

R&D 역량 강화를 위한 IT 지원정책에 관한 연구: 철강산업 사례

김진한 * 김성홍 **

(Jin-Han Kim *, Sung-Hong Kim)

요약 본 논문은 철강산업의 R&D 역량강화를 위해 IT 부문이 지원할 수 있는 정책을 모색하고 이에 대한 타당성을 검증한 사례연구이다. 기술추격형에서 기술선도형의 전환기에 놓여있는 국내 철강산업이 R&D 역량을 강화하기 위해서는 개별 철강사뿐만 아니라 대학, 연구소 등 외부와의 개방형 R&D 연계체제를 적극 추진해야 한다. 이러한 상황에서 IT가 R&D 역량 강화를 효과적으로 지원하는 역할을 수행해야 한다. 본 연구에서는 이러한 목적을 갖는 IT 분야의 지원정책들을 개발하고 우선순위 분석, 수요분석 등을 통해 제안된 정책들의 타당성을 검토하며, Triple Helix관점에서 정부, 기업, 학계의 역할을 논의한다.

핵심주제어 : 철강산업, R&D역량, IT 지원, 개방형 혁신체제

Key Words : R&D Capability, IT support, steel industry, open innovation system

1. 서론

기술 혁신은 기업 외부에서 추진되는 경우가 급증하고 있으며, 이러한 외부기관과 공동혁신의 중요성은 더욱 커지고 있다(Etzkowitz, 2002). 최근의 경제위기하에서도 기업들이 위기를 극복하고 성장하기 위해서는 혁신을 통한 성장동력이라 할 수 있는 R&D 역량을 지속적으로 강화해 나가야 한다.

세계 조강생산 4위(POSCO), 전기로 업체 중 세계 3위(현대제철)와 같은 우수한 기업을 보유하고 있는 국내 철강산업도 과거 불모지에서 현재와 같은 발전을 이루는데 크게 기여한 경쟁력의 중요 원천 가운데 하나는 R&D를 통한 기술력에 있음을 부인할 수 없다.

그러나 이러한 비약적인 발전에도 불구하고 철강산업이 지속적인 경쟁력을 갖추기 위해서 대응해야 하는 도전 요소도 많이 등장하고 있다. 중국의 도전과 일본의 견제, 대형철강사와 중소철강사간 기술격차, M&A를 통한 대형 철강사의 등장, 철강원료의

공급자 교섭력 증가, 기술전략 동질화로 인한 기술 선점 경쟁 급증, 수직적 통합화 니즈 증가, 환경문제의 부상 등과 같은 요인들은 국내 철강산업에 도전의 기회이자 위협 요소가 되고 있다.

국내 철강산업이 이러한 환경에 대응하고 경쟁력을 강화하기 위해서는 과거 기술추격형 자세에서 벗어나 이제는 새로이 기술을 선도하는 전략을 취해야 한다. 그러나 개별 철강사들만의 노력으로 기술선도를 달성하기에는 많은 자원과 시간을 필요로 한다.

신속한 기술선도를 달성하기 위해서는 높은 수준의 R&D 역량이 요구된다. 이러한 R&D 역량은 자체적으로 보유한 자원에 의해서 결정되기도 하지만 이제는 외부의 자원을 확보하고 활용하는 능력을 포함해야 한다. 즉, 현재는 개방형 R&D 체제를 구축하는 것이 필수가 되고 있는 시기이다. 여기서 R&D 연계를 위한 중요한 도구 중 하나는 IT라 할 수 있다. IT는 가치사슬을 변화시키는 중요한 역할을 하기 때문이다.

본 연구는 국내 철강산업의 R&D 역량을 강화하기 위해 필요한 IT 지원 방안을 정책적인 관점에서 접근하고자 한다. 구체적으로 철강산업에서

* 금오공과대학교 산업경영학과 조교수

** 충북대학교 경영학부 조교수

R&D 역량 강화를 위해 추진하고 있는 방안들에 대한 검토가 이루어진 후, IT 지원정책에 대한 수요를 파악하게 된다. 이를 토대로 구체적인 IT 지원정책을 도출하고 이의 타당성을 평가하게 된다. 마지막으로 이러한 정책을 효과적으로 실현할 수 있는 주요 기관의 역할을 Triple Helix 관점에서 논의할 것이다.

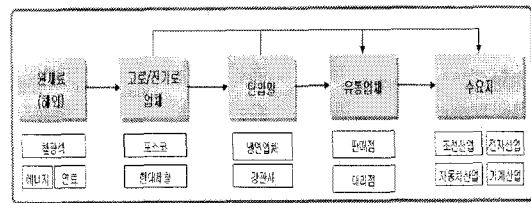


그림 1. 철강산업의 가치사슬

II. 철강산업의 협력 R&D 동향

2-1. R&D 역량

기업의 R&D 역량은 기업의 가치를 키우는 자산이며, 이해관계자의 수익을 창출하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 기업의 R&D 역량은 기업이 창출하는 부의 중요한 결정요인이다(Deeds, 2001). 이러한 R&D 역량은 조직이 경쟁력을 획득하고 유지하기 위한 지식 창출 및 활용을 포괄하는 동적 역량(dynamic capability)으로서 기업의 경쟁우위를 유지할 수 있는 R&D 투자와 기술력을 의미한다(Zahra and George, 2002). 또한 R&D 역량과 유사한 개념인 기술역량은 새로운 제품이나 서비스를 창출하는데 필요한 기술, 지식 및 자원의 보유정도로 정의할 수 있다(이병현 등, 2008).

그러나 국가과학기술중합정보서비스의 자료에 의하면 국내 전체 철강산업의 R&D 역량은 타 산업 대비 다소 미흡한 수준으로 판단된다. 국내 철강산업의 R&D 투자액은 1차 금속산업 기준시 평균적으로 타 제조업 대비 매우 낮은 수준이다. 또한 국내 철강산업의 R&D 인력도 점차 감소하고 있는 추세이다. 더욱 문제가 되는 부분은 현재 대학내에서 철강관련 학과와 과목이 점차 폐지되고 있는 상황이며, 우수한 인력이 급속히 감소하고 있다는 점이다. 이것은 국내 철강사간 R&D 역량의 격차가 매우 크게 나타나고 있기 때문에 발생하는 현상으로 정리할 수 있다.

2-2. 가치사슬상의 협력

철강산업의 가치사슬은 <그림 1>과 같이 고객(수요자)에서 시작하여 판매, 철강사, 원료업체로 구성된다.

과거 국내 철강사들은 선진 철강사 기술의 흡수 및 학습에 치중하였으나 현재는 규모에 따라 차이를 보일지라도 상당 부분 기술선도형 R&D를 중시하고 있다. 이러한 선도형 R&D의 요체는 가치사슬을 강화하기 위해 R&D간 협력관계를 어떻게 유지하느냐에 달려 있다.

특히, 철강산업 가치사슬에서 중요한 이슈는 수요자와의 협력 강화인 반면, 철강산업 내에서도 점차 고로사, 단압밀, 가공 및 유통업체간 긴밀한 협력을 요구하고 있다. 이러한 협력 중에서 가장 중요한 요소는 기술협력이다. 실제로 고로사와 단압밀은 자체적으로 수요자에게 자사 제품의 최적 가공기술을 제공하기도 하며, 수요자가 신제품 개발시 주도적으로 참여하여 공동 R&D를 수행하기도 한다. 이를 위해서는 철강산업내 철강사간 원활한 기술협력 관계가 형성되어야 하며, 기술에 대한 공동 목표인식, 확보, 개발, 활용 등의 활동이 활발하게 전개되어야 한다. 나아가 이러한 활동을 원활히 지원하기 위해서는 철강사간 기술자원에 대한 정보, 기술수준, 기술내용, 가용자원 등에 대한 지식이 공유되어야 하며, 공동으로 활용될 수 있는 시스템이 확보될 필요가 있다.

철강산업의 R&D 협력의 유형은 크게 철강사와 수요자, 철강사간 협력, 산학연 협력으로 구분하여 검토할 수 있다.

철강사와 수요자 관점에서 긴밀한 협력이 필요함에도 불구하고 국내의 경우에는 대형 철강사에서 많은 노력이 가시화되고 있지만 중소기업 철강사에서는 아직 역부족이라고 볼 수 있다. 일본의 경우 철강사들은 도요타, 엑슨모빌, 소니 등 글로벌 수요자와의 기술연계를 강화하기 위해 CSL(Customer Solution Laboratory)과 SMICAT 등의 형태로 체제를 정비하고 있다.

이러한 체제의 목적은 신제품 개발을 가속화하기 위해 철강사와 수요자간의 초기공급자참여(early supplier involvement)를 촉진하는데 있다. 이러한 활동을 통해서 수요자와의 신뢰를 제고할

수 있고, 신제품 개발 아이디어 확대 및 사업 확대의 계기를 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 철강사간 협력은 수요자 니즈에 공동 대응이라는 차원에서 뿐만 아니라 철강사간 공급사슬 관계의 강화를 위해서도 필요하다. 실제로 선진 각국의 경우 제품 개발을 위한 철강사간 협력이 다양하게 전개되고 있다. 2007년 일본 철강사인 JFE와 Kobe는 IHIMU(이시가와지마-하리마중공업의 자회사)와 공동개발을 통해 초대형 컨테이너선용 고강도 강판(항복점 47kg급) 개발 및 경량화를 달성하여 선박의 수송효율성 향상이라는 고객니즈에 적극적으로 대응하고 있다.

이외에도 철강사간 협력은 국경을 뛰어넘어 경쟁자와도 협력하는 단계에 이르렀으며, 협력협의체나 기술개발 컨소시엄을 구성하는 등 산학연 협력을 위한 적극적인 활동을 수행하고 있다. 중국의 경우 NERCAST, CISRI 등 철강관련 기술개발을 위한 산학연 공동의 기관을 창설한 바 있고, 유럽도 RFCS, ESTEP 등의 기술개발 컨소시엄과 독일 철강사 TKS의 산학연 공동연구기관(ICAMS) 설립 등이 활발하게 이루어지고 있다.

III. IT 지원정책 개발

3-1. 철강산업의 R&D 프레임워크

개별 철강사의 R&D 프레임워크는 기술개발 전략 및 목표, 기술협력, 이전, 제휴와 관련된 R&D 전략을 상위계층으로 하여 R&D 조직, 프로세스, 자원의 하부구조로 구성되어 있다.

한편 철강사의 R&D 역량은 내부의 자원만으로는 극대화하기 어려우며, 외부의 구성 요소와 적극적인 협력하에 자원을 추가로 확보할 필요가 있다. 따라서 외부와의 교류에 기초한 확대된 R&D 프레임워크를 고려해야 한다. 이는 <그림 2>와 같다.

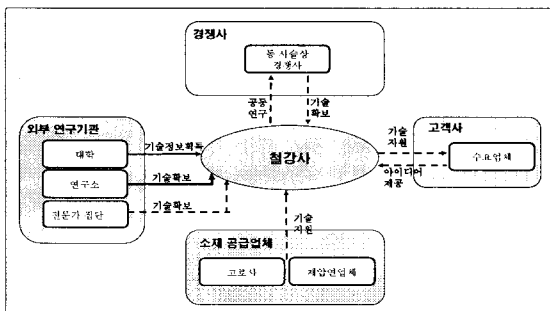


그림 2. 외부협력을 고려한 R&D 프레임워크

3-2. 철강산업 R&D를 위한 IT의 역할

개별 철강사의 철강산업의 R&D 역량 강화를 위한 IT 역할은 다음과 같다.

1) 기술/R&D 전략

효과적인 기술/R&D 전략을 지원하기 위해서는 철강관련 해외 기술동향 조사, 해외 철강사의 기술 개발 대상, 해외 철강사간 기술교류·특허·제휴 등에 대한 DB 확보가 필요하다.

2) R&D 프로세스

효과적인 R&D 프로세스를 지원하기 위해서는 기획·과제선정·관리·평가 프로세스의 전 과정에 대한 정보시스템 구축으로 관리 효율성을 제고해야 한다.

3) R&D 조직

철강산업에서 수요자의 글로벌화가 진행됨에 따라 글로벌 R&D 조직을 지원할 수 있는 체제가 필요하게 된다. 결과적으로 글로벌 R&D시 해외 R&D 지점과 고객, 해외철강사 등의 정보를 연계하는 정보시스템의 지원이 매우 중요해 지고 있다. 이러한 글로벌 R&D에 대한 IT 지원은 중앙 연구소와 개별 R&D 센터간 다양한 정보 및 의사소통의 연계 역할을 하게 된다.

4) R&D 자원

R&D 자원은 IT가 가장 많은 역할을 수행할 수 있는 분야이다. 국내의 우수한 R&D 전문 인력들의 전문분야, 수준, 현직, 과거 R&D 실적 등 정보 네트워크 구축을 통해 공동연구를 지원할 수 있다. 또한 국내의 R&D 장비 및 설비에 대한 정보시스템 제공과 국내외에서 구매 혹은 이전이 가능한 기술정보를 파악하는데도 유용하게 적용될 수 있다.

또한 외부와 R&D 협력을 지원하기 위해서는 철강사, 고객사, 대학, 관련 연구소가 협력을 효과적으로 할 수 있는 종합적인 철강산업 정보시스템이 필요하다. 이러한 정보시스템은 철강사간 처해 있는 상황이 다르고 기술유출, 기술격차 등의 이익이 상충되는 측면이 있기 때문에 정부 또는 협회 주도하에 수행되는 것이 바람직하다.

한편, 이러한 정보시스템이 갖추어야 될 구성요소는 다음과 같다.

1) R&D 자원에 대한 파트너 서비스: R&D 인력 (전문분야, 경력 등), R&D 설비(보유 장비, 위치, 공동실험 가능 설비 등)에 대한 DB 및 검색

- 2) R&D 기술동향에 대한 뉴스 서비스: 국내외 R&D 동향, 기술특허 동향, 최신의 기술 뉴스 등
- 3) 연구자료에 대한 도서관 서비스: 연구자료, 기술자료, 논문, 보고서, 세미나 자료 등 DB 및 검색 시스템
- 4) 인터넷/extranet 시스템 구축: 연구원 홈페이지의 확장 개발 및 운영(대의홍보, 기술정보 제공 등 외부 서비스 강화), 전자 과제입찰 시스템 등
- 5) 기존 기술의 타 철강사로부터 구매 및 판매가 가능하도록 Deal하는 사이트

3-3. IT 지원정책 도출

철강산업의 R&D 역량강화를 위한 IT 지원정책을 도출하기 위해 국내 8개 철강사, R&D IT 솔루션 공급업체 2개사를 방문하여 인터뷰를 수행하였다. 앞서 언급한 R&D 프레임워크와 인터뷰를 토대로 국내 철강산업에서 필요한 역량과 IT로서 해결할 수 있는 지의 여부를 검토한 결과 다음의 <표 1>과 같은 방안이 도출되었다.

표 1. R&D 역량 강화를 위한 IT 지원정책 요약

IT 지원정책	구상 내용	주요 기능
중소 철강사 R&D 네트워크화 사업	중소형 철강사의 R&D 업무를 효율적으로 수행·관리할 수 있는 R&D 정보관리시스템 및 R&D 시뮬레이션 시스템 구축	- 중소 철강사 R&D 정보관리시스템 구축 - R&D 시뮬레이션 시스템 구축 - 실험장비와 IT 솔루션 연계 - R&D 데이터 관리 및 자동분석 기능
중소 철강사 R&D 역량 강화사업	선진기술정보를 쉽게 검색하여 중소 철강사의 R&D 역량을 강화할 수 있도록 지원(무료로 논문, 특허, 선진기술 정보검색 및 e-Learning 제공)	- 선진기술정보 검색서비스 (논문, 특허, 기타 선진기술) - 선진기술 습득 및 기술정보 검색 방법에 대한 e-Learning 시스템 구축
철강산업 공동 자원 네트워크 구축	국내 철강산업의 R&D 자원에 대한 종합적 지식관리 시스템 구축(가공기술, 기술지식, 전문인력, 설비, 특허 등)	- 대형 철강사의 가공기술 지원 정보 제공 - 기술자원(기술지식, 전문인력, 설비 등) 원천 제공 - 기술 특허 및 거래와 연계된 상업화 시스템 구축
철강사-고객사 연계 네트워크 구축	철강사와 고객사(조선, 자동차, 전자, 건설 등) 간 정보공유 및 R&D 협업을 위한 정보시스템	- 고객사 니즈 및 사양 정보 제공 - 종합적 가상 EVI 체계 제공 - 고객사 가공기술 지원 시스템 - 고객사 클레임 접수 및 처리 시스템
철강사-협력업체 연계시스템 구축	철강사와 협력업체 간 생산계획 및 정보공유, R&D 협업을 위한 정보시스템	- 철강사의 생산계획 및 정보 제공 - 가상 R&D 협업시스템 구축 - 공동 R&D 관련 정보 제공
산학연 협력 R&D 네트워크화 사업	산학연 협력 프로젝트 예산, 프로세스, 추진체계, 실행방안 표준화, 협력성과 등의 정보에 대한 종합 포털 시스템	- 산학연 협력정보에 대한 종합포털시스템 - 산학연 협력 프로젝트 예산, 프로세스, 추진 체계, 실행방안 표준화 - 산학연 협력 결과 제공 시스템

IV. 정책 우선순위 및 수요분석

4-1. 우선순위 분석

철강산업의 R&D 역량 강화를 위한 IT 지원정책의 수요를 파악하기 위해 설문조사를 실시하였다. 조사는 문헌연구와 인터뷰 결과를 토대로 설문지를 개발하여 온라인 설문조사 방식으로 진행되었다. 국내 전문조사업체의 도움으로 철강산업에서 R&D를 담당하고 있는 응답자들에게 e-mail을 발송하여 응답하도록 하였으며, 회수된 114개 설문지 가운데 응답이 불성실하거나 설문을 잘못 이해하고 응답한 26개를 제외하고 88개를 분석에 활용하였다.

우선, 정책 우선순위 분석을 위해 AHP (Analytical Hierarchy Process) 분석을 시도하였다. 분석에 적용된 기준은 <표 2>와 같고, 분석 결과는 <표 3>에 정리되었다.

표 2. IT 지원정책 선정기준

기준	하위기준	설명
기대효과	파급효과	시장규모, 일자리 창출, 관련산업 동반성장 등
	경쟁력 증진	산업의 당면문제를 해결하여 경쟁력 증진에 기여
타당성	경제성	지원정책의 투자비용 대비 효과
	실행가능성	우리나라 기술역량, 기업의 투자 의지, 소요기간 등
활용성	유용성/편의성	업무에 유용하고, 쉽게 사용 가능
	사용의향	정책이 실행되어 서비스가 제공될 경우 이용 의도

표 3. IT 지원정책의 우선순위 도출

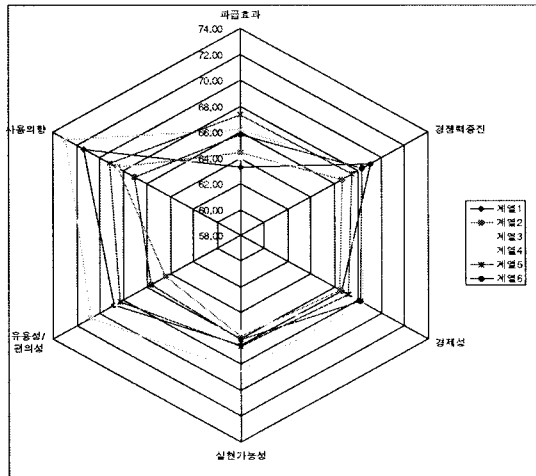
IT 지원정책	기준 및 가중치		파급 효과	경쟁력 증진	경제성	실행 가능성	유용성/편의성	사용 의향	총점	순위
	0.138	0.131								
1) 중소 철강사 R&D 네트워크화 사업	63.3	69.0	66.6	66.5	68.8	71.4	68.0	2		
2) 중소 철강사 R&D 역량 강화사업	64.4	66.6	66.4	65.8	64.4	68.5	66.1	6		
3) 철강산업 공동 자원 네트워크 구축	64.0	67.5	67.6	65.5	68.5	68.5	67.2	4		
4) 철강사-고객사 연계 네트워크 구축	66.2	68.2	68.4	68.5	70.8	72.9	69.6	1		
5) 철강사-협력업체 연계시스템 구축	67.4	67.5	67.1	66.6	68.3	69.1	67.8	3		
6) 산학연 협력 R&D 네트워크화 사업	65.8	68.3	68.1	66.1	65.6	67.0	66.7	5		

철강산업의 R&D 역량을 강화하기 위해서는 철강사-고객사 연계 네트워크 구축이 가장 시급한 것으로 나타났다. 그 다음으로는 중소 철강사 R&D 네트워크화 사업, 철강사-협력업체 연계시스템 구축, 철

강산업 공동 자원 네트워크 구축 등이 선호되는 것으로 나타났다.

4-2. 수요분석

IT 지원정책의 타당성을 평가하기 위한 수요분석 결과, <그림 3>에서 보는 바와 같이 IT 지원정책이 실행될 경우 사용의향이 매우 높은 것으로 나타났다.



- 1) 중소 철강사 R&D 네트워크화 사업
- 2) 중소 철강사 R&D 역량 강화사업
- 3) 철강산업 공동 자원 네트워크 구축
- 4) 철강사-고객사 연계 네트워크 구축
- 5) 철강사-협력업체 연계시스템 구축
- 6) 산학연 협력 R&D 네트워크화 사업

그림 3. IT 지원정책에 대한 세부기준별 평가결과

그리고 철강산업 R&D 종사자들은 이러한 IT 지원정책이 실현되면 자신의 업무에 매우 유용하고 편리할 것으로 생각하고 있는 반면에, 과급효과 및 경제성은 상대적으로 낮게 인식하고 있었다.

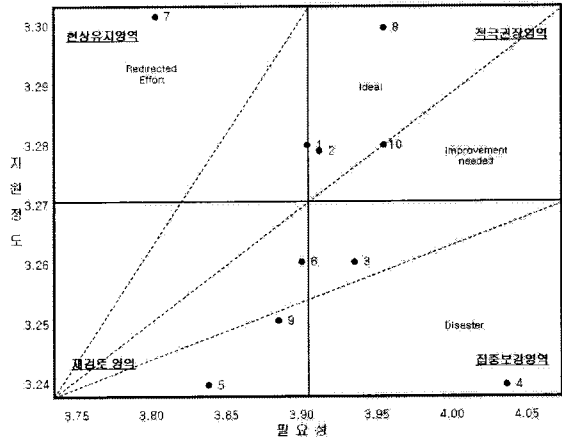
한편, 정부의 지원정책에 대한 필요성 및 현재 정부의 지원수준을 측정한 결과를 활용하여 Portfolio-Spray 분석을 수행한 결과는 <그림 4>와 같다.

이 분석은 다음과 같은 방법으로 수행되었다. 먼저, Portfolio 분석을 통해 지원정책 단계를 재검토 영역, 현상유지영역, 적극권장영역, 집중보강영역 등 4개의 영역으로 구분하였다. 그 다음에 재검토 영역을 제외한 나머지 영역에 대해 점선으로 표시되어 있는 Spray 분석을 수행하여 재앙(Disaster) 영역과 개선이 필요한(Improvement Needed) 영역을 도출하였다. 여기서 영역 선정을 위한 중심선은 필요성 및 지원수준의 평균점수를 활용하였다.

분석결과, 철강산업의 R&D 역량을 강화하기 위해서는 업체간 공동 R&D 기반 제공(협업 장소,

H/W, S/W, S/W 등), 신속한 연구결과물 품질검증 솔루션 및 기반제공, 고객사 및 협력업체와 기술지식 공유 기반 제공을 원하고 있는 것으로 나타났다.

결국, 철강산업에서는 개별기업의 R&D 역량 강화를 위해 개별 기업 차원의 R&D 관리 및 결과물 품질검사 솔루션 및 기반제공을 원하고 있으며, 산업 내 R&D 협업을 위해서는 기술지식 공유 기반 제공과 R&D 협업을 지원하는 솔루션 및 장소 등의 공동사용 기반 제공을 원하고 있다.



- | |
|--|
| 01) 연구개발능력 향상을 위한 교육지원 |
| 02) 연구개발 의주를 위한 기반 제공(연구개발인력 Pool 등) |
| 03) 신속한 연구결과물 품질 검증을 위한 솔루션 및 기반제공 |
| 04) 업체 간 공동 연구개발을 위한 기반 제공(협업 장소, H/W, S/W, N/W 등) |
| 05) 엔지니어링 패키지(CAD, CAM, CAE 등) 공동 사용을 위한 기반 제공 |
| 06) 중소기업용 Digital Manufacturing Solution 개발 및 공급 |
| 07) 철강 산업의 연구개발 부문 적용업무 가이드 개발 및 공급 |
| 08) 업체 PDM 시스템 구축을 위한 컨설팅(PI, BPR, ISP) 지원 |
| 09) 업체의 Bench Marking 지원(모델/ 부품 구매비용, 기술지원 등) |
| 10) 고객사와 협력업체간 기술지식 공유를 위한 기반 제공 |

※ 이델릭체는 우선 지원이 필요한 정책(제안 및 개선 필요)

그림 4. 지원정책 필요성 vs. 현재수준에 대한 Portfolio-Spray 분석

V. 결론

철강산업의 R&D 역량 강화를 위한 IT 지원정책을 효과적으로 추진하기 위해서는 중장기적 전략과 이해관계자의 유기적 연계추진이 필요하다. 이를 위해서는 대학·국가·산업 등 3자가 혁신의 주체로 어우러진 삼중나선구조모형(Triple Helix Model)을 활용한 정책추진이 활발하게 이루어져야 한다(Etzkowitz, 2002).

결론적으로 철강산업의 R&D 협업 및 개별기업의 R&D 역량을 강화하기 위한 IT 지원정책을 수립하

고 집행하는데 있어 정부, 기업, 학계의 주요 역할을 요약하면 <표 4>와 같다.

표 4. Triple Helix 모델에서 관련 주체별 노력

정부	<ul style="list-style-type: none"> - IT 투자 확대(시범사업, 자금 지원 등) - IT 인프라 확충(S/W 개발 및 보급) - R&D 정보화 확산을 위한 정부-산업-학계 연계체계 구축 및 관리 - IT를 활용한 R&D 협력 및 역량강화 성공사례 발굴 및 보급
산업계	<ul style="list-style-type: none"> - 철강산업 R&D 중장기 정보화 비전 및 발전 로드맵 수립 - R&D 역량 강화 및 협업을 위한 IT 투자 확대 - IT를 활용한 정보공유 및 R&D 협업에 대한 마인드 전환
학계	<ul style="list-style-type: none"> - 전문인력 양성 · IT 전문가 및 IT 활용인력 양성 - 정보화 컨설팅 수행

참 고 문 헌

- [1] 이병헌, 김영근, 박상문, “중소기업의 사업영역과 기술역량이 경영성과에 미치는 영향”, 기술혁신연구, 2008, 제16권 제1호, pp. 23-46.
- [2] Etzkowitz, H., "Networks of Innovation: Science, Technology and Development in the Triple Helix Era", *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, 2002, Vol. 1 No. 1, pp. 7 - 20.
- [3] Deeds, D. L., "The role of R&D intensity, technical development and absorptive capacity in creating entrepreneurial wealth in high technology start-ups", *Journal of Engineering and Technology Management*, 2001, Vol. 18, pp. 29-47.
- [4] Zahra, S. A. and G. George, "Absorptive Capacity : A Review, Reconceptualization, and Extension", *Academy of Management Review*, 2002, Vol. 27, No. 2, pp. 185-203.
- [5] Leydesdorff, L and Meyer, M, "Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems: Introduction to the special issue", *Research Policy*, 2006, Vol. 35, pp. 1441 - 1449.