

# 한국형 고속전철 개발 전략 및 선진국 연구 동향

김 용 주

(한국전기연구소, 고속전철사업그룹장)

## 1. 서 론

현재 한국 고속철도 건설공단을 비롯하여 국내의 철도관련 기술계는 고속전철의 기본사양을 결정하기 위하여 기술적 검토에 모든 노력을 집중하고 있다. 최고 운행속도 350 km/h의 승객을 운송하는 세계 초유의 고속전철 시스템의 기본사양은 보다 신중히 검토되어도 모자람이 없다고 판단된다.

한국 고속철도 건설공단이 제시한 기본사양에 대한 기술적 검토는 TGV-Korea와의 호환성, GEC-Alsthom으로 부터의 기술이전 사항, 국내 기술환경, 그리고 각 연구주체들의 특별한 관심 등 당면한 문제에 초점이 맞추어져 수행되고 있다.

하지만 보다 장기적인 측면에서 적용노선, 철도 승객 수송량, 타 교통망 구성과의 연계문제, 그리고 선진국의 고속철도 기술의 발전방향 등을 종합적으로 검토하여 교통문제 해결과 경쟁력있는 기술력 확보를 동시에 달성할 수 있는 고속전철의 기본사양이 결정되어야 한다고 사료된다.

## 2. 고속전철의 연구개발 추진전략

선진국의 고속전철 개발 연구는 속도향상, 환경오염 문제 해결, 경제성 확보, 승차감 향상, 그리고 타 교통망과의 연계에 의한 철도 이용률 확대 등 당면한 문제점 해결에 초점이 맞추어져 있다.

따라서 본 사업에서 개발하고자 하는 고속전철의 기본사양은 기술개발 우선 정책에 의하여 결정되는 것보다는 선진국의 고속전철 개발 추진전략을 분석하고, 다음과 같은 항목을 자세히 검토한 후에 국내 현실에 적합한 고속전철 시스템이

개발되도록 기본사양이 결정되는 것이 바람직하다.

1) 적용노선 : 경부선 또는 호남선 등 여행 거리 및 시간, 궤도조건, 그리고 신호체계가 확인되어 편성 차량의 승객 편의시설 등을 고려한 차량 configuration을 결정할 수 있는 구체화된 노선.

2) 여객 수송량 : 집중식, 분산식 또는 이층 객차 등 객차 형식 및 수량을 결정할 수 있는 구체화된 여객 수송량.

3) 교통망 연계 : 자동차 및 지하철 연계, 위성도시와의 교통 연계, 그리고 중간역에서의 차량 분리 등을 고려하여 중련 또는 삼중련 등 차량편성의 형태를 결정할 수 있는 교통 연계망 분석.

4) 선진국의 차량기술 발전 방향 : 독일의 ICE 21, 프랑스의 TGV-NG, 일본의 STAR 21 등과 같이 각국은 고유의 교통 수요와 형태를 만족할 수 있는 차량을 개발하면서 동시에 환경문제 해결, 여객시간 단축 및 승차감 향상 등 승객위주의 기술개발, 그리고 경제성 확보를 동시에 만족할 수 있는 차량을 개발하여야 한다. 이를 위하여 선진기술과 교통수요의 연관성에 대한 자세한 분석이 요구된다.

이와 같은 사항이 결정되면 이를 만족하기 위한 기술개발의 구체적인 목표가 설정되며, 이에 따라 기술개발 추진 체계 및 전략도 결정된다. 기술개발의 추진체계는 국내적으로는 산학연 협조에 의하여 진행되고 있으나, 선진 해외기관과의 협력은 국내의 낙후된 기술력을 고려할 때 필수적이라 사료된다. 선진 해외연구 기관과의 협력은 순수한 국내기술 연구와 비교하여 표 1과 같은 특징을 갖는다.

표 1 고속전철 기술개발 추진체계의 비교

특징	추진체계	국내 독자개발 방식	과제별 해외 위탁연구 방식	해외 공동연구 기술개발 방식
연구주체		국내 연구진 주도	국내 연구진 주관	공동 기술개발
기술개발기간		기술축적에 장기간 소요	기술이전 기간 추가 소요	단기간에 효과적인 기술개발
첨단기술개발		첨단기술의 개발이 어려움	분야별로 제한적인 기술축적	첨단 21세기 기술개발
연구비 조성		연구비 조성이 용이	연구비 조성 가능	많은 자금이 소요되어 공동 연구 사업비 조성이 어려움
연구/시험설비		연구 및 시험설비 구축에 막대한 자금 소요	부분적으로 외국의 연구 및 시험설비 이용이 가능	외국의 연구 및 시험설비 공동 이용이 가능
통합조정기능		시스템 엔지니어링 기능 취약	시스템 통합 조정기능이 어려움	시스템 통합 조정 기능이 용이함
기술인력확보		국내 기술인력 확보가 어려움	적절한 위탁 연구기관의 협조가 어려움	선진국의 R&D 자금부족으로 고급인력 확보가 용이

해외 기술협력의 유형은 다시 연구기술 분야의 특징에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.

1) 개념설계 : 고속전철의 설계경험이 있는 국가인 독일, 이탈리아, 일본, 프랑스의 연구기관과 복수로 위탁연구의 형태로 용역을 의뢰하는 것이 바람직하며, 추후 국내 기술진에 의한 분석 및 검토에 의하여 최종 개념설계안을 확정한다. 이때 신뢰성이 입증된 21세기의 차세대 기술이 적극 적용되는 것이 바람직하다.

2) 시스템과 부품 설계 및 제작 : 확정된 개념설계를 수행한 국가 또는 기관과 시스템별로 연구비 공동출자 및 공동 연구에 의한 설계 및 제작을 통해 국내 기술력을 제고하는 것이 바람직하다. 이에 대한 국가 혹은 기관과의 협력체계 구축은 고속전철 기술개발 사업의 대과제 주관기관에 의하여 추진되어야 한다.

3) 시험 및 평가 : 차량 시스템의 시험운행의 경험이 있는 외국 철도회사, 그리고 시스템 개발 기관의 협조를 받아 국내 기술진과 공동으로 국내에서 수행한다.

### 3. 독일 DBAG(차량 일반)의 연구현황

#### 3.1 개요

철도분야의 연구는 신기술만으로는 충분하지 않으며 총괄적인 경쟁력을 강화하는 방향으로 추진되어야 함.

가. 품질 및 이용률 향상(여행시간 단축, 정확한 시간, 신뢰도, 고장, 손상의 정도, 융통성)

나. 효율성이 제고된 생산적인 철도(수송능력, 투자비, 운행 및 보수 비용)

다. 환경 친화력(에너지 소비, 소음, 재활용 물질 및 오염 물질 방출)

라. 철도 시스템의 특성을 고려한 전략

마. 다양한 융통성(경쟁력 확보에 의한 다양한 시장의 점유율 확대)

#### 3.2 연구 추진전략

앞에서 언급된 경쟁력을 확보하기 위하여 다음과 같은 연구 추진전략이 수립되어야 한다.

가. 차량 및 시설의 효율성과 이용률이 제고된 생산적인 철도 시스템

나. 에너지 절약, 차량과 레일 사이에 작용되는 힘을 줄이기 위한 경량화된 철도 시스템

다. 소음이 저감된 조용한 철도 시스템

라. 운행제어 그리고 에너지 절약형 추진 및 제동에 의한 에너지 절약형 철도 시스템

마. 승객, 화물, 궤도, 그리고 환경에 영향을 적게 주는 진동이 저감된 쾌적한 철도 시스템

바. 재활용 품목의 확대, 오염 물질의 방출이 저감된 깨끗한 철도 시스템

사. 컴퓨터 운행제어에 의한 효율성 제고 및 경제적 운행에 의한 효율적인 철도 시스템

#### 3.3 철도 시스템 고유의 특성을 최대한 이용하는 전략

가. 철도차량의 구조를 최대한 이용

1) 2층 객차, 2층 화차 및 2층 객, 화차

2) 열차길이, 축중, Tilting 대차

나. 차량의 다양한 편성

1) 다양한 승객 수요에 대처, 중련 및 삼중련 등의 다편성 차량 연결운행 및 분리운행

2) 운행비용 절감 및 철도 이용지역 확대

다. 가변할 수 있는 Block System 적용

1) 최적 열차 운행제어 및 보호 시스템을 도입한 ATO 방식으로 수송용량 증대

2) 같은 노선에 다양한 철도차량의 운행으로 시격 및 선행 열차와의 안전거리를 자동제어

라. 다양한 동력방식

1) 분산동력 추진 시스템의 적용, 직축 구동방식 적용

2) Linear Motor 등을 이용한 보조 추진 및 보조 제동장치를 지상의 고정설비로 운영

- 차량무게 감소, 가속 및 감속 성능향상, 비용절감

마. 화물 선적 및 하역 작업의 단순화

- 철도차량과 화물 자동차의 화물 Case/Box를 통일하여 선적 및 하역 작업 단순화

바. 화물열차 운행의 정기화

사. 복합 수송 시스템을 위한 역사의 분산화

3.4 주요 연구과제

가. ICE 21 : 동력차량의 경량화 및 환경 친화력 연구, ICE 고속전철의 후속 연구과제

나. RE 2000 : 경량화, 경제성, 환경 친화력 연구, 신속한 환승 및 지역 수송문제 해결 연구

다. FZE : 모듈화 열차의 편성을 위한 자동 신호제어 동력차 연구, 철도 이용지역 확대 연구

라. UGT : 화물의 선적과 하역의 단순화를 위한 화물 수송 시스템 개선 연구

마. NBT : 수송량 증대를 위한 새로운 열차 운행제어 연구

3.5 주요 연구 항목

가. 새로운 추진 시스템 : 직축 구동, Linear Motor Booster, 복합 추진 동력

나. 새로운 Running Gear : Running Gear 21(능동 제어), Single-Axle Running Gear, Running Gear with Single Wheel

다. Breaking Technology 21 : 고온 마찰제동(Plastic and Ceramic Linings), 와류제동, 비상제동으로서의 발전제동

라. 집진장치 : 소음 저감

마. Tilting Technology

바. Automatic Coupling :

1) 차량편성을 자유롭게 할 수 있는 신속한 자동열차 결합 및 분리

2) 차량편성시 제동 시스템 및 총괄적 차량 안전문제 연구

사. 새로운 운행제어 기술 : 무선전송, 유도전송, 위치검출, 제어 및 보호

아. 환경 친화력 연구 : 저소음 바퀴, 저소음 차량, 부품의 재활용, 에너지 절감

4. 프랑스 SNCF(고속전철)의 연구현황

4.1 개요

차세대 고속전철인 TGV-NG의 연구개발 방향은 다음과 같다.

가. 첨단기술의 구현

- 360 km/h, 500석, 2P+8T(2층 객차), 400톤, 축중 17톤

- 유도전동기, 6개의 동력대차, 12,000 kW, 3분 시격, 동력대차에 와류제동 설치

나. 유럽노선에서 운행할 수 있도록 차량의 호환성 확보

다. 모듈화 개념에 근거한 차량 설계

라. 환경 친화력 : 소음저감, 공력저항 저감, 승차감 향상

마. 제작, 유지 및 보수 비용 절감 : 에너지 효율 향상, 자체 경량화, 전장품 경량화

4.2 주요 연구과제

가. 제동 시스템

- 와류제동, 새로운 마찰제동(Carbon Disk/Carbon Pad, Rotor Disk, Ceramic/Ceramic 제동)

- Dynamic Brake의 용량 증대 (격자저항의 열용량 증대)

나. 추진 시스템 : 유도전동기 경량화(1 kW/kg), 개별 전동기 제어, 전력변환 장치용 냉매(FC 72) 사용

다. 차량 경량화

- 알루미늄 차체, 복합소재 차체

- 복합 조립부품을 단일부품으로 단순화, 의사 경량화, 전선 경량화

라. 소음 : 공력소음, 능동 기밀압력 제어, 대차 소음의 차폐, 능동 Acoustic Wall

마. Tilting 대차

바. 능동 집진장치

사. 편성 차량 대수의 축소에 의한 다양한 수송수요 만족

## 5. 일본 JR EAST(STAR 21)의 연구현황

### 5.1 환경 친화력을 가진 철도 시스템

- 공력소음 저감 (전두부 형상, 턴널 영향, 집진장치 커버)

### 5.2 고속 주행성능의 안정성 향상

가. 대차 Damping 시스템, 관절 대차  
나. 주행진동의 저감을 위한 대차의 능동제어

### 5.3 경량화

가. 차체 경량화 : Hollow Extruded Angle, Brazed Aluminium Honeycomb, Aircraft Construction

나. 대차 경량화 : Hollow Axle, 바퀴 직경 감소, Axle Box 와 Axle Gear는 알루미늄

다. Fiber Optic Cable에 의한 Multiplex Transmission

### 5.4 추진 시스템

가. 경량 모터 : 유도전동기, 1 kW/kg, 회생제동 채용

나. 모터 제어 방식

- 전력변환 장치가 경량화된 모터 군 제어

- Slip/Skid 제어가 용이하고, 제동특성이 향상된 개별 모터 제어

## 6. 동력 집중식과 동력 분산식

350 km/h 초고속 열차의 동력형태에 대한 기술적인 검토가 지난 2개월간 국내외 전문가에 의하여 심도있게 검토되고 있다. 동력 집중식이나? 아니면 동력 분산식이나? 이러한 결정은 다음과 같은 요소를 필수적으로 고려하여야 한다.

가. 국내 고속철도 산업의 기술 수준

나. 본 연구사업에서 개발된 기술의 국내 철도산업 분야에의 파급효과

다. TGV-Korea의 이전기술과의 연계

라. 국내외 고속철도 시장의 수요

마. 외국의 첨단기술 개발 추이

바. 경부선의 토목 궤도 및 신호 시스템과의 호환성

사. 고속전철 차량의 요구조건(350 km/h, 1,000명)

국내 철도관련 산업체는 TGV-Korea의 이전기술인 동력 집중식을 선호하고 있다. 하지만 국내외 전문가의 기술적 분석에 의하면 동력 분산식만이 최고 운행속도 350 km/h, 승

객 수송능력 1,000명을 만족할 수 있다는 잠정적인 결론이 제시되고 있다. 또한, 일본은 물론이고 독일, 프랑스 등의 선진국에서도 동력 분산식을 차세대 고속전철의 동력방식으로 채택하고 있다.

동력방식은 앞으로 충분한 시간을 가지고 보다 자세한 기술적 조사와 분석을 수행한 후에 결정되어야 할 중요한 문제이다.

## 7. 결 론

기본사양의 결정은 적용노선, 교통수요, 교통 연계망의 분석, 그리고 선진기술의 분석에 의하여 결정되어야 한다. 또한 한국형 고속전철의 성공적인 개발을 위해서는 선진 외국기관과의 협조에 의한 공동 연구개발 체계의 구축은 필수적이며, 이러한 체계는 고속전철 기술개발의 개념설계 단계부터 시험 및 평가 단계까지 지속되는 것이 바람직하다.

## <저 자 소 개>



**김용주(金容柱)**

1953년 11월 12일생. 1975년 서울대 전기공학과 졸업(학사). 1984년 미국 R.P.I. 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1988년 한국전기연구소 책임연구원. 1988~1995년 한국전기연구소 전력기기연구실장. 1995~현재 한국전기연구소 고속전철사업그룹장.