야 하기 때문에, 프로젝트의 전체 규모는 더욱 커지게 되며, 참여자 간의 연계를 효과적으로 관리하는 것도 매우 중요하다. 또 혁신과정은 비선형적이 되어, 기초연구와 응용연구 간의 경계는 불분명해지며, 기초연구는 응용연구 단계를 거치지 않고 산업적 개발로 이어진다. 따라서 서로 다른 기술개발 단계에서 모든 R&D 노력이 상호작용하며, 네트워크화된 혁신패턴을 형성하게 된다. 이러한 점들은 본 논문에서 다루는 2개의 사례의 특징을 구성한다.

4.1 최선단 연구기획 활동의 관리에 대한 함의

2개의 사례는 기획의 초점과 기획과정에 영향을 미치는 요인의 측면에서 유사점과 차이점을 공유한다. 양 사례는 모두 기술적 불확실성과 모호성으로 어려움을 겪었는데¹⁾, 이 때문에 연구자들은 여러 R&D 활동 및 원천기술의 기술적 타당성에 대해 확신을 갖지 못하였다. 누락된 링크들이 철저히 검토되거나, 그 추세가 면밀히 조사되지 못하였다. 예컨대, 캡슐형 내시경 프로젝트의 경우 중요한 누락된 링크들이 있었는데, 연구자들은 실제 프로젝트가 진행되는 과정에서 이들 누락된 링크들에 대한 해결방안을 발견하기를 기대하였지만, 결국 후일 프로젝트를 상당히 수정하는 것으로 종결되었다.

이러한 한계는 기획 노하우 및 안내와 조언을 해줄 적절한 전문가의 부족에 의해 복잡화되었다. 프로젝트의 핵심이 되는 난관돌파 (enabling) 기술에 대한 타당성 조사는 후일 실제 R&D 과정에서 자원의 낭비를 줄일 수 있는데, 미래 신기술에 초점을 맞춘 연구는 이와 유사한 종류의 문제에 직면한다. 국책연구사업의 R&D 목표는 종종 정부에 의해 부과되기도 하며, 이는 때에 따라서 전반적인 연구방향을 혼란에 빠뜨릴 수도 있다. 예컨대, 기초·원천기술과 최종제품 생산기술의 동시적 개발이라는 상호 양립하기 힘든 목표의 설정은 연구전체를 부실화시킬 수 있다. 따라서 대형 첨단연구프로젝트의 경우, 명확하고 일관된 목표와 목표지향적 기획이 중요하다고 할 수 있다.

1) 밑줄 친 부분은 본 논문에서 파악된 주요 최선단 연구기획 요인을 나타냄

또한, 프로젝트의 특성에 따라 최선단 연구기획 활동이 서로 다른 방향으로 작용될 수 있음을 발견하였다. 예컨대, 지능형 마이크로시스템 프로젝트의 경우, 프로젝트 챔피언과 정부 지원이 의사결정과정에서 중요한 역할을 한 반면, 스피트로닉스 프로젝트에서는 최고경영진의 지원과 핵심 연구자의 조기 참여가 강조되었다. 또, 양 프로젝트에 있어 기술지도 (TRM)를 제외한 기획 도구들이 거의 사용되지 않았다. 이것은 주로 시간 제약과 기획 예산의 부족에 기인하였다. 이들 두 프로젝트의 경우, 최선단 연구기획은 위험도가 높았던 반면, 기획에 투입된 시간이나 예산 지원은 충분히 확보되지 않았다.

한편, 두 사례에 대한 분석 결과, 최선단 연구기획 활동의 주요 요인과 이들 요인이 기획 및 이후 연구단계에 미친 영향 및 결과는 다음 <표 4>와 <표 5>와 같이 집약될 수 있다. 지능형 마이크로시스템의 경우, 프로젝트 챔피언, 핵심 과학기술자 및 외부전문가의 참여는 기획 및 그 이후 단계의 연구에 긍정적인 영향을 미친 반면, 기술적 전문성의 부족, 불충분한

<표 4> 최선단 연구기획의 주요 요인과 영향: 지능형 마이크로시스템 사례

최선단 연구기획의 주요 요인	영향	기획 및 그 이후 연구에 미친 결과/영향
프로젝트 챔피언	+	강한 동기부여 요인
핵심 과학기술자의 참여	+	기획과 실제 개발의 일치
제한된 기획 범위	-	비현실적인 상용화 개발 기획
대학 전문가의 참여	+	R&D 네트워크의 창출
기술적 전문성의 부족	-	기획 및 실제 R&D의 핵심 애로요인
기획도구의 불충분한 사용	-	불확실성/모호성에 대한 규명 부족
시간 제약	-	부적절한 기획

<표 5> 최선단 연구기획의 주요 요인과 영향: 스피트로닉스 사례

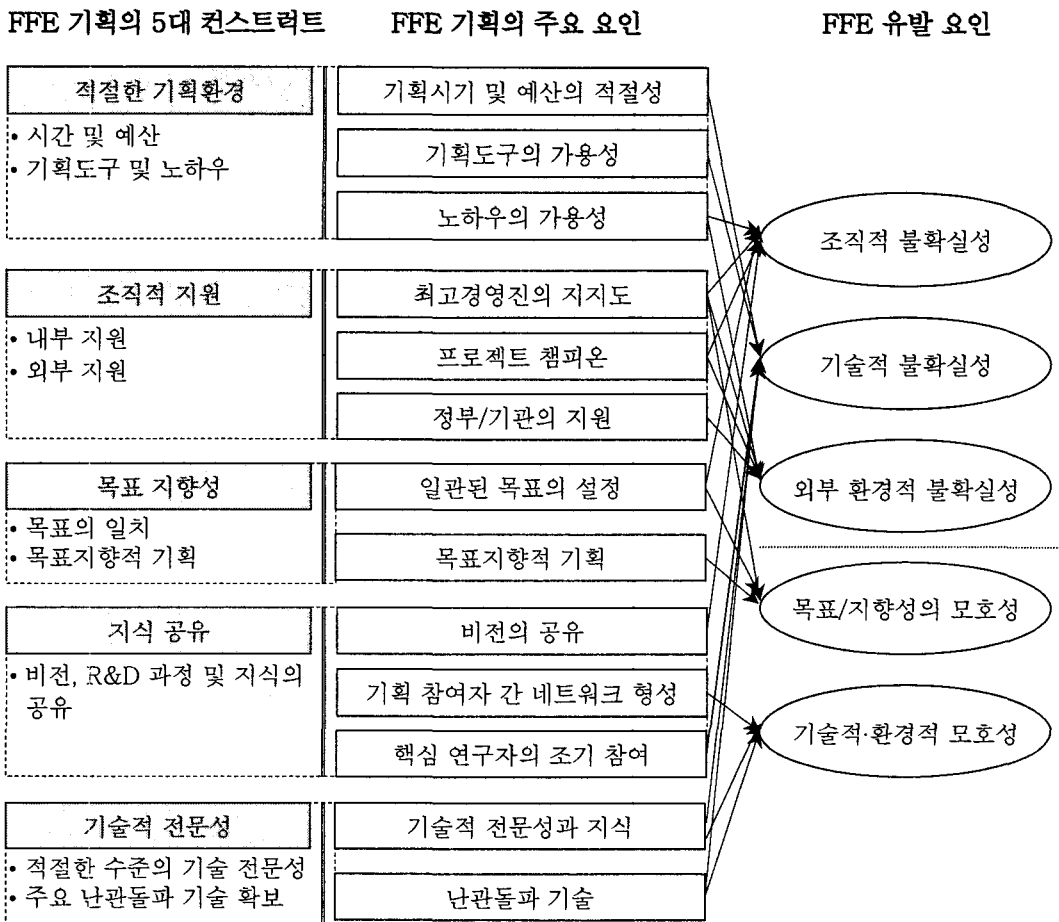
최선단 연구기획의 주요 요인	영향	기획 및 그 이후 연구에 미친 결과/영향
최고경영진의 지원	+/-	+) 핵심 동기부여 요인 -) 제도적인 의사결정
매트릭스/네트워크 기획구조	+	기획 범위의 확장
기술적 전문성의 부족	-	기획 및 실제 R&D의 핵심 애로요인
기획 전문가의 참여	+	현실적인 R&D 기획
높은 기술적 복잡성	-	높은 기술적 불확실성/모호성
하위과제 관리/연구장비 기획	+	R&D 네트워크의 창출
느슨히 조직화된 과정	-	부적절한 기획

기획도구의 사용, 시간제약 등의 요인은 부정적인 영향을 미친 것으로 분석되었다. 또, 스파트로닉스에서는 매트릭스/네트워크 기획구조, 기획전문가의 참여, 하위과제 관리, 연구장비 기획 등의 요인은 기획 및 그 이후의 연구에 긍정적인 영향을 미친 반면, 기술전문성의 부족, 높은 기술적 복잡성, 느슨한 조직 과정 등은 부정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 최고경영진의 지원은 동기부여의 측면에서 기획 및 그 이후 연구에 긍정적 영향을 미칠 수 있으나, 다른 한편으로 기술적·시장수요적 요인보다 제도적 요인에 의해 의사결정이 내려질 가능성이 있다는 측면에서 부정적인 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다.

위 연구결과는 기존의 국내외 연구결과와 일치하는 측면과 대형 연구사업 기획의 관점에서 새로운 문제를 제기하는 측면이 있는 것으로 분석된다. 첫째, 사례연구결과 기획팀 내 구성원간의 명확한 비전의 공유, 기획 과정상 조직화된 의사결정 구조의 확립, 기술적 타당성 검증, 최고경영진의 관심 등은 기존의 연구결과와 같이 대형·융합 연구사업의 기획과정에서 중요한 요소로 파악되었다. 둘째, 기존의 연구결과와 마찬가지로 연구프로젝트의 핵심 구성원들의 조기참여는 연구개발의 지속성의 확보 및 성공적 수행에 결정적인 역할을 하는 것으로 인식되었다. 셋째, 그러나 기존의 연구결과와는 달리 몇몇 주요한 요인들에 대한 대처는 보다 중층적인 구조를 지니는 것으로 파악되었다. 우선 제도적·외부적 요인으로 간주된 제반 요인들은 제어 불가능한 것이 아니라, 오히려 역동적으로 제어해야 할 요소도 포함하고 있는 것으로 나타났다. 예컨대, 정부정책이나 제도적 환경은 프로젝트 챔피언과 기관의 적극적인 역할에 의해 유리하게 활용할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 기술적 불확실성의 문제를 상쇄하기 위해서 기술적타당성의 검증 메커니즘을 확보할 필요성이 있으나, 보다 근원적으로는 기관의 장기적·전략적 차원에서 기관의 기술포트폴리오의 문제로 인식될 필요가 있는 것으로 파악되었다. 나아가 최고경영진의 지원도 반드시 긍정적인 측면만 있는 것은 아니라는 점은 이미 설명한 바와 같다.

본 논문에서는 이러한 고찰을 토대로, 최선단 연구기획 활동에 있어 내재적인 모호성과 불확실성을 제어하는 핵심 컨스트럭트(construct; 구성요소)들과 각 대응 요인들을 파악하였다. 다음 <그림 4>에서 보는 바와 같이, 본 논문에서는 5대 컨스트럭트 모델을 개발하였는데, 이 모델에는 적절한 기획 환경, 조직적 지원, 목표 지향성, 지식 공유, 기술적 전문성을 포함한다. 5대 컨스트럭트 중 적절한 기획 환경은 기획 시기 및 예산의 적절성, 기획 도구 및 노하우의 가용성을 의미한다. 조직적 지원은 프로젝트에 대한 내·외부 지원을 나타낸다. 목표 지향성은 기획의 목표 부합성 및 목표 지향성 정도를 표시한다. 또, 지식 공유는 연구 참여자 간에 지식, 비전, R&D 과정에 대한 공유 정도를 의미한다. 마지막으로, 기술적 전문성은 기술 전문성과 난관돌파(enabling) 기술이 이용 가능하며, 또 어느 정도 사용되는지를 검토하기 위한 구성요소이다.

이 모델은 신생기술에 초점을 맞춘 위험도가 높은 대형 프로젝트의 최선단 연구기획 과정을 안내하는 역할을 할 뿐 아니라, 최선단 연구기획 활동의 적절성을 분석하는 데에도 사용될 수 있을 것이다. 모델의 각 컨스트럭트는 최선단 연구기획의 주요 요인들을 반영하며, 이들은 불명료성의 유발 요인들인 조직적·기술적·환경적 불확실성 및 모호성을 완화시키고 해결책을 제시하는 역할을 한다. 예컨대 기술적 불확실성은 정교한 기획도구의 사용, 분야별 전문가의 적극적 활용 및 프로젝트 참여, 난관돌파 (enabling) 기술의 확보, 기술적 타당성에 대한 평가 및 검증 과정 등을 통하여 극복될 수 있다. 또한 기술개발 목표의 모호성은 면밀한 시장 및 기술조사에 근거한 일관된 목표의 설정과 목표지향적 기획을 통해 감소시킬 수 있다.



<그림 4> 최선단 연구기획의 핵심 요인 및 주요 구성요소

4.2 대형 최첨단 R&D 프로젝트에 대한 함의

지능형 마이크로시스템과 스핀트로닉스 사례는 대형 최첨단 R&D 프로젝트를 기획하는데 있어 고려해야 할 요인들에 대해 귀중한 함의를 제공한다. 또 이들 요인은 프로젝트의 성공에 중요한 영향을 미친다. 첫째, 기술 계도 (Tree), R&D 포트폴리오 분석, 기술지도 (TRM), TRIZ 등의 기획도구들을 이용한 기술적 타당성 조사를 통해 불확실성을 크게 줄일 수 있다는 것이다. 신기술 개발 프로젝트에 내재된 불확실성과 모호성을 완전히 제거하지 못하더라도, 여러 기술적 장애들이 실제 개발과정에서 적절히 다루어질 수 있는지를 미리 파악함으로써, 초기에 불확실성을 점진할 수 있다. 본 논문에서 다룬 2개의 사례는 상당한 규모의 재원이 투입된 후에 당초 목표가 달성될 것인지 여부를 검토하기 보다는, 초기 단계에서 불확실성을 점검하고 준비하는 것이 바람직하다는 것을 보여준다.

둘째, 이 문제는 기술적 불확실성을 극복하고, 기술지도 (TRM) 상에 나타난 기술 갭 (gap) 을 메우는데 사용되는 ‘핵심 난관돌파 (enabling) 기술’을 초기에 찾아내는 능력과 관련이 있다. 이러한 ‘난관돌파 (enabling) 기술’은 기술혁신 과정에서 촉매로 작용할 수 있다. TRIZ는 이러한 기술을 파악하는데 유용한 것으로 알려지고 있다.

셋째, 최종목표는 일관성이 있고, 또 수미일관해야 한다는 것이다. 정부가 지원하는 국책연구사업은 연구자들로 하여금 서로 대립되는 광범위한 목표를 달성할 것을 요구하는 경우가 있는데, 이러한 모순된 목표는 연구자들 뿐 아니라 프로젝트 전체에 큰 부담을 초래할 수 있다. 지능형 마이크로시스템 개발이 대표적인 예로, 이 프로젝트에서 정부는 참여 과학기술자들에게 여러 관련 분야에 광범위한 영향을 미칠 수 있는 원천기술과 미래 산업을 창출하는 최첨단 제품을 동시에 개발하기를 원하였다. 이러한 일관되지 못한 메시지는 전체 프로젝트를 혼란스럽고 복잡하게 만들어서, 연구재원이 R&D 연쇄상의 광범위한 부분, 즉 어느 단계에서는 원천기술, 다른 단계에서는 최종 제품이 강조되는 등 투자가 분산되는 결과를 초래하였다.

넷째, 기획 태스크포스팀에는 프로젝트에 대한 챔피언이 있어야 한다는 것이다. 챔피언은 프로젝트에 대한 전폭적인 신뢰와 순수한 열정을 지닌 연구자이다. 프로젝트의 기술적 타당성이 모호하고 성공이 불확실할 때, 챔피언은 프로젝트가 진행되는데 필요한 추진력을 제공한다. 지능형 마이크로시스템 프로젝트의 경우, 20명의 과학기술자들이 기획과정에 참여하였지만, 전문성과 신념을 가진 2명의 챔피언이 기획과정에서 핵심적 역할을 하였으며, 결국 기획과정을 완성으로 이끌었다. 이들의 헌신 때문에 KIST는 사실상 다른 두 경쟁기관의 도전에도 불구하고 프로젝트를 수주할 수 있었다.

다섯째, 대형 최첨단 연구개발 프로젝트의 경우, 기획 과정에서 시간, 돈, 노력을 절감하려는 어떠한 시도도 있어서는 안 된다는 것이다. 첨단 대형프로젝트에 있어서는, 기술지도

(TRM) 상에 다수의 누락되고 불확실한 링크가 존재하며, 따라서 기획 태스크포스팀은 사전에 문제, 이슈 및 난관을 파악하고, 이에 대한 해결방안을 모색하는데 상당한 시간과 재원을 투입해야 한다. 이러한 광범위한 준비과정 없이는, 개발팀은 프로젝트에 막대한 재원을 투입한 이후에 비로소 심각한 어려움에 봉착했음을 발견하게 될 것이다. 본 논문의 사례분석을 통해 확인할 수 있듯이, 대형 국책과제의 기획은 반드시 정교한 기획과정을 통해 기술적 불확실성과 모호성을 발견해 내고, 나아가 발견된 문제를 해결할 수 있는지의 여부를 기술적 타당성 조사를 통해 검증하는 것이 매우 중요하다.

여섯째, 기획과정은 끊임없이 실제 R&D 과정으로 전화되어야 한다는 것이다. 이를 위해서는 모든 주요 프로젝트 리더가 초기에서부터 기획과정에 참여해야 하며, 또 참여자 간에 비전과 목표를 공유해야 한다. 본 논문에서 분석한 2개의 사례는 공통적으로 이러한 특성을 보여주고 있는데, 두 사례 모두 태스크포스팀의 구성원들이 후일 하위과제 리더로 임명되었다. 이러한 과정을 통해 전체 프로젝트가 일관성 있고 목표지향적으로 추진되었으며, 이 점은 대형 최첨단 R&D 프로젝트의 경우 특히 중요하다.

5. 결 론

본 논문에서는 대형 최첨단 기술개발 프로젝트의 최선단 연구기획 단계를 구성하는 구조적이고 기술적인 요인들을 고찰하고, 기획 태스크포스팀이 어떻게 대형 프로젝트에 내재된 모호성과 불확실성을 인지하고 대처하는지에 대해 살펴보았다. 이러한 프로젝트에서는 세밀한 기획과정이 필수적으로 요구되는데, 그 이유는 프로젝트의 복잡성으로 인해 불완전한 기획이 허용되지 않으며, 이 점이 간과될 때 후일 실제 개발단계에서 더 큰 비용이 초래될 수 있기 때문이다. 또한, 첨단 대형프로젝트에 내재된 불확실성과 모호성의 요인들을 최소화하기 위해서는 초기 단계에서부터 참여 연구자들간의 네트워크 창출, 적절한 지식을 보유한 전문가의 확보, 최고경영진의 지원이 이루어져야 한다. 또, 실제 연구개발 과정에서 광범위한 네트워킹이 이루어지기 때문에, 기획단계에서부터 비전의 공유와 협력을 위한 면밀한 계획을 세우는 것도 매우 중요하다. 아울러, 정부의 지원이나 정치적 요인들도 대형 최첨단 프로젝트가 국가적 관심을 받으면서 원활히 수행되도록 하는데 중요한 요인이 된다. 최선단 단계에서의 연구기획은 충분한 시간, 예산, 전문가, 그리고 명확한 비전을 수반할 때, 이후의 실제 기술개발 단계에서 투자와 연구활동의 최적화로 이어질 수 있다는 점을 다시 한번 강조하고자 한다.

〈참고문헌〉

- 김태유 · 이정동 · 이종수 (2002), 「대형연구개발사업의 기술적 · 경제적 타당성 조사방법」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 손병호 · 현재호 (1999), “창조적 혁신을 위한 국가연구개발사업 연구추진체계의 설계: 창의적연구진흥사업 사례”, 「기술혁신연구」, 제7권 제1호, pp. 60-61.
- Alvesson, M. and K. Sköldbberg (2000), *Reflexive Methodology*, London, UK: Sage Publications.
- Bacon, G., S. Beckman, D. Mowery, and E. Wilson (1994), “Managing Product Definition in High Technology Industries: A Pilot Study”, *California Management Review*, Spring, pp. 32-56.
- Beck, D. F., K. W. Boyack, O. H. Bray, and W. D. Siemens (1999), “Bringing the Fuzzy Front End into Focus”, *Working Paper*, Sandia National Laboratories.
- Branscomb, M. L. (1993), *Empowering Technology: Implementing a US Strategy*, Cambridge: MIT Press.
- Clark, K. B. and T. Fujimoto (1991), *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Boston, MA: Harvard Business School.
- Cooper, R. G. (1997), “Fixing the Fuzzy Front End of the New Product Process: Building the Business Case”, *CMA*, Vol. 71, No. 8, pp. 21-23.
- Daft, R. L. and R. H. Lengel (1986), “Organizational Information Requirements, Media Richness and Structural Design”, *Management Science*, Vol. 32, No. 5, pp. 554-571.
- Doll, W. J. and Q. Zhang (2001), “Clarifying the Fuzziness in the Concept of Front End Fuzziness: A Dual Theoretical Rationale”, *Working Paper*, University of Toledo.
- Eisenhardt, K. M. (1989), “Building Theories from Case Study Research”, *Academy of Management Review*, Vol. 14, pp. 532-550.
- Ettlie, J. E. (1997), “Integrated Design and New Product Success”, *Journal of*

- Operations Management*, Vol. 15, No. 1, pp. 33-55.
- Galbraith, J. (1977), *Organizational Design*, Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Gupta, A., S. Raj and D. Wilemon (1986), "A Model for Studying R&D-Marketing Interface in the Product Innovation Process", *Journal of Marketing*, Vol. 50, No. 2, pp. 7-17.
- Khurana, A. and S. R. Rosenthal (1997), "Integrating the Fuzzy Front End of New Product Development", *Sloan Management Review*, Vol. 38, No. 2, pp. 103-120.
- Khurana, A. and S. R. Rosenthal (1998), "Towards Holistic 'Front End' in New Product Development", *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 15, pp. 57-74.
- Kim, J. and D. Wilemon (1999), "Managing the Fuzzy Front End of the New Product Development Process", *Proceedings*, Vol. 2, PICMET '99.
- Koen, P. A., G. M. Ajamian, S. Boyce, A. Clamen, E. Fisher, S. Fountoulakis, A. Johnson, P. Puri and R. Seibert (2002), "Chapter 1 Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques", in M. Rosenau, et al. (ed.), *PDMA Tool Book for New Product Development*, New York: John Wiley & Sons.
- Moenaert, R. K., A. De Meyer, W. E. Souder and D. Deschoolmeester (1995), "R&D/Marketing Communication during the Fuzzy Front End", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 42, No. 3, pp. 243-258.
- Montoya-Weiss, M. M. and T. M. O'Driscoll (2000), "From Experience: Applying Performance Support Technology in the Fuzzy Front End", *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 17, No. 2, pp. 143-161.
- OECD (1995), *Impacts of National Technology Programmes*, Paris: OECD.
- Rosenthal, S. R. and A. March (1988), "Speed-to-Market: Disciplines for Product Design and Development", *Executive Summary of Research Findings and Conference Proceedings*, Manufacturing Roundtable, Boston: School of Management, Boston University.
- Smith, P. G. and D. G. Reinertsen (1991), *Developing Products in Half the Time*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Smith, P. G. and D. G. Reinertsen (1992), "Shortening the Product Development Cycle", *Research-Technology Management*, May-June, pp. 44-49.
- Söderlund, J. (2002), "Managing Complex Development Projects: Arenas, Knowledge Processes, and Time", *R&D Management*, Vol. 32, No. 5, pp. 419-430.

Weick, K. E. (1979), *Social Psychology of Organizing*, Reading, Mass.: Addison-Wesley.
Wheelwright, S. C. and K. B. Clark (1995), *Leading Product Development: The Senior Manager's Guide to Creating and Shaping the Enterprise*, New York: The Free Press.