

대륙횡단철도 연계운영의 효율화를 위한 기초조사
A basic Research on the Euro-Asian Continental Rail Corridor
for Effective Connection and Operation

나희승*
Hee-Seung Na

손지언**
Ji-Eon Son

조영걸**
Young-Geol Cho

ABSTRACT

To boost the Korean peninsula as a logistical hub of North-East Asia in 21st century is an important part of Korean development strategies. This research has been conducted on the premise that the connection and operation of the Korean Peninsula break-railway and Euro-Asian railway network will be a great drive for Korean economy and railway technology development. For the preparation to do a further research on this subject, this paper introduces the general condition and related basic material for the railway network operation through the countries along the corridor. It also provides the basic data of railway and actual operation condition in the involved Euro-Asian areas, such as Russia, China, Mongolia, Kazakh-stan, etc.

1. 서론

현재 동북아시아에는 7개의 국제철도망이 운영되고 있으며, 이중 TKR(Trans Korea Railway), TSR(Trans Siberian Railway), TCR(Trans Chinese Railway), TMGR(Trans Mongolian Railway), TMR(Trans Manchurian Railway)은 국제여객 및 화물을 담당하는 주요교통망이다. 해당철도가 운영되고 있는 아시아대륙은 생활기반이 동부에 편중되어 있어, 유럽대륙과의 높은 접근성은 지역발전에 원동력이 되지 못했다. 뿐만 아니라 효율적이 물류체계를 위한 기반시설도 체계적으로 정비되지 못했다.

이러한 비효율적인 물류체계를 극복하기 위하여 최근 동북아시아는 양자간, 혹은 다자간 협의를 통해 육상운송을 장려하고, 수송물류의 비용절감 및 운송시간단축을 통한 이용자 위주의 서비스를 제공하는데 역점을 두고 있다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 연구원, 비회원

2. 국가별 철도 시스템 현황 분석

2.1 TSR

현재 러시아는 TSR과 TKR의 연계를 통한 경제적인 과급효과에 주목하고 있다. 특히 극동지방은 자원매장량이 풍부해 개발의 잠재력이 있음에도 불구하고, 국가경제에 주도적인 역할을 하지 못했다. 국토의 불균형 발전은 국가전체의 사회문제를 야기함으로써 이를 극복하기 위하여 러시아는 철도망 활성화 계획을 추진하고 있다.

러시아 철도시설은 총연장중 약 50%에 달하는 구간이 전철화되어 있으며, 전력은 직·교류를 혼용하여 사용하고 콘크리트 침목구간은 전체 노선의 약 60% 정도를 차지한다. 1일 가동되는 차량 수는, 화차가 1999년의 426,700량에서 2000년 현재 464,400량으로 증가하였으며, 객차는 20,600량으로 1999년과 비교하여 740량이 증가하였다.

<표 1> TSR 철도시스템

구분		1999년	2000년
전철화 연장	총연장	40,300km	40,800km
	직류(3,000V)	18,800km	18,800km
	교류(50Hz, 25Kv)	21,500km	22,000km
CTC 및 신호구간 연장		62,200km	62,200km
평균레일 형식		64.1kg/m	64.1kg/m
장대레일 형식		39,700km	41,000km
콘크리트 침목구간 연장		56,800km	58,000km
화물수송용 기관차	전기기관차	3,028량	3,365량
	디젤기관차	1,347량	1,407량
가동차량수(1일)	화 차	426,700량	464,400량
	객 차	19,959량	20,699량
전기기관차 견인율		77.8%	79%

자료: Central Scientific-Research Institute for information, Technical and Economic Investigation of The Railway Transport, The Railway System of The Russian Federation in 2000, 2001.

2.2 TCR

TCR은 중국 연운항에서 카자흐스탄을 거쳐 TSR로 연결되는 국제복합수송루트이다. 중국에서 철도를 이용한 화물수송은 전체의 40% 이상이며, 통합운송시스템에 중추적인 역할을 담당하고 있다. 그러나 중국횡단철도의 기술수준은 급격하게 늘어나는 교통수요를 충족시켜주지 못하고 있다. 이로 인해 수송밀도와 선로용량의 활용비율은 약 80~90%에 이르고 있으며, 90%를 상회하는 구간과 거의 포화상태에 이른 구간도 있다.

시설면에 있어서 TCR은 전력방식을 1980년대 초부터 25,000V AC(50Hz)를 채택하고 있다. 전체노선에서 복선구간은 76.6%이며, 단선구간은 23.4%에 이른다. 또한 전철화된 구간은 28.8%이며, 비전철화된 구간은 71.2%이다. 통신과 관제 분야는 전산화와 네트워크화를 기반으로 하여 현재까지 50,000Km의 광케이블이 가설되었으며, 이를 이용한 서비스가 제공되고 있다. 또한 차량 관제 시설의 설치비율과 역의 연동식 신호기 설치비율은 각각 96%, 85%에 육박하고 있다.

2.3 기타

TMGR은 중국의 청진항에서 몽골의 울란바토르를 거쳐 수프바토르역과 러시아측의 국경역이 나우시키역으로 연결된다. 몽골은 해상운송수단이 없는 내륙국가로 철도운행을 통한 내륙운송 활성화를 위해 다양한 시도를 하고 있다.

TMR은 중국의 도문에서 하얼빈, 만주리를 거쳐 TSR(자바이칼스크)로 연결되는 국제철도망이다. 하지만 국경역인 만주리에서는 국경통과시에 운행속도 및 궤간차이로 인한 문제점이 있으며, 정부 당국에서는 이러한 문제점에 대한 적극적인 해결을 통하여 국제적인 수준의 서비스 향상을 위한 노력을 하고 있다.

<표 2> 디젤 및 전동차 비교

구분	특성	사진
디젤 DF4	전력 : 2,650 Kw 회전속도 : 1,100 rpm 연료소비율 : 217 g/kwh 최고속도 : 110 km/h 최소회전반경 : 145 m 총 연장 : 21 m 연료 탱크 용량 : 9,000 리터 총중량 : 138 톤	
전동차 SS3	전력 : 4,350 Kw 축중 : 23 톤 설계속도 : 100 km/h 운행속도 : 48 km/h continuance tract effort : 318 KN start up tract effort : 487 KN (총중량 : 138 톤)	

3. 복합운송 연계를 위한 항만 현황

3.1 러시아

시베리아횡단철도의 시점이 되는 보스토치니항은 1976년에 외국 컨테이너선의 입출항을 위해 개방되었고 현재는 일본과의 개발협력사업의 일환으로 확장공사가 진행 중이다. 이 확장공사가 완료되면 총연장 18km에 달하는 64개의 특수 정박지가 생기게 되며, 이로 인해 총화물 취급량은 연간 4,000만 톤 이상이 될 것으로 추정되고 있다.

보스토치니항은 현재 러시아연방이 추진하고 있는 나호트카 자유경제특구개발과 관련이 있으며, 이 자유경제특구개발계획에는 330헥타르에 해당하는 한국공단을 조성하는 계획도 포함되어 있다.

<표 3> 보스토치니항의 시설현황

정박시설	컨테이너 전용 정박지 4곳 석탄 전용 정박지 1곳(길이 400m, 수심 16.5m) 목재 전용 정박지 3곳(길이 650m, 수심 10~12m)
수 심	11.5~16.5m
컨테이너 야적장	500,000㎡로 6,000개 정도의 컨테이너 적재가능 용량
크 레 인	고가이중크레인 6기, 최대기중 가능중량은 30.5톤, B/BULK는 35.0톤
하역기기	Transtainer 6기, Straddle carrle 18기, 철도크레인 6기
연간 취급물량	204,000TEU(1989년 기준), 시간당 23~25개의 컨테이너 처리
수송수단	보스토치니, 나호트카, 블라디보스토크항의 화물만 트럭을 사용하고 나머지는 철도를 이용.

3.2 중국

연운항은 중국철도 용해선의 기점으로, 대륙을 동서로 연결하는 중요한 거점이자, TCR의 출발역이다. 1992년 12월에는 연운항~아라산쿠~카자흐스탄~우즈베키스탄을 연결하는 신 아시아-유럽 대륙 철도의 컨테이너 운송이 시작되었다.

연운항에는 5개 부두, 34선석이 있으며, 연간화물처리능력이 2,500만 톤이며, 부두는 광석부두, 살물부두, 허구항, 북항, 동해진으로 구성된다. 각 부두마다 철로 인입선이 있고 컨테이너부두는 2선석에 연간화물처리능력이 200,000TEU이다.

<표 4> 연운항의 시설현황

부두 총연장	3,827m
창 고	54,211m ²
야 적 장	483,712m ²
선 석	20개 확보(3천톤급~5천톤급 선박 4척, 1만톤급 7척, 2만톤~35,000톤급 선박 9척 동시 집안 가능)
진용 부두	잡화부두 10선석, 석탄부두 3선석, 염류취급부두 2선석, 목재부두 2선석, 컨테이너 부두 1선석, 다목적부두 1선석, 기타 1선석으로 구성

이 외에도 구내에는 4개의 철도 인입선 부설되어 있으며, 선석내의 작업을 컴퓨터에 의한 시스템 관리방식을 채택하고 있어 각종 작업에 관한 정보, 문서, 관리 등을 자동 처리할 수 있다.

4. 국경역 현황 분석

	햇산역	단동역	도문역
국경역 위치 및 궤간(mm)	북한(두만강역)과 러시아(햇산역) 1,435/1,520	북한(신의주역)과 중국(단동역) 1,435/1,435	북한(온성역)과 중국(도문역) 1,435/1,435
화물취급 최대용량(년간)	500만톤	500만톤	200만톤
국경통과방식	환적 및 혼합계 시설 (두만강역: 대차교환시설)	궤간 동일	궤간 동일
운행현황	1. 현재 화물 물동량이 거의 없는 상태 2. 평양~모스크바간 국제열차는 두만강역에서 대차를 교환한 후 햇산역에서 러시아 여객열차에 연결하여 운행하며, 세관검사 및 출입국 심사는 열차내에서 실시 ※ 현재 월 3회, 매회 객차 1량을 운행	1. 「중·조 철도협정」에 의해 운행 2. 쌍방의 신호체계, 기관차등이 상이하여 경의선의 경우 단동, 신의주에서 기관차를 교체하고 검역·통관·출입국 수속을 거침 ※ 현재 여객은 주 4회, 화물은 1일 1회 운행 3. 북한측의 화차 부족으로 진량 중국 화차를 사용하고 있으나 회수가 지연되고 있음	1. 「중·조 철도협정」에 의해 운행 2. 쌍방의 신호체계, 기관차등이 상이하여 국경역에서 기관차(동차)를 교체하고 검역·통관·출입국 수속을 거침 ※ 여객수송은 없으며, 화물은 1일 1회 운행하고, 동북 3성~나진·선봉지구간에 임시 관광열차(유람열차)를 비정기적으로 운행 3. 화차는 협정상 상호 공동 사용키로 되어 있으나, 현재 북한의 화차가 노후화되어 대부분 중국 화차를 사용하고 있음
	수분하역	드르주바역	테레스폴역
국경역 위치 및 궤간(mm)	중국(수분하역)과 러시아(그로테코보역) 1,435/1,520	중국(아라산쿠역)과 카자흐스탄(드르주바역) 1,435/1,520	폴란드(테레스폴역)와 벨라루스(브레스트역) 1,435/1,520
화물취급 최대용량(년간)	500만톤	70만 TEU	250만톤

국경통과방식	환적시설	환적 및 대차교환시설	환적시설 (브레스트역: 대차교환시설)
운영현황	1. 채굴된 석탄이 수분하를 경유하여 한국 등 제3국으로 수출되고 있음(1997년 실적 33만톤)	1. 00년에는 7,000TEU를 처리하였으며, 1일 총 열차처리용량은 약 350량 ※ 현재 화물열차는 주 1회 운행하며, 여객열차는 주 2회 운행함 2. 14량(28TEU) 1편성 처리시 세관검사를 포함하여 총 8시간 소요	1. 컨테이너 1개 처리 시간은 3분으로 열차 30량 처리에 3시간 가량 소요되며, 열차 및 트럭에 의한 복합물류시스템을 갖춘 2. 화물은 SMGS에 의해 통관이 간소화되었으며, 서류상 화물확인정도를 하고 있음

<표 5> 궤간 변경 지점

국가	지점	궤간(mm)	연결방법
북한/러시아	두만강/하산	1,435/1520	환적, 대차교환, 혼합궤도
중국/러시아	만주리/자바이칼스크	“	환적, 대차교환
중국/몽고	에렌호트/자민우드	“	“
중국/카자흐스탄	아라산쿠/두르즈바	“	“
벨라루스/폴란드	브레스트/테레스폴	“	“

5. 한반도종단철도와 대륙횡단철도의 기술적 차이

서로 다른 특성을 가진 각 철도 사이의 연계에는 여러 가지 기술적인 문제점들이 발생하게 된다. 그 중에서도 우선적으로 접근해야 할 문제로는 궤간의 차이를 들 수 있다. 현재 러시아와 카자흐스탄, 몽골 등은 광궤(1,524mm)인 반면 한반도와 중국, 서유럽은 표준궤(1,435mm)를 사용한다. 따라서 국경통과시 원활한 통행이 어려운 경우가 생기는데, 이에 대한 해소방안으로 새로운 선로 건설, 이중 궤간, 환적, 대차교환, 궤간 가변대차의 사용을 고려할 수 있다. 이들 중에서 단기적으로는 환적설비 확충에 의한 연계운행 방식이 고려되고 있으며, 중장기적으로는 환적 시간 지연에 따른 여러 문제점을 해결할 수 있는 궤간가변 대차시스템 개발이 유력한 방안으로 꼽히고 있다.

또한 전력방식에서도 구간별로 각각 전압의 차이가 있고 직류·교류의 혼합구간이 산재되어 있다. 신호분야에서는 차량운행 빈도가 가장 높은 움스크-노보시빌스크 구간 등에서만 CTC 시스템으로 되어 있으며, 나머지 구간에 대해서는 자동폐색장치 및 지역별 운전사령에서의 무선통신 방식에 의한 차량제어를 하고 있다. 선로 구축물의 경우 시베리아 횡단철도 전구간이 복선전철화 되어있지만 열차의 최고속도는 100~110km/h로 낮은 편이며, 한반도 종단철도와 연결되는 구간인 우수리스크-향산-두만강 지역은 비전철화 구간으로 되어 있는 등 전반적으로 철도운행에 대한 효율성과 차량 운전 시 안전성 확보, 고밀도 고속화 운전 및 시설물 안전성 확보 등 철도통합을 위한 여러 면에서 부적합하기 때문에 이에 대한 철저한 대비책 마련과 꾸준한 투자가 동반되어야 할 필요가 있다.

마지막으로는 북한과 러시아의 선로들이 대부분 노후화 되고 낙후된 것을 감안하여 이러한 시설물들에 대한 보강 및 유지 관리기술이 운행 안전성 확보를 위해 절실하게 요구되고 있으며, 광범위한 대륙에서 효율적인 열차운영과 안전 및 기타분야(화물의 위치추적 등등)를 위해서는 러시아에서 열차의 위치를 검지하기 위해 운용하는 GPS/GLONASS 위성운행시스템이 효율적인 설비라고 판단된다. 그리고 현저하게 다른 기후환경에 대한 대비책으로 현재의 기준보다 엄격한 기준을 마련하여 철도차량과 시설에 대한 제작 및 시공을 할 필요가 있으며, 종합적인 재해방지시스템이 구축되어야 한다. 또한 이러한 개발들이 환경의 파괴를 가져오지 않도록 하여 가장 친환경적인

운송수단으로서의 장점을 살려야 한다.

<표 6> TSR 및 TKR 신호 시스템의 특징 및 기본사양 비교

분류	남한	북한	TSR	비고
신호방식	지상신호방식	지상신호방식	지상신호방식	신호기 종류 및 크기, 제한속도 등 세부 사항별로 상이하여 시스템 표준화 또는 호환가능 시스템 구축 필요
폐색방식	고정폐색방식	고정폐색방식	고정폐색방식 (GPS 병용)	운영 및 제어 규정, 세부운영방식에 대한 표준화 또는 호환가능시스템 구축 필요
연동장치	전자연동장치	전기연동장치	전자연동장치	고속 고밀도 운영을 위해서는 전자연동장치 및 CTC 장치의 통합운영 필요
CTC 장치	사용	미사용	사용	
궤도회로	사용	사용	사용	궤도회로 종류 및 자동폐색장치의 상이에 따라 차상 호환가능 시스템 구축 필요
자동폐색장치 (ABS)	사용	사용	사용	주파수 변조방식 및 해당 주파수별 정보 데이터의 표준화 또는 호환가능시스템 구축 필요
주파수 변조방식	FSK	Unknown	AM	
통신망	동축케이블 광케이블	Unknown	동축케이블 광케이블	-

출처: 한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원, 2002

6. 국제철도협력기구(OSJD)

육로를 통한 철도연결이 가능한 유럽 및 아시아 일부는 국가들 사이에 교역을 통한 물자이동이 빈번했기 때문에, 이를 제도적으로 관리하는 국제수준의 철도운송을 위한 협력기구를 설립하게 되었다.

국제철도협약은 서유럽에서 적용되는 COTIF체계와 동유럽에 적용되는 OSJD(국제철도협력기구)로 구분된다.²⁾ 양 체계는 각각 다른 화물협정의 적용을 받고 있는데 유럽체계는 OTIF(국제철도화물운송협정)의 CIM체계의 적용을 받고, 동유럽체계는 OSJD의 SMGS(국제철도화물협정)체계의 적용을 받고 있다.

6.1 가입국가 및 철도

OSJD의 회원은 철도 운송에 책임있는 중앙정부기관 또는 행정기관으로 현재 27개국¹⁾이 가입되어 있다(아제르바이잔, 알바니아, 벨루로시, 불가리아, 헝가리, 베트남, 그루지아, 이란, 카자흐스탄, 키르기지아, 중국, 북한, 쿠바, 라트비아, 리투아니아, 몰도바, 몽골, 폴란드, 러시아, 루마니아, 슬로바키아, 타지크스탄, 투루크메니스탄, 우즈베키스탄, 우크라이나, 체코, 에스토니아 이상 27개국).

OSJD의 자격은 1993년 폴란드 바르샤바 제 21차 장관회의에서 기구 활성화를 위해 OSJD회원

2) OSJD(Organization for the Collaboration of Railways; ORC)는 불가리아 소피아에서 열린 철도관계장관회의('56.6.28)에서 설립된 기구로서 구소련체계의 사회주의 국가, 중국, 북한 등 사회주의체제 국가를 중심으로 구성된 국제철도협력기구이다. OSJD는 러시아어 원어 발음의 영어 표기로서 기구의 공식약어이며, OSShD는 러시아어 원어 발음의 독일어 표기이다.

과 준회원, 업저버로 확대하였다. 또한 철도관련 기구 및 회사는 제후기업으로 OSJD사업에 참여할 수 있다.

6.2 OSJD의 역할

첫째, 유럽 아시아간 복합운송을 포함한 철도수송 실현을 위한 선결조건 해결 및 국제 협력을 목적으로 한다. 둘째, 교통정책 및 철도수송의 법적, 사회적(생태적) 측면의 협조를 고려한다. 셋째, 국제철도여객수송(SMPS), 국제철도화물수송(SMGS), 국제수송화차(PPW), 국제철도여객운임(MPT), 국제철도화물운임(ETT) 등 운송협정 및 회의 관장한다. 넷째, 국제운송표준 기본원칙을 설정한다. 다섯째, 국제철도망 이용증진과 기술적 조건의 개선 및 현대화를 위한 국제적 협조를 추진한다.

6.3 국제철도협약의 비교

구 분	서유럽	동유럽·아시아
국제기구	OTIF	OSJD
회 원 국	알제리아, 오스트리아, 벨기에, 독일, 프랑스, 필란드 등 32개국	러시아, 중국, 북한, 폴란드, 체코, 루마니아 등 27개국
관련협정	OTIF(국제철도운송협정)의 부속서CIM(화물)과 CIV(여객)	SMGS(화물) SMPS(여객)
공 용 어	독일어, 프랑스어	러시아어, 중국어
요금체계	ETT(거리비례제)	ETT와 MTT(거리체감제)

7. 러시아, 벨로루시, 독일간의 철도화물 운송에 관한 협의서(GBRT)

러시아 연방, 벨로루시 공화국, 독일 연방 공화국의 러시아철도, 벨로루시 철도, 주식회사 <<독일철도>>는 1998년 1월 21일 협약하고 1998년 9월 1일부터 유효하는 철도화물 직통운송에 관한 협약서(GBRT)를 협약하였다.

이 협약은 OSJD/SMGS에 적용을 받는 러시아와 벨로루시 그리고 OTIF/CIM 규정에 적용을 받는 독일이 속해 있다는 점에서 남북한의 분계역에서의 운송협정을 체결하는데 많은 활용이 될 것으로 사료된다.

GBRT(러시아, 벨로루시, 독일간의 철도화물 운송에 관한 협의서)의 구성은 제1절 일반사항, 제2절 운송조약 체결과 이행, 제3절 운송조약 변경, 제4절 책임, 제5절 배상 청구로 구성되어 있고 이에 대한 추후 협정을 입수하여 구체적인 연구를 통해 연계운영을 위한 기본 자료로써 활용할 필요가 있다.

8. 결론

대륙횡단철도의 연결은 상징적인 의미뿐만 아니라, 여객 및 화물에 대한 물류비와 수송시간 절감이라는 경제적인 효과를 기대할 수 있다. 이러한 잇점을 위해 우리나라가 장기적으로 대륙철도의 Land-bridge로서의 역할을 선점하려면 범국가적 차원의 기술지원은 물론이고 철도에 대한 유기적이고, 탄력적인 운영이 가능해야한다. 이러한 견지에서 국제철도협약의 참여는 TKR의 국제운영에 기반이 될 것이며, 각 국가간에 맺고 있는 협약에 관한 지속적인 연구는 대륙철도와의 연계에 있어서 기본적인 자료로 활용할 수 있을 것이다.

또한 철도연결을 통한 운송방법은 육로를 통한 단일 모드도 가능하지만, 항만과 대륙철도를 연

계한 복합운송도 고려할 필요성이 있다. 복합운송과 관련해 주목받고 있는 중국의 연운항과 러시아의 보스토치니항은 각국의 국내물류와 선박을 이용한 국제물류가 가능한 교통결절지점이 되고 있다. 따라서 한국은 선박을 통한 국제물류와의 복합운송에서도 경쟁우위를 지켜나갈 수 있어야 한다.

다만 지속가능한 개발의 관점에서 철도망 연계는 기술적으로 많은 부분의 통합을 위한 보완과 개발이 필요하므로 이에 대한 대비를 통하여 철도 운행에 대한 효율성과 안전성을 우선적으로 확보하여야 한다. 더불어 자연 파괴나 환경생태의 악영향을 피해 친환경적인 운송수단으로서의 장점을 극대화시킬 수 있어야 할 것이다.

참고문헌

- (1) Central Scientific-Research Institute for information, Technical and Economic Investigation of The Railway Transport, The Railway System of The Russian Federation in 2000, 2001.
- (2) The Structural Reform in the Railway Transport, Railway Ministry, 1998~2001.
- (3) 철도기술연구원, 남북철도시스템 연계방안 연구 제3차년도, 2003
- (4) 철도기술연구원, TSR-TKR 통합 운영 시스템 구축을 위한 기초연구, 2002
- (5) 교통개발연구원, 시베리아횡단철도의 한반도연결에 따른 파급효과, 2002