

# 궤간 가변 차량의 세계적인 개발동향

## International Development Direction of Variable Gauge Vehicles

함영삼\*  
Ham, Young-Sam

윤지나\*\*  
Yoon, Ji-Na

---

### ABSTRACT

Many countries in Asia have been researching for linking and activation of Asia transverse railway and we are trying to link Trans-Korean railway and Transcontinental railway. However we are confronted with a difficult question that the railway system of each country is different from each other-gauge, track formation and signal system. These problems will obstruct prior occupation of market because of loss of time and cost for trans vehicles and transshipment. In this paper, we tried to setting up development direction of Korean variable gauge vehicles by examine international development direction of variable gauge vehicles.

---

## 1. 서론

철도의 좌우 레일 간격, 즉 궤간에는 여러 가지 종류가 있다. 이는 각 나라 또는 철도 회사 단위로 정해진 것으로 세계적으로 보면, 610mm부터 1,676mm까지의 여러 가지 형태의 궤간이 사용되고 있다.

2001년 북·러 정상회담 결과로 본격화되기 시작한 한반도 종단철도(TKR)와 시베리아 횡단철도(TSR)의 연결에 따른 한반도의 동북아시아 물류 핵심 기지로의 도약을 도모하기 위해 우리는 이중궤간 지점을 대차교환이나 환적없이 신속하고 안전하게 직결 운행할 수 있는 궤간 가변 차량의 개발 및 기술적 보완이 시급하다.

목포-서울 청진-나진-러시아 핫산으로 연결되는 노선(TSR)과 부산-서울-평양-신의주-중국 단둥으로 연결되는 노선(TCR)이 한반도와 동북아·유럽을 잇는 가장 빠르고 탄탄한 운송 수단으로 자리 매김 하기 위하여 앞으로 우리나라에서 개발되어야 할 궤간 가변 차량의 세계적 개발 동향을 일본을 중심으로 하여 고찰하기로 한다.

## 2. 일본의 개발 동향

### 2.1 개발의 개요

현재 일본에서는 각 대차에 동력 장치를 설비한 전차 방식인 이른바, 「Free gauge Train」을

---

\* 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 책임연구원, 정회원

\*\* 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 연구원, 비회원

개발, 주행 시험을 통해 안전성과 신뢰성을 확인하는 실증 시험의 단계에 있다. 그림 1에 일본의 궤간 가변 전차 개발 스케줄을 나타내었다.

연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
개발 스케줄	궤간 가변 대차의 기초개발			궤간 가변 대차의 고속 내구 시험·궤간 변환 시험 (시험차 제작, 국내·외 주행 시험)					
	요소개발 (대차·주전동기·궤도)			시험차 제작					
	견인 주행			총연 구내주행시험					
	자력주행			일본국내예비주행시험 100km/h까지(JR서일본) Pueblo 고속내구시험, 궤간 변환시험 차량개조 국내시험					

그림 1 일본의 궤간 가변 전차 개발 스케줄

실증시험은 크게 「일본 국내 예비 시험」, 「미국 Pueblo 시험선 시험」, 「일본 국내 확인 시험」의 세 단계로 나눌 수 있다.

1998년 신간선의 표준궤와 재래선의 협궤를 주행할 수 있는 3량 편성 고속 시험 전차를 개발하고, 1998년 12월에 철도 총연 구내에서 일본 국내 예비 궤간 변환 시험을 행한 후, 1999년 1월에 JR서일본 산인본선 하행선 요나고~야스기구간에서 주행 안전성을 확인함과 동시에 최고 속도 100km/h까지의 속도 향상 시험을 실시하였다.

1999년 4월에는 시험차량을 미국 Pueblo 시험선으로 옮겨, 약 2년에 걸쳐 표준궤에서의 속도 향상 시험과 고속 내구 주행 시험 및 궤간 변환 시험 등을 실시하였다. 미국에서의 시험이 완료된 후 다시 시험 차량은 일본으로 옮겨져 일본선의 사양에 맞게 개조된 뒤 2001년 11월부터 2002년 11월까지 신시모노세키 시험 기지 내에서 궤간 변환 시험, 교직 색선 통과 시험과 닛포 본선에서 협궤 구간에서의 성능 확인 주행 시험을 행하였다.

일본 궤간 가변 전차의 주요 제원을 표 1에, 편성도를 그림 2에 나타내었다.

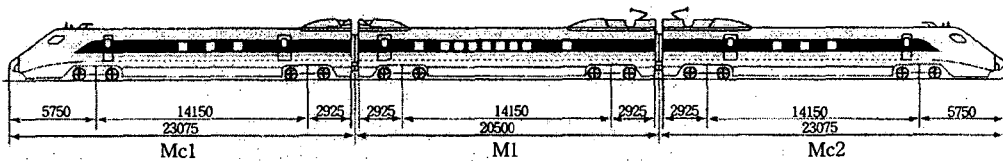


그림 2 궤간 가변 전차의 편성도

표 1 주요 제원

항목		제원		
형식		Mc1	M1	Mc2
치수	차량 전체 길이	23,075mm	20,500mm	23,075mm
	차체 폭	2,945mm		
	차체 높이	3,650		
구체 구조		알루미늄 합금제 기밀구조		
최고 속도		신간선 300km/h / 재래선 130km/h		
자중(t)		45.5	40.0	45.5
차량 총 중량(t)		48.0	42.0	48.0
적용 차량 한계		보통 철도 (비 축소) 차량한계		
구동 방식		조타기능부 DDM 구동방식	평행 Cardan 구동방식	조타기능부 DDM 구동방식
제동		전력 회생 제동 병용 전기 지령 식 공기 브레이크		

## 2.2 궤간 가변 대차의 특징

현재 일본에서는 두 가지 종류의 궤간 가변 대차를 개발 중에 있는데, 독립 차륜 회전 방식 대차(이하 A형이라 칭함)와, 평행 cardan 구조를 이용한 좌우 차륜 일체 회전 방식 대차(이하 B형이라 칭함)가 그것이다. 이 각 대차의 기본적으로 공통적인 특징은 주행하면서 궤간 변환이 가능하며, 전동대차이고, 신간선에서의 고속 안전성이 좋으며, 재래선에서의 곡선 통과 성능이 좋다는 점이다. 이들 각 대차의 특징을 아래에 나타내었다.

### (1) A방식 대차

보통의 철도차량에서는 좌우 차륜이 양측 차축에 고정되어 좌우 일체로 회전하지만, A방식 대차는 좌우 차륜이 각각 차축 위를 침목 방향으로 이동 가능하게 하여 독립으로 회전 가능하게 한 점과, 동력 전달 기구 구조를 간소화하기 위해, 종래의 전동 대차의 동력 전달기구에 많이 사용되어 온 평행 cardan방식이 아닌, 차륜에 직접 모터를 부착하는 DDM(direct drive motor)방식을 채용하고 있다는 점이다.

재래선이 곡선 통과시 차체와 대차의 보기각에 연동하여 윤축을 곡선에 대응하여 휘게하는 조타대차로 하고 있는데, 이는 독립 회전 구조는 좌우의 차륜에 의한 자기 조타성이 없기 때문에 곡선 통과시 횡압이 높아지거나, 차륜의 플랜지가 닿게 되어 마모의 진행이 빨라질 위험성이 있기 때문이다.

### (2) B방식 대차

B방식 대차는, A방식 대차에서 불리한 점으로 작용했던 곡선 통과 시 부족한 자기 조타성과, 차륜 일체 주동기에 의해 스프링 하중량이 증가하는 점등을 개선하는 것을 목표로 개발되었다. 이를 위해, 좌우의 차륜은 일체로 회전하는 구조로 하고, 동력 전달 기구는 평행 cardan방식을 채용하였으며, 주 전동기는 대차계에 장착하였다.

## 2.3 주행 시험 결과

### (1) Pueblo 주행 시험 결과

1999년 4월부터 2001년 1월까지 실시된 Pueblo에서의 주행 시험에서 최고속도 246km/h 주행이 가능하였다. 시험 기간 중에 A방식 궤간 가변 대차는 약 60만 키로, B방식 궤간 가변 대차는 약 23만 키로의 주행 시험을 실시하였으며, 궤간 변환 시험은 총 2,084회 실시되었다.

## (2) 일본 국내 주행 시험 결과

2001년 11월부터 2002년 11월까지 행해진 일본 국내 주행 시험 시, 궤간 변환 시험은 2001년 12월에서 2002년 1월에 걸쳐 414회, 2002년 7월부터 같은 해 9월까지 1,144회로 총 1,558회 실시되었다.

본선 주행 시험에서는, 130km/h에서의 주행 안정성이 확인되었으며, 급곡선 시험에서도 안정된 통과를 확인할 수 있었고, 총 주행 시험 거리는 약 2,800키로였다.

그림 3과 4에 각각 시험 전차와 일본 국내 협궤 주행 시험(요나고~야스기)을 나타내었다.

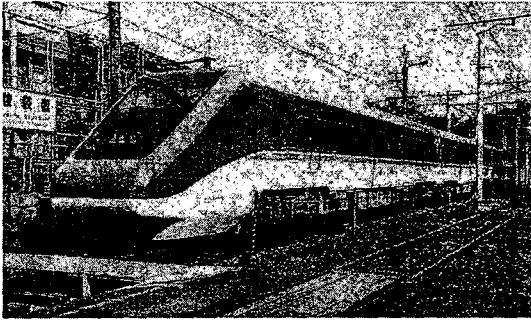


그림 3 시험 전차

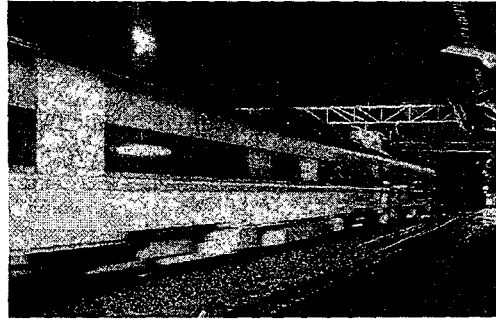


그림 4 일본 국내 협궤 주행 시험

## 2.4 이후의 개발 계획

일본 궤간 가변 전차는 각종 시험을 통해 여러 가지 중요한 데이터 뿐만 아니라 신뢰성, 내구성 과 경제적 문제 등 해결해야 할 과제도 안겨주었다. 따라서 궤간 가변 전차의 실용화에 대한 기대에 부응하기 위해서는 이러한 문제의 해결과 확인이 필요하겠다.

보다 나은 궤간 가변 전차의 개발을 위한 「Free Gauge Train」 기술 연구 조합이 2002년 8월 설립된 이후, 진자 기구를 가진 보다 영업차에 가까운 제 2차 시험 차량의 개발이 진행되고 있으며 새로운 시험선과, 궤간 변환 장치가 건설되고 있는 등, 개발이 더욱 본격화되고 있다.

## 3. 스페인의 개발 동향

유럽 철도의 대부분은 표준궤인 1435mm를 채용하고 있지만, 스페인은 광궤(1668mm)를 채용하고 있어, 스페인과 유럽 각국 사이에서는 직통 운전이 불가능하다. 때문에 스페인 국철은 1966년 7월, 세가지 조건을 만족시키는 조건으로 전세계를 대상으로 궤간 가변 대차의 아이디어를 모집하였는데 그 조건은 아래와 같다.

- ① 2축 대차 방식으로, 대차의 보수가 종래의 차량 공장에서 가능할 것.
- ② 궤간 가변 윤축의 형태의 상이와 손상이 용이하게 검지 가능할 것.
- ③ 주행 10만키로, 궤간 변환 횟수 1000회 사이에서는 보수를 행하지 않고도 주행이 가능할 것.

이 공콜에서 그 기술적 완성도가 높이 평가되어 특별상을 수상한 Talgo방식의 궤간 가변 대차는, 1968년에 개발이 완료되고, 1969년 5월에 바르셀로나에서 제네바간의 특급열차에 채용되어, 실용화에 이르렀다.

### (1) Talgo방식 궤간 가변 대차

“Talgo”란, 스페인 국철의 연접, 경량 차량에 대한 총칭으로, 이에 궤간 가변 대차를 설비한 차량은 Talgo-RD라 칭한다.

이 방식의 궤간 변환 순서는 이하와 같다.

- ① 지상 차체지지 레일에서 대차의 축상체 하부의 하중 지지대를 지탱하고, 차륜으로부터 차륜이 지탱되고 있던 차체 중량을 제한한다.
- ② 축상체의 쇄정핀을 지상의 궤간 해제 레일에서 풀어내 lock상태를 해제한다.
- ③ 좌우의 차륜을 차륜 안내 레일로 안내하여 궤간을 변경한다.
- ④ 축상체의 쇄정핀을 지상의 궤간 쇄정 레일로 밀어 올리고, 다시 lock하여 차륜 간격을 고정한다.

이상의 궤간 변환은 지상의 궤간 변환 장치 위를 10~15m/h의 속도로 주행하며 이루어지고, 12량의 경우 궤간 변환에는 총 15분~20분이 소요된다.

#### (2) Talgo XXI방식 궤간 가변 차량

앞에 서술한 Talgo차의 경우, 궤간 변환에 최대 20분이 소요되기 때문에, 운행 구간에서 궤간 변환이 2회 이상 필요한 경우에는 상당한 시간을 지체하게 된다.

이 문제는 기관차에 궤간 가변 기구를 직접 설치하면 해결이 용이하여, Talgo사에서는 1966년부터 궤간 가변 기구를 설비한 Talgo차 전용 기관차의 개발을 진행하여 1998년 말까지 기관차 1대와 Talgo객차 5량을 완성하였다. 이를 Talgo XXI라 칭하기로 하였다.

Talgo XXI의 최고 속도는 220km/h, 대응 가능한 궤간은 1668mm, 1524mm, 1435mm 이며, 궤간 변환 속도는 15km/h이다.

#### 4. 폴란드의 개발 동향

폴란드의 철도는 표준궤이지만, 인접해있는 구소련의 리트아니아가 1524mm의 궤간을 취하고 있다. 때문에 폴란드는 직통 운전을 위해 SUW형의 궤간 가변 대차를 2000년 10월부터 영업 운전에 실용화하고 있다. 이 대차는 여객용으로는 160km/h, 화차용으로는 120km/h의 속도로 주행 가능하다.

#### 5. 독일의 개발 동향

구 동독에서는 구소련과의 철도 수송을 촉진하기 위해, 1950년대 초반부터 각종 궤간 가변 윤축을 연구하고, 1960년경에는 DR-III형 윤축 개발을 완료하여 영업에 사용하였다. 이후 1970년경에는, 보다 경량화된 DR-IV형 윤축의 개발에 성공하였다. 그리고 독일 철도 화물 회사와 독일 철도 민텐 연구소 공동으로 DR-V형 궤간 가변 윤축을 개발하고, 4량의 화차에 장착, 영업열차에 편성하고, 약 1000km마다 궤간을 변환하면서 개발을 진행하고 있다. 독일의 궤간 가변 대차는 스페인의 Talgo방식 궤간 가변 대차와는 달리 비교적 단순한 구조이다.

#### 6. 결론

해외의 개발 동향을 바탕으로 남북 철도 연결이 현실로 다가온 우리나라의 궤간 가변 차량 기술 개발 방향을 제시하면 다음과 같다.

- 1) 환적과 궤간 가변 차량을 이용한 직결 운행에 대하여 경제성과 타당성은 별도로 검토되어야 하겠지만, 철도 기반 기술 자립과 동북아 물류 중심 국가로의 도약을 위하여 중장기적으로 추진되어야 할 기술 내용이다.
- 2) 궤간 가변 차량의 사양은 대륙 철도의 장거리·혹한지 운행조건을 수용할 수 있는 주행 성능

을 보유하여야 하며, 화주와 철도 운영자의 요구 조건을 만족하여야 한다.

3) 궤간 가변 기술의 국내 연구 기반이 취약하므로 선진 기술을 벤치마킹하여 우리 실정에 적합한 독자 기술로 승화시키는 전략이 필요하다.

4) 철도 차량의 특성상 기존 대차에 모듈형 가변 윤축만을 교환하는 방안은 비용과 성능을 고려할 때 적절치 않을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 장승호 외(2003), “대륙 철도 연계를 위한 궤간 가변 시스템 개발”, 한국 철도 기술
2. おかもと いさお(2003), “세계의 궤간 가변 차량”, RRR
3. たかい ひでゆき 외(1999), “궤간 가변 전차와 궤간 변환 장치의 개발 상황”, 신선로
4. おかもと いさお(1999), “궤간 가변 전차의 개발”, RRR
5. おだ かずひろ 외(2003), “궤간 가변 전차의 개발의 흐름”, RRR
6. おだ かずひろ(1999), “궤간 가변 전차의 시험 실시 계획 개요”, RRR
7. かたお きくお 외(2003), “궤간 가변 전차의 개요”, RRR
8. うるか けんいち 외(1999). “궤간 가변 전차의 개요”, RRR