

고속전철의 기술적 파급효과와 기술전략에 관하여

차容兌¹⁾

2년여의 긴 기간동안, 外交戰으로까지 비화되었던 경부고속전철의 차량수주 싸움이 마침내 프랑스 알스톰 社의 TGV의 승리로 막을 내렸다. 바야흐로 서울-부산간의 430Km를 2시간만에 주파하는 「속도의 혁명」이 가시화 되기 시작한 것이다.

그러나 진짜 싸움은 지금부터이다. 생활의 편의와 국토의 균형 발전도 물론 중요한 일이지만 10조원(93년 가격 기준)이 넘는 총사업비와 23억 달러에 이르는 차량 제작비를 쏟아붓는 엄청난 투자 규모를 생각할 때, 건설과정에서 유발되는 파급 효과를 극대화시키는 일이야말로 2001년까지 우리가 치러야할 총력전의 상대가 되고 있는 것이다.

고속전철의 파급 효과는 크게 경제적 효과와 기술적 효과로 나눌 수 있다. 또한 고속전철은 전형적인 시스템 기술의 성격을 지니고 있으므로 다양한 기술과 산업 분야에 걸쳐 광범위한 파급효과가 나타나게 된다. 관련 산업에의 경제적 파급효과는 어느 정도 定量的 예측이 가능하지만 기술적 파급 효과는 事前에 「측정」하는 일은 지극히 어려운 작업이라고 할 수 있다. 따라서 본고에서는 우선 고속전철의 건설이 관련 산업에 미치는 기술적 파급 효과를 定性的으로 분석해 보고, 기술 이전과 개발 과정에서 파급효과를 극대화시킬 수 있는 전략과 방안을 부분적으로나마 제시해 보고자 한다.

고속전철의 技術的 意義와 比較優位

철도 산업에 있어 고속전철의 개발은 기술의 壽命週期(life cycle)의 관점에서 볼 때 漸進的(incremental)인 기술 혁신을 통해 이미 衰退期(declining stage)로 접어든 舊기술을 대체하는 新기술의 출현을 의미한다. 技術史的으로 20세기 중엽까지 수송 수단의 根幹을 이루면서 기술적·경제적 成熟期(maturation stage)를 구가하던 기존의 中·低速 철도는 20세기 후반에 접어들면서 철도 산업 자체의 기술적 한계와 자동차와 항공 산업의 상대적 발전으로 인하여 쇠퇴기로 이행되면서 철도 산업의 斜陽化를 초래하게 되었고, 따라서 고속전철은 신기술의 개발을 통해 산업의 수명 주기를 연장하려는 철도 산업 자체의 노력과 관련 기술 분야의 전반적 발전이 유기적으로 결합되어 이루어진 產物이라고 할 수 있다. 그러나 기술 내용으로 볼 때 고속전철 기술은 突發的인 혁신 기술(break-through)이 아니라 부분 기술들의 발전을 효과적으로 연계시켜 기존의 中·저속 전철 기술의 한계를 극복한 점진적 개량 기술의 성격을 지니는 것이다.

신기술의 출현은 일반적으로 외부적인 需要 誘發的(demand pull) 요소와 기술 자체의 革新指向的(technology push) 요소가 복합적으로 작용하면서 나타나게 된다. 고속전철의 경우에 있어 먼저 수요 유발적 요소는 고속전철이 여타의 수송 수단에 대해 지니는 經濟的·地理的 비교 우위에 기인한다고 할 수 있다. 즉, 고속전철은 급속한 산업고도화와 인구의 도시 집중화로 유발된 교통수요의 폭발적 증가분 가운데 자동차나 항공 수단이 수용하기 어려운 中長거리 구간(약 300~600km)의 교통 수요를 흡수하는데 적절한 대량 수송 수단의 속성을 지니는 바, 이 거리 구간은 中·저속 철도나 자동차로써는 너무 많은 시간이 소요되며, 항공 수단으로써는 너무 짧은 거리이므로 고속전철이 最適의 代案으로 인식되고 있는 것이다.

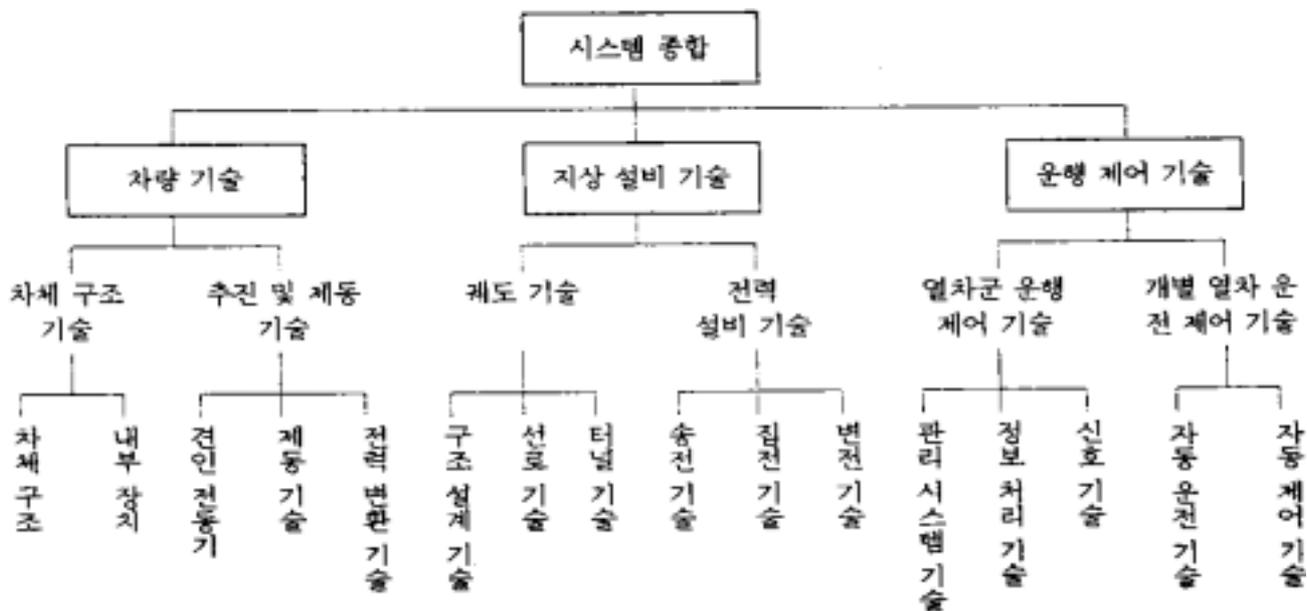
기술 자체의 혁신 지향적 요소는 고속전철 기술의 기술적 비교 우위에 의해 기술 개발을 통한 신기술의 출현을 加速化시켰다는 점을 지적할 수 있다. 구체적으로 고속전철 기술이 갖는 기술적 비교 우위는 여타의 수송 기술과 비교하여서는 안전성, 省에너지성 및 저공해성을 들 수 있고, 기존의 中·저속 철도 기술과 비교하여서는 高速性 및 省에너지성을 들 수 있다.

고속전철의 技術的 波及效果

경부고속전철 건설의 기술 분야는 차량, 핵심 전기 장치 및 열차 제어 장치 등 구동 및 제어 기술은 技術移轉과 國內開發의 並行을 통해, 線路 및 전력 설비 등의 地上設備 기술은 既存의 국내 기술 위주로 건설할 예정으로 있다 따라서 고속전철의 건설과 관련한 기술 분야의 産業競爭力 제고 효과는 크게. (1) 첨단 기술의 국내 이전에 따른 技術移轉 효과. (2) 연구개발의 활성화에 의한 技術開發 효과. (3) 기존 기술의 高度化 및 體化효과 등으로 요약할 수 있다. 특히 고속전철의 건설이 관련 산업에 미치는 技術的.經濟的 파급 효과가 至大한 이유는. (1) 대규모 투자와 장기간 공사를 필요로 하는 대형 사업이라는 점. (2) 尖端技術을 필요로 한다는 점. (3) 종합적인 시스템 기술의 牽引력을 지닌다는 점을 들 수 있다.

일반적으로 社會間接資本(SOC)에 대한 시설 투자는 그 투자 규모와 공사 기간에 비추어 볼 때 국민 경제적 측면에서 상당한 범위의 파급 효과를 유발하게 된다. 경부고속전철의 경우, 약 20%의 해외 도입분을 제외하더라도 관련 산업 전반에 미치는 직접적인 파급 효과가 至大하며, 더구나 해외 도입분에 대해서도 50% 이상(현재 약 조건에는 52%)의 국산화 조건을 제의 요청서(RFP)에 명시하고 있어, 이 부분에 대한 수요 창출 효과도 상당할 것으로 예상된다. 그러나 기술적 측면에서 볼 때, 기존의 도로나 中·低速 철도 시설의 확충은 관련 기술이 이미 기술 자신의 스톡에 포함되어 있다는 면에서 기술 발전적 파급 효과를 기대하기 어려운 것이 사실이나 고속전철 기술은 철도 기술의 頂点에서 있는 첨단 기술분야로서, 크게는 輸送機械 산업 전반에 걸쳐 작게는 철도 차량 산업에 있어 기반 및 응용 기술 설계, 제작

<그림 1> 고속전철의 기술 계통도



및 운용 기술등의 전 분야에 걸쳐 커다란 기술적 파급 효과를 기대할 수 있다. 또한 고속전철 기술은 첨단 기술인 동시에 시스템 기술로 그 범위나 내용이 특정한 분야에 국한된 부분 기술과 달리 수송 기계(철도 차량) 산업뿐 아니라 전기, 토목·건설, 통신, 전자 산업등의 다양한 부문들이 網羅되어 이루어지므로 산업 전반의 기술 수준의 향상과 국제 경쟁력의 제고를 기대할 수 있는 특성을 지닌다.

고속전철의 産業聯關性

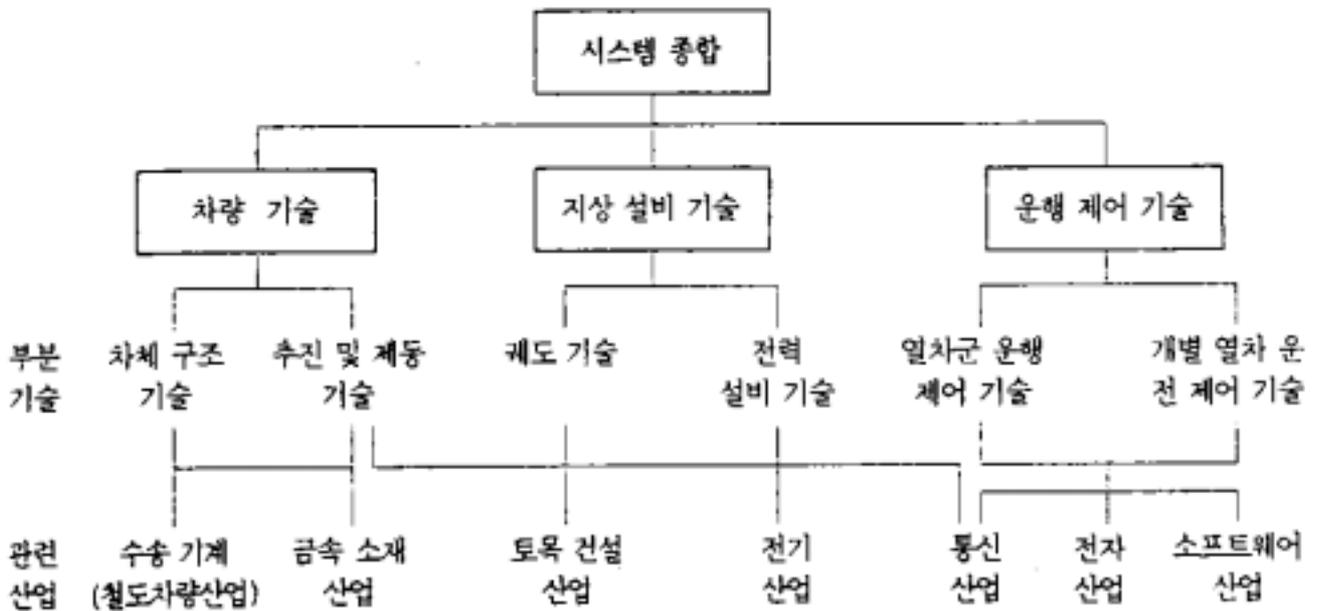
前述한 바와 같이 고속전철 가능한 다양한 기술 분야들의 결합이 요구되는 전형적인 體系工學(system engineering) 기술로서 고속전철 건설에 따른 파급효과의 분석을 위해서는 먼저 관련 기술들의 有機的 연계성을 파악하고 이를 토대로 관련 산업에의 파급 효과를 분석하는 순서로 진행되어야 한다. 구체적으로 관련 기술들의 수평·수직적 연계성

은 해당 기술에 대한 기술 계통도를 통해 파악될 수 있고, 부분 기술들의 산업 연관성은 각각의 기술 요소가 속하는 산업 분야와 연결시킴으로써 관련 산업 분야들을 도출할 수 있다.

1. 고속전철의 技術系統圖

고속전철의 기술 계통도는 그 용도나 목적에 따라, 또한 핵심 기술의 종류나 사양의 차이에 따라 그 構造와 範圍를 달리 할 수 있다. 예를 들어 기계 기술 중심의 기술 계통도와 전기 기술 중심의 기술 계통도는 크게 다를 수 있고 車輪式전철의 계통도는 磁氣浮上式 전철의 계통도와 상이한 형태를 보이게 되며, 전체의 구조를 강조하는 계통도도 부분 기술의 분석을 위한 계통도는 그 細密度에 큰 차이를 나타낼 수 있다.

<그림 2> 고속전철 기술의 산업 연관 구조



<그림 1>에 도시된 계통도는 차륜식(wheel-on-rail) 전철 기술을 중심으로 단순하면서도 종합적인 형태로 작성된 것이다. 즉, 세밀한 부분 기술을 網羅하기 보다 종합적인 시스템을 구성하는 핵심적인 기술 분야들간의 연계성을 중심으로 파악한 기술 구조인 것이다.

고속전철의 기술은 크게 車輛기술, 地上設備기술, 運行制御기술로 나눌 수 있다. 나아가 차량 기술은 전철의 본체어 관한 차체의 구조에 관한 기술(靜的기술)과 차체의 움직임에 관한 추진 및 제동 기술(動的기술)로 구분할 수 있다 또한 지상 설비 기술은 자체와 별도로 차체의 움직임을 지원하기 위해 지상에 설치되는 시설물에 관한 기술로서, 철도의 기본 설비인 軌道기술과 에너지의 통로인 전력 설비 기술로 분화된다. 마지막으로 운행 제어 기술은 운행의 안전성과 효율성에 관련된 기술로서, 전체적인 운행 시스템을 제어하는 列車群 운행 제어 기술과 개별 차량의 동작을 제어하는 개별 운전 제어 기술로 나눌 수 있다.

2. 고속전철 기술의 産業聯關性

고속전철의 관련 산업 파급 효과를 분석하기 위해서는 기술 계통도를 토대로 각 부분 기술이 속하는 산업 분야를 파악하는 것이 필요하다. 물론 오늘날의 기술은 複合化·融合化의 속성 때문에 많은 경우 어느 특정 산업에 독립적으로 연관되기보다는 다양한 산업에 걸쳐 중복되어 연결되는 것이 일반적이기는 하나 상대적으로 기술적 연계성과 파급 효과가 큰 산업의 파악은 가능하며, 이러한 접근법을 바탕으로 고속전철의 계통도로부터 도출될 수 있는 산업 연관 구조는 <그림 2>와 같다.

그림에 나타난 것처럼 고속전철의 건설에는 다양한 산업 부문들이 관련되며 구체적으로, (1) 구조물 및 작동체의 저

작을 위한 하드웨어 분야뿐 아니라 전철 시스템의 운영에 필요한 소프트웨어 산업도 관련되며, (2) 전철 차량을 중심으로 한 輸送機械산업뿐 아니라 자체나 구조물의 素材산업, (3) 주에너지원인 전력의 공급을 위한 電氣산업, (4) 지상 구조물의 시공에 필요한 土木·建設산업, (5) 운행의 제어와 관련된 通信·電子산업 등이 망라되어 있다. 그 밖에도 다양한 산업 분야들이 부분적 또는 간접적으로 관련될 수 있는 바, (1) 시멘트와 철강 산업 등과 같은 구조물의 건설에 필요한 資材 산업분야, (2) 원자재의 수송을 통해 대규모의 신규 수요를 기대할 수 있는 運送산업분야, (3) 자동차 산업의 경우 현재 개발을 추진중인 전기 자동차와 같은 기술적인 공통점에 의해 同伴的 발전을 圖謀할 수 있는 분야, (4) 自動化기술이나 시스템 제어 기술등과 같이 핵심 기술의 내용이나 응용의 범위의 관점에서 볼 때 밀접한 관련을 맺고 있는 분야 등을 들 수 있다.

주요 관련 산업별 파급 효과

1. 차량 산업분야

1.1 産業特性 및 現況

철도차량 산업은 자동차 산업이나 조선 산업과 함께 수송 기계 산업의 중요한 부분을 차지하고 있다. 일반적으로 수송 기계 산업의 특성은, 첫째, 지속적인 고정 수요의 확보가 어려운 불연속적 受性型산업, 둘째, 막대한 시설 투자와 연구개발 비용에 비해 투자 회수 기간이 긴 長期型산업, 셋째, 다양한 기술의 복합을 요구하는 전형적인 시스템 산업, 넷째, 모든 부품의 자체 생산이 어려운 이유로 완제품의 量産·組立은 대기업이 부품의 소량 생산은 중소기업이 담당하는 分業型산업 등을 들 수 있다. 특히 철도 차량 산업은 주로 주문 생산에 의존하는 수요의 不連續性으로 인해 장기적이고 안정적인 시설 투자 및 연구개발이 어려운 구조적 문제를 안고 있다. 더구나 국내의 철도 차량 산업은 狹小한 시장의 한계와 철도 수요의 지속적인 감소로 인해 시설 투자가 부진하고 기술적으로도 落後되어 있는 실정이다.

90년이 경우 수송 기계 산업의 비중은 기계산업 전체의 총생산 가운데 약 60%정도로 기계 생산액이 절반 이상을 차지하고 있으나 자동차 산업의 비중이 절대적이며 철도 차량 분야는 2%정도의 미미한 비중을 차지하고 있다. 또한 조립업체의 경우 기술의 自立度가 미약하며 부품업체들도 零細性을 면치 못하고 있는 실정으로 설계 기술이나 핵심 부품 기술을 거의 외국에 의존하고 있는 형편이다. 기술 개발에 있어서도 정부기관, 대학 및 기업의 철도 관련 연구기관들이 독립적으로 또는 종합 연구 기관의 부분 조직으로 설립되어 활발한 연구개발 활동을 벌이고 있으나 고속전철 기술의 발전 속도에 비추어 볼 때 아직 그 규모와 수준에 있어 初步段階에 머물고 있는 현실이며 연구개발 주체간의 有機的 협력 체제도 脆弱한 실정이다.

그러나 중·저속 디젤 열차나 전철의 경우엔 오랜 기간의 생산 및 개발 경험을 바탕으로 상당한 수준의 기술 및 가격 경쟁력을 확보하고 있으므로 일단 신기술 흡수를 위한 基盤은 마련되어 있다고 할 수 있다. 구체적으로, (1) 7년대 전반기 이후의 기존 철도 電鐵化사업, 74년년도 수도권 전철 開通 이후 대도시 지하철 건설 등에 힘입어 철도 차량 제작회사들의 생산 능력이 늘어나고 있고, (2) 국산화율도 客貨차의 경우는 100%, 디젤기관차 전기동차의 경우는 90% 정도를 기록하고 있으며, (3) 客·貨차를 중심으로 후발 개도국들에 대한 차량 수출도 증가하고 있다. 따라서 기술 개발을 활성화시킬 수 있는 대규모 수요가 확보될 경우 飛躍的인 기술 수준의 향상을 기대할 수 있는 潛在力이 있는 것으로 평가된다.

1.2 고속전철 건설의 기술적 파급 효과

고속전철의 차량 기술은 기본적으로 기계와 전기 기술의 복합기술로서 고속전철 기술 시스템의 核心에 위치하는 분야이다. 그러나 국내의 수송 기계 산업 부문에 있어서 자동차 산업과 조선 산업이 기술적 비교 우위를 확보하고 있는 데 반해 철도 차량 산업은 항공 산업과 더불어 상대적으로 脆弱한 기술 기반과 수준을 지니고 있다고 할 수 있다. 이러한 현상은 근본적으로 협소한 시장 규모와 不連續的인 수요에 起因하며 더구나 고속전철 기술은 각각의 부분 기술이 첨단적인 성격을 지니는 high-tech인데다가 복합적인 종합 기술이므로 특정 기업이나 연구 기관이 독립적

으로 기술 개발을 수행하기가 어려운 이유로 현재까지 국내의 기술 현황은 선진 기술의 모방 수준에 그쳐온 실정이다.

그러나 고속전철의 건설은 차량에 대한 대규모의 지속적인 수요를 창출함으로써 국내의 철도 차량 산업의 개발 활동을 활성화시킬 수 있는 본격적인 계기가 될 것으로 기대된다. 또한 기존의 철도 수송 기술(지하철 포함)의 개선과 합리화에 기여할 뿐 아니라 전기 자동차와 같은 혁신적인 수송 기술의 발전에도 간접적인 파급 효과를 나타낼 것으로 예상된다. 나아가 차륜형 고속전철과 관련된 신기술의 획득뿐 아니라 자기 부상형 등의 다른 기술대안에 대한 검토와 조사를 통해 폭넓은 기술 개발의 기회가 제공되는 부수 효과도 얻을 수 있을 것이다.

현재 고속전철의 부분 기술 가운데 시스템 설계 기술 및 기초 설계 분야는 기초적인 기술 체계도 확립되어 있지 못한 현실이며 제작 기술에 있어서도 가장 핵심 부분인 추진 및 제동 기술이 크게 취약한 실정하므로, 고속전철의 기술 이전과 개발을 통해 첨단 복합 기술의 종합적인 설계 능력이 크게 향상될 것으로 기대되고, 핵심 부품의 생산 기술도 커다란 발전이 예상된다(<표 1> 참조).

<표 1> 철도 차량 분야의 기술적 기대 효과

기술 분야		기술적 기대 효과
고속 전철 분야	설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 차체 구조 기술의 습득 · 추진 및 제동 기술의 습득 · 시스템 종합 설계 기술의 습득
	제작 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심 부품 제작 기술의 습득 · 생산 관리 기술의 습득
여타 기술 분야	기존 철도 기술	기존 철도 기술의 합리화 및 국산화에 기여
	신기술	모노레일, 전기 자동차 등의 기술 발전에 간접 기여

2. 토목·건설분야

2.1 산업 특성 및 현황

토목·건설 산업은 전형적인 受注型산업으로 인력 고용 및 건설 자재 조달을 중심으로 한 경제적 파급 효과가 높은 특성을 지니고 있다. 현재 국내의 토목·건설 분야는 산업 규모나 기술 수준에 있어 상대적으로 높은 국제 경쟁력을 확보하고 있는 분야로서 풍부한 국·내외 시공경험과 기술 자산을 보유하고 있는 대규모 업체들이 많이 존재하고 있어 고속전철의 건설에 필요한 地上 및 地下설비 시공을 거의 독자적인 국내 기술을 통해 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 80년대 초반 세계 제2위의 해외 건설 수주액을 기록한 것을 고비로 80년대 중반 이후 전반적인 건설 경기가 沈滯국면으로 접어들고, 건설 수요 구조의 高級化로 단순 노동 집약적 공사에 置重하던 국내업체들은 급속한 경쟁력의 저하를 경험하고 있는 실정이며 인건비의 상승과 주요 개도국의 경쟁력 향상은 또 다른 위험 요소로 작용하고 있다. 또한, 최근 수년간 新都市건설을 중심으로 한 국내 건설 경기의 호황에도 불구하고 建設單價의上昇으로 인하여 건설 공사의 경영 여건은 별로 개선되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 대·내외적인 환경 변화에 직면하여 국내의 토목·건설 산업은 價格競爭으로부터 技術競爭으로의 전환을 실현시켜야 하는 절박한 과제를 안고 있다고 할 수 있다.

고속전철과 관련한 토목·건설 분야의 핵심기술은 크게 철도 기술, 터널 기술 및 橋梁기술을 들 수 있는 바, 이들 부분 기술들에 대한 국내의 기술 수준을 평가하면, (1) 施工기술은 상당히 높은 기술 수준을 확보하고 있으나, (2) 설계 및 監理기술은 상대적으로 뒤떨어져 있으며, (3) 維持管理기술도 취약한 것으로 나타나고 있다(<표 2> 참조).

<표 2> 토목·건설 분야의 주요 부분 기술의 기술 수준 비교

(최고 기술 보유국: 100기준)

분야	시공	설계	감리	유지 관리
철도	85	65	70	70
터널	80	65	60	65
교량	75	70	65	65

자료: 「산업기술」, 한국산업은행.
1991. 11

2.2 고속전철 건설의 기술적 파급 효과

前述한대로 우리 나라의 토목·건설 기술은 고속전철 관련 기술 가운데 가장 높은 기술 수준을 보유하고 있는 분으로서 국내뿐만 아니라 해외에서도 풍부한 플랜트 건설과 철도시설의 건설 경험을 통해 상당한 수준의 기술 축적이 이루어져 있다. 그러나 고속전철의 시공 기술은 고도의 精密度가 요구되므로 기존 철도나 도로공사 시공시에 적용되던 정밀도로는 충분하지 못하다는 점에서 첨단 기술의 습득을 통한 기술 수준의 향상을 이룰 수 있는 기회가 될 것으로 전망된다. 특히, (1) 경부고속전철의 경우는 傾斜度에 대한 차륜 기술의 한계 때문에 전구간의 약 65%가 터널이나 교량으로 이루어지게 되므로 이 분야에 대한 새로운 시공 기술(MSS, NATM 공법 등)의 개발과 경험의 축적이 기대되고, (2) 또한 고속전철을 위한 궤도의 動力學的인 해석 기술의 습득도 중요한 기술 과제로 지적할 수 있으며 (3) 고속전철의 건설은 대규모의 시스템 공사로서 효과적이고 종합적인 공정 관리가 요구되는 사업이므로 고속전철의 건설을 통해 고도의 프로젝트 관리 기술을 습득하는 것도 기술적 수확으로 들 수 있다. 또한, 전반적인 기술 수준의 향상은 국내 토목·건설 산업의 국제 경쟁력을 제고시킴으로써 해외 시장의 多邊化를 통해 급변하는 토목·건설 환경에 효과적으로 대응할 수 있는 경영 전략의 수립과 이에 필요한 技術資産을 확보하고, 高級化·多樣化·自動化 등의 새로운 건설 수요를 충족시킬 수 있는 건설기술의 개발과 습득 효과를 기대할 수 있다. 구체적으로 각 부분 기술별로 기대되는 기술적 파급 효과를 要約하면 <표 3>과 같다.

3. 전기·전력 분야

3.1 산업 특성 및 현황

고속전철에 관련된 전기 기술은 크게 차량자체에 설치되는 電氣기기 기술과 전차선 및

<표 3> 토목·건설 관련 부분 기술별 기술적 파급 효과

부분 기술	기술적 파급 효과
시공 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 최근 활용중인 최신 공법 기술의 체화 효과 · 국내 경험 축적이 없는 첨단 공법의 습득 효과 · 시공의 기계화, 자동화 기술의 습득 효과
건설 장비 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 고급 및 첨단 건설 장비 기술의 개발효과 · 건설 장비 기술의 발전으로 인한 인력 절감 효과
공사 관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 공사 관리의 표준화 및 전산화 효과 · CM(Construction Management) 기술의 습득 효과

送, 變電시설 등의 지상 설비 기술로 나눌 수 있으며 前者의 경우는 전기 기기 산업이, 後者의 경우는 전력 산업에 관련되게 된다.

전기 기기(重電기기) 산업은 국가기간 산업인 전력 산업을 뒷받침하는 산업으로 전기 에너지의 發電, 送電, 集電 및 變電을 위한 기기를 제조·공급하는 분야로서 산업 특성으로는, 첫째, 技術集約的 산업으로 기술 축적이 필수적이며, 둘째, 전기적·기계적 기술이 결합된 綜合技術 산업이며, 셋째, 受注型 산업으로 계획생산과 규격화가 어려운 특성을 지닌다. 중전기기 산업은 생산 규모에 있어서는 과거 10여 년간 비약적 성장을 거듭하여 2000년 대비 2%의 기계 공업 대비 약 6%의 비중을 나타내고 있으나 수입 의존도가 약 35%로서 상대적으로 높은 對外依存度를 보이고 있으며 內需:輸出 비율이 약 90:10으로서 慢性的인 무역 적자를 벗어나지 못하고 있다. 따라서 소재 및 부품 기술의 개발과 종합적인 생산 체계의 합리화를 통해 산업의 자립 기반을 구축하는 일이 시급한 과제이다. 전력용 電線 산업은 크게 보아 전기 기기 산업의 부분 산업으로 분류할 수 있으나 대규모 시설 투자를 필요로 하는 裝置산업의 일종이라는 면에서 산업 특성을 달리한다고 볼 수 있다.

한편 지상 설비 기술에 관한 전력 산업의 경우는 기간 산업의 公共性으로 인해 한국전력공사 및 한국전기통신공사에 의해 獨占的으로 관리되고 있다. 현재 국내의 전철용 전력 설비는 비교적 국산화가 많이 되어 있는 분야이고 기술수준도 상당히 높은 편이라고 평가할 수 있으나 현재까지 운행되고 있는 전철이 중·저속형임을 감안할 때 고속전철의 경우에는 고속화에 따르는 많은 기술적 문제점들을 해결해야 할 것으로 보여진다.

3.2 고속전철 건설의 기술적 파급 효과

고속전철과 관련된 전기 기술 가운데 전기 기기 및 전력 설비 기술은 送電기술, 變電기술, 集電기술 등으로 나눌 수 있는 바, 송전 기술의 要諦는 초고압 및 초전도 송전에 따른 송전 손실의 최소화를 들 수 있으며, 변전 기술의 경우는 변전 효율의 향상이 기술적 목표가 되고, 집전 기술은 집전도의 극대화에 초점은 맞추게 된다. 현재 송전 및 변전에 필요한 요소 기술은 상당한 수준의 국산화가 이루어져 있으나 집전 기술의 경우는 중·속 전철 기술에 머물러 있는 수준이므로 고속전철용 집전 기술의 습득이 중요한 기술 과제라고 할 수 있다. 특히, 고속 주행시 가선과 집전 설비(판토타프)간의 動力學的 해석 기술의 습득, 집전 설비의 설계 및 제작 기술의 습득, 집전 설비의 小型·輕量化 및 耐久性 제고 기술의 습득은 핵심적인 과제로 지적할 수 있다. 따라서 전기 분야에 관련된 기술적 파급 효과는 현재까지 축적된 중·저속형 전철의 전기 기술을 고속형에 적용할 수 있는 수준까지 끌어올리고 기술적으로 낙후되어 있는 집전 기술의 수준을 제고시키는데 있다고 할 수 있다.

구체적으로 전력 설비 분야에서는, (1) 요소기기(발전기, 송변전기기, 변압기, 遮斷器 등)의 국산화가 실현될 수 있을 것으로 기대되며, (2) 전력 계통의 해석 기술 및 最適투자 설계기술 등 기반 기술의 습득이 예상되며, (3) 첨단 기술 분야인 自動化기술과 遠隔제어 기술 발전의 파급 효과가 있을 것으로 전망된다. 또한 고속전철의 전기 기술 분야에서는, (1) 전기설비(전동기, 변압기 등)의 국산화, (2) 집전 설비의 설계 및 제작 기술의 습득 효과를 기대할 수 있다(<표 4> 참조).

<표 4> 전기·전력 분야의 기술적 파급 효과

부분 기술	기술적 파급 효과
전기 기기	<ul style="list-style-type: none"> · 전기기기의 국산화 · 고속전철용 집전 기술의 개발 효과
전력 설비	<ul style="list-style-type: none"> · 전력 설비 요소 기기의 국산화 · 최적 시스템 구성 기술의 습득 · 전력 설비의 자동화 및 표준화 · 원격 감시 제어 기술의 향상

4. 통신 분야

4.1 산업 특성 및 현황

고속전철의 건설에 필요한 통신 기술의 범위는 상당히 包括的인 바, 구체적으로는 전철 운영의 안전성과 효율성을 위한 통신·교환 기술, 信號 기술 및 제어 기술 등을 포함하게 된다. 따라서 狹義의 통신 산업은 물론이고 하드웨어의 제작을 위한 전자·전기 산업 및 정보 처리를 위한 소프트웨어 기술의 측면도 강조되는 분야로서, 소위 3C (Computer, Communication, Control) 로 代辨되는 기술적 구성요소는 관련 산업과의 연계성을 잘 표현한다고 할 수 있다.

통신 산업은 기술의 첨단성으로 인한 기술적 중요성과 고부가 가치성 및 성장 잠재력 등의 경제적 중요성으로 인하여 가장 성장의 폭이 큰 산업분야로 들 수 있다. 실제로 최근 수년간의 통신 산업의 成長率은 같은 기간 내의 GNP 成長率의 약 세 배를 나타냈으며, GNP에서 차지하는 比重도 거의 10%에 이를 정도로 현저한 증가를 보이고 있다. 이는 통신 기술의 급속한 발전과 통신 서비스 수요의 多樣化, 高級化에 의해 종래의 단순한 자원 산업의 위치에서 벗어나 무한한 시장 잠재력과 커다란 前·後方 파급 효과를 지니는 국가적 戰略산업으로 浮上하는 과정을 설명하는 현상으로 해석할 수 있다.

넓은 의미의 통신 산업은 郵政부문, 電波관리 부문, 遞信金融 부문 등을 망라하게 되지만 고속전철과 관련하여 직접 연계되는 부문은 電氣通信산업으로서, 특히 통신 기기 제조업, (전자)부품 소재업, 통신 서비스업 등이 그 핵심을 이루게 된다. 국내의 전기 통신 산업은 높은 성장률과 괄목할만한 기술 발전에도 불구하고 현재로서는 전반적인 국제 경쟁력과 기술 기반이 취약한 실정으로서, 有線통신 기기 산업은 전반적인 기술 수준의 낙후로 단순 조립 위주의 생산 방식에 그치고 있으며 교환기, 전송 기기를 제외하고는 기술 경쟁력보다는 가격 경쟁력에 의존하고 있는 현실이고, 無線통신 기기 산업은 최근 수요의 급증에 힘입어 빠른 成長率을 나타내고 있으나 아직까지 기술 수준 및 생산 기반이 취약하여 수입 의존도가 높은 편이며, 部品분야도 높은 해외 의존도로 인해 가격 경쟁력과 부가 가치 獲得率이 낮은 형편이다. 또한, 정보 통신 서비스 산업도 基本통신 서비스 분야의 경우에 保安性, 電送速度, 通信單價 등의 면에서 취약한 기반은 지니고 있으며 附加통신 서비스 분야의 경우는 기술 수준의 落後, 정보 통신 체제의 未備, 互換性과 표준화의 부족 등의 기술적 문제점들을 안고 있다. 더구나 최근 국내 통신 시장의 開放과 기술 선진국들의 保護主義 강화 등의 환경 변화로 인해 機會요소와 威脅요소가 공존하는 轉換期的 상황에 놓여 있다. 따라서 국내의 통신 산업의 구조도 대·내외적인 여건 변화에 대응하기 위해 종전의 獨·寡占체제로부터 본격적인 競爭체제로 移行되는 過渡期에 있다고 볼 수 있다. 실제로 통신 산업의 公的 기능과 경쟁 체제의 효율성을 적절히 조화시키기 위한 시도가 활발히 논의되고 있는 상황이며, 기업들을 중심으로 본격적인 시설 투자와 기술개발이 진행되고 있는 중이다. 그러므로, 고속전철의 건설에 필요한 전기 통신 기술의 개발 과정은 통신 산업의 원활한 체제 전환에도 기여할 것으로 기대된다.

4.2 고속전철의 기술적 파급 효과

고속전철의 통신 기술은 크게 열차군의 운영을 제어하는 기술과 개별 열차의 운전을 제어하는 기술로 나눌 수 있다. 또한 이 분야의 기술은 주로 전철 운영의 안전성과 효율성의 제고를 要諦로 하고 있으므로 이를 위한 하드웨어뿐만 아니라 운영 관리에 필요한 소프트웨어 기술도 중요한 부분을 이루게 된다.

고속전철에 있어 통신 및 제어 기술의 중요성은 手旗 신호와 手動操作에 의해 제어될 수 있는 기존의 철도 수단에 비해 고속전철에 있어서는 속도의 향상과 노선의 복잡화에 따라 차량 자체의 속도와 구간간의 운행 상황을 효과적으로 제어할 수 있는 자동 제어 기술이 필수적으로 요구되기 때문이다. 그러나 기술적 중요성에도 불구하고 이 분야에 대한 현재의 국내 기술 수준은 크게 낙후되어 있어 대부분의 설비를 수입에 의존하고 있는 실정이며 국내 제작은 주로 기계적인 端末장비에 제한되어 있다. 또한 자동 診斷 및 모니터링 설비도 설계 및 제작 경험이 尠無한 실정으로 전량 수입 장비를 사용하고 있는 형편이다. 그러나 半導體 기술, 交換器 기술, 光통신 기술 등의 국내 개발을 통해 통신 기술 개발의 기반이 형성되어 있으므로 고속전철의 건설은 통신 기술의 획기적 발전의 계기가 될 것으로 예상된다. 구체적으로 중요한 기술 분야별 기술적 기대효과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 통신 산업의 기술 분야별 기대 효과

기술 분야	기술적 기대 효과
통신 기기 분야	<ul style="list-style-type: none"> · 유·무선 통신 기기 기반 기술의 습득 · 통신 기기 부품이 제작 기술의 습득 · 통신 서비스 시스템 체계의 확립
신호·제어 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 자동 열차 제어 장치의 車上 설비 기술의 습득 · 자동 열차 제어 장치의 地上 설비 기술의 습득 · 중앙 제어 시스템 설계 및 운용 기술의 습득

5. 기타 분야

위에서 詳述한 산업 분야들 이 외에도 많은 분야들이 이 외에도 많은 분야들이 고속전철의 건설을 통해 間接的·同件的 的 파급 효과를 얻을 수 있다. 그 중에서도 아래의 분야에서는 기술적인 파급 효과가 상당할 것으로 기대된다.

우선 철강, 금속 등의 素材산업에 대한 기술적 파급 효과가 클 것으로 전망된다. 구체적으로 輕量性 및 耐久性이 뛰어나고 고속 주행시에도 전력의 안정적 공급이 가능한 첨단 소재의 개발이 촉진되고, 小型·輕量化를 통해 에너지 절약 기술의 향상이 기대되며, 자동차의 차체 경량화 기술의 同伴的 발전도 예상된다 할 수 있다. 다음으로 自動化 분야의 기술 수준 향상과 산업 경쟁력 강화를 기대할 수 있다. 특히 공장자동화(FA) 설비의 국산화가 촉진됨으로써 轉入代替效果는 물론 同산업 장기적인 국제 경쟁력의 제고가 예상되고, 나아가 사무 자동화(OA) 가정 자동화(HA) 등 자동화 분야의 전반적인 기술 발전과 보급률의 확대가 기대된다. 또한 情報산업의 활성화로 본격적인 정보화 시대의 到來를 앞당길 것으로 기대된다. 즉, 통신 기술과 정보 처리 기술의 발전으로 정보화 시대를 위한 기술적 기반의 구축이 가속화되고, 수송 능력의 확대로 정보의 生産, 流通 및 消費체제의 효율성이 향상될 것으로 예상되는 것이다.

외국의 경험과 사례

현재 고속전철을 자체 개발, 운행중인 나라는 일본(新幹線), 프랑스(TGV) 및 독일(ICE)의 3개 국으로서 이들은 모두 운행 속도 200Km/h이상의 고속전철 기술을 보유하고 있다. 이들 국가들은 10년 이상의 연구개발 및 시험 기간을 거쳐 이미 商業化를 이루었으므로 우리 나라의 현실과 비교하여 이들의 개발 배경과 실용화에 의한 관련 산업에의 보급 효과를 살펴보는 것은 의미가 있을 것이다.

1. 사회 경제적 수요와 고속전철의 보급 효과

기술 혁신의 관점에서 볼 때, 고속전철의 출현은 철도 수송에 대한 사회·경제적 수요의 증가와 이를 수용할 수 있는 기술적 능력이 맞물리면서 이루어졌다고 할 수 있다. 우선 사회·경제적 수요의 측면에서 볼 때, 현재 고속전철을 운행중인 일본, 프랑스 및 독일의 경우 몇가지 공통점이 고속전철의 개발을 추진하게 된 動因으로 지적될 수 있는 바, (1) 지리적으로 고속전철의 보급 우위가 실현될 수 있는 中長거리(300~600Km) 구간이 內陸輸送의 중심적인 역할을 담당하고 있으며, (2) 석유 자원의 부족으로 代替에너지의 개발과 省에너지에 대한 필요성을 공유하고 있고 (3) 인구의 도시 집중화 현상으로 거주 및 산업의 중심이 소수의 대도시에 偏重됨으로써 지역간 교류의 활성화를 통해 균형적인 지역 개발을 도모할 필요성이 공존하고 있다.

이러한 공통적인 필요성을 토대로 건설된 고속전철은 당초 추진 단계에서 제기되었던 公共투자의 우선 순위 문제로 商業性에 대한 우려는 拂拭하고 경제적 성과를 거두었을 뿐 아니라 上述한 문제점들의 解決·緩和에 크게 기여함으로써 고속전철 건설의 타당성을 立證하였으며 나아가 지속적인 고속전철網의 확대와 연구개발투자로 연결되고 있다 또한 고속전철의 건설을 통해 전반적인 기술 수준의 향상 뿐 아니라 관련 산업에의 보급 효과도 극대화시켰다는 평가를 받고 있다.

2. 기술 수준과 기술 개발 전략

고속전철의 건설을 위해서는 사회·경제적 必要要件과 함께 기술적 充分條件이 함께 요구된다. 차량의 설계·제작 기술뿐 아니라, 궤도등의 infrastructure를 포함하는 시스템 전반의 기술 기반이 구축되어야 하는 것이다. 그런 의미에서 위의 국가들은 필요와 충분 조건을 모두 갖추고 있다고 할 수 있다. 우선, 고속전철의 차량과 선로 기술뿐 아니라 시스템 전반을 지원할 수 있는 과학기술의 기반과 연구개발 체제를 갖추고 있으며, 수송 기계 기술뿐 아니라 토목·건설 기술, 전기·전자 기술 등의 다양한 분야에서 기술 경쟁력을 지니고 있고, 이들 가능 자산들을 효과적으로 결합시킬 수 있는 産·學·研의 협동적 연구개발 체제가 구축되어 있는 것이다. 따라서, 이들 국가들의 기술개발 과정 및 관련 산업 연계 구조는 고속전철의 건설에 필요한 관련 기술을 有機的으로 결합한 bottom-up 형태를 나타낸다고 할 수 있다.

3. 고속전철의 관련 산업에의 보급 효과: 일본의 경험

일본의 경우, 고속전철의 건설로 인한 보급 효과를 크게 年間, 약 1조 3800억 엔으로 추산되는 時間生産效果, 기존의 수송 수단에 대한 교통 수요의 吸收·代替效果, 관련 산업에의 技術開發效果로 나누고 있다.

이 가운데 기술 개발 효과의 핵심은, 고속전철의 건설을 통해 경제 및 산업구조의 先進化를 실현할 수 있었다는 데 있다. 즉, 고속전철의 건설 단계에 있어, 일본 경제는 산업 구조의 선진화에 요구되는 기술 수준의 한계와 수송 능력의 부족으로 경제 성장의 停滯·減速 위험에 직면하고 있었으나 고속전철의 건설을 통해 폭넓은 관련 산업의 기술 발전을 실현함으로써 선진화로의 移行을 圓滑히 할 수 있는 계기를 마련하였다는 것이다. 구체적으로 기술적 波及效

果가 현저히 나타난 산업 분야로는 기계 산업, 전기·전자 산업, 수송산업, 토목·건설 산업, 통신·정보산업, 금속·화학 산업 등으로 평가되고 있다. 또한 고속전철의 건설은 미래의 전략 산업으로 예견되는 研究開發産業과 知識·情報産業의 기반 구축에도 크게 기여한 것으로 분석되고 있다.

결론적으로, 일본에 있어 고속전철의 건설사업은 미국의 아폴로 계획에 비유되는 국가적 차원의 巨大科學(big science) 프로젝트로서 일본의 전반적인 기술 수준의 향상에 지대한 파급 효과를 나타낸 典型的인 사례로 평가되고 있는 것이다.

결론: 기술 이전 및 국산화 전략

고속전철의 건설의 一次的 목적은 물론 산업의 고도화와 생활수준의 선진화에 따른 교통 수요의 증가를 收容하는 데 있으나 건설에 필요한 투자규모와 기술범위를 감안할 때 이에서 유발되는 관련 산업에의 기술적 파급 효과를 극대화시킬 수 있는 정책적 수단의 並行도 이에 못지 않게 중요한 과제라고 할 수 있으므로 국가적 차원의 「技術管理」가 절실히 요구된다. 더구나, 오늘날 기술 선진국들을 중심으로 강화되고 있는 技術資産의 보호주의 경향을 감안할 때 高價·大型설비의 구매 과정에서 첨단 기술의 국내 이전을 극대화하고 이를 바탕으로 궁극적인 국산화를 早期에 실현시킬 수 있는 「기술 이전 및 국산화 전략」의 중요성은 새삼 강조할 필요조차 없다고 할 수 있다.

이를 위해서는 먼저, 「韓國型 고속전철」의 개발 의식과 체제가 확립되어, 우리의 기술 자산과 개발 경험의 토대 위에서 외국의 첨단 기술을 흡수하고 확산시킬 수 있는 기술 자립 의식과 기술 관리 체제가 이루어져야 한다:

(1) 초기 단계에서부터 국내의 산·학·연의 공동 참여가 필수적이며 국내의 기술 인력과 기술자산을 기반으로 부분적으로 필요한 기술을 이전받는 「국내기술 主導」의 전략이 필요하며, 이는 특히 고속전철의 경우 운영을 시작한 후에도 지속적인 시스템의 유지·확장이 요구되고 속도 향상을 위한 기술개발 노력이 계속된다는 점을 고려할 때 그 중요성은 더욱 부각되는 것이다.

(2) 현재 국내의 기술 수준은 지하철 및 경부·호남선 열차의 속도 수준인 100~150km/h시스템에 대해서는 일부 핵심 기술을 제외하고는 거의 국산화가 가능한 단계이며 운영 경험도 축적되어 있는 상태이므로 이를 바탕으로 속도 향상에 필요한 시스템 및 요소 기술을 집중적으로 개발하는데 초점이 맞춰져야 할 것이다.

(3) 또한, 기술개발을 촉진시킬 수 있는 정책적 수단이 마련되어야 하는 바, 기술 개발 과정에 있어서는 金融·稅制 등의 직접적 지원, 기술 연수 및 훈련 등의 간접적 지원이 동시에 이루어져야 하며, 자체 개발을 통해 국산화된 기술에 대해서는 公共 購買의 優先順位를 부여하는 등의 제도적 장치를 마련함으로써 기술개발 노력을 浮場시켜주고, 주요 국산화 품목들에 대한 국내 기술 수준, 가격, 부가 가치 등의 평가 기준을 통해 국산화의 優先順位를 결정하고 段階別 국산화 전략을 수립·추진하여야 하며, 관련 산업 부문에의 파급 효과를 극대화시키고 다양한 기술의 同伴的 발전을 위해서는 기술 개발 과정에서 시스템적 접근이 필요하므로 철도차량 분야뿐 아니라 고속전철 기술의 개발과 관련되어 있는 여러 분야의 연구 기관이나 기업이 유기적으로 연결될 수 있는 공동 개발체제가 구축되어야 한다.

둘째로는, 효과적이고 장기적인 「技術移轉」전략이 수립되어야 한다. 이는 현재 우리의 기술 수준을 감안할 때 상당한 수준과 범위에 있어 기술개발과 기술 이전이 동시에 추진되어야 하는 바, 기술 개발과 기술 이전의 동전의 양면같은 것으로서 상호 긴밀히 결합되어 있지 않은 경우 기술 이전의 효과가 半減되고 기술 개발의 一慣性도 상실되는 위험을 초래할 가능성이 크기 때문이다. 더구나 앞으로 계약표준지침서(CFB)의 작성과 세부적인 추가 협상의 절차가 남아 있으므로 이 과정에서 가격보다는 기술 이전 문제에 대해 보다 적극적이고 효과적인 협상력의 발휘가 절실히 요구된다.

(1) 기술 이전의 중점 대상은 應用價値가 높은 핵심적인 基盤技術이 되어야 하는 바, 이는 고속전철 뿐 아니라 다양한 분야에 공통적으로 필요한 기반 기술적 이전은 관련 산업분야에 대한 기술적 파급 효과를 극대화시킬 수 있기 때문이다.

(2) 對象技術의 移轉範圍는 생산·제작 기술뿐 아니라 설계 및 해석 기술까지 포함시켜 종합적인 시스템 기술로 연결시킬 수 있도록 해야하고, 기술 이전時 연구 기관 및 관련 기업체가 공동으로 참여하는 기술이전 pool이 형성되어야 하며 이를 통해 이전된 기술을 관련 분야가 共有할 수 있는 장치가 마련되어야 한다.

(3) 對象技術에 대해서 관련기술의 개발경험 및 제품 생산 능력이 있는 업체를 連繫시키는 전략이 필요하며 또한 0 전 기술이 대규모 組立업체에 독점되지 않고 중·소 규모의 전문 부품업체에도 이전될 수 있도록 정책적인 배려가 있어야 한다.

셋째로, 기술개발과 흡수는 「국내 기술과 국제 기술의 調和」의 토대 위에서 이루어져야 한다. 철도기술은 물론 2국의 특성에 맞게 설계되고 시공되어야 하므로 우리의 실정에 맞는 고속전철의 건설은 대단히 중요한 과제라고 할 수 있으나, 고속전철 수요의 세계적인 성장 잠재력과 국내 시장 규모의 근본적 한계를 고려할 때 국제적으로 적용되고 파급될 수 있는 기술의 개발과 이전도 이에 못지 않게 중요한 일이며 궁극적으로 해외 시장에서 국제 경쟁력을 가질 수 있는 기술의 확보도 요구되므로, 국내의 특수한 현실에 부합되면서 동시에 국제적으로 普遍性을 지니는 「기술의 조화」에 대한 인식이 강조되어야 한다.

마지막으로, 경부고속전철 계획에 採擇되지 않았으나, 장기적인 관점에서 기술 혁신의 잠재력을 지니는 「技術代案」들에 대한 연구개발도 병행되어야 한다. 특히 자기부상형 전철 기술은 차륜형 전철에 비해 자체 성능과 부수적인 파급 효과의 측면에서 優位에 있는 것으로 평가되고 있으므로 성장 잠재력을 지닌 기술 대안들에 대한 연구개발이 동시에 이루어져야만 기술 투자의 危險率을 감소시키고 관련 기술간의 시너지 효과(synergy effect)를 제고시킬 수 있을 것이다.

주석 1) 산업혁신연구실, 선임연구원