

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

김광희* · 김현덕**

A Study on the Evaluation of Economic Benefit for Railway Transshipment System with Non-Powered Turntable

Kwanghee Kim · Hyundeok Kim

Abstract : The purpose of this paper is to estimate economic benefits for the investment of railway transshipment system with non-powered turntable. The freight transport by railway can have decided advantages over trucks in terms of energy efficiency, emissions and cost for certain freight movements, just as transportation in the metropolitan region can have great advantages over driving truck. But the freight transport by truck should gain significant mobility benefits from a freight railway system. Thus, the railway transshipment system with non-powered turntable which is coupled railway transport advantages with load transport advantages has been developed and used in the european countries. This research has conducted the empirical analysis, by calculating the investment of railway transshipment system with non-powered turntable. The key factor for the economic benefits for the non-powered turntable is the utilizing throughputs. This demand is influenced by the throughput in the railway transshipment system. The main results of this paper are as follows: railway transshipment system with non-powered turntable does not have economic benefit for investment. We recommend that the plan for investment has to be considered the modification.

Key Words : Railway, Transshipment, Non-Powered Turntable

▷ 논문접수: 2013.11.27 ▷ 심사완료: 2013.12.25 ▷ 게재확정: 2013.12.28

* 동명대학교 항만로지스틱스학부 조교수, kobekkh@tu.ac.kr 051)629-1866, 대표집필

** 순천대학교 사회과학대학 물류학과 부교수, hdkim@sunchon.ac.kr 061)750-5114, 교신저자

I. 서론

철도운송은 도입초기에 비하여 우리나라의 인구 및 산업 활동이 비약적으로 증대하여 국토 및 경제의 구조는 현저히 변모하였음에도 불구하고, 철도망은 초기의 골격을 거의 그대로 유지하고 있다. 이로 인해 그동안 건설된 대규모산업단지과 화물터미널의 화물수송 시 접근성이 개선되지 않고 있으며, 현재의 철도망은 네트워크로서 용량의 균형을 이루지 못하고 있는 실정이다. 그러나 우리나라 정부는 2000년대 이후 친환경 녹색교통 수단인 철도물류의 활성화를 위하여 많은 정책적인 노력들을 기울여오고 있다. 신설 노선의 건설과 기존선의 선형개량 및 복선전철화를 통한 수송력 증대 및 속도향상을 기하고 있으며 국가 철도망 확충을 위한 정책을 실시하고 있다.

철도화물 수송시장의 장점은 에너지 효율이 높은 교통수단으로 환경 친화적이며, 거리관련 변동비용이 도로운송에 비해 상대적으로 저렴하고, 전통적으로 대량 Bulk 화물의 장거리수송에 이점을 가지고 있는 것이다. 특히 석탄, 유류, 광석, 양회 등과 같은 대량 Bulk 화물은 기종점간 철도 직송시스템 구축으로 환적시설이 필요 없으며 도로수송 대비 중량화물에 대한 운송제약이 없다.

철도운송의 가장 취약한 문제는 접근성에 있다고 할 수 있으며, 철도수송은 특성상 역간(Terminal to Terminal)운송으로 Door to Door 운송인 공로에 비해 일관운송서비스가 결여되어 전체 수송비가 증가되고 적시수송이 곤란한 단점을 지니고 있으며, 이로 인해 우리나라의 내륙운송은 공로수송로 이루어지고 있다.

한편, 화물자동차운송의 증가로 인하여 도로의 정체, 교통사고의 증가 Co2 증가 등의 많은 사회적 문제가 대두되고 있으며, 대량운송에 적합한 철도화물수송이 수출입화물의 중요 운송수단이 되어야 함에도 불구하고, 현행의 불합리한 운임체계는 화주의 물류비를 가중시키는 물론 철도화물유치에 어려움을 주는 요인이 되고 있다. 특히 철도화물수송은 화주가 철도로 대화물을 수송할 경우 철도본선운임 이외에도 집·배송비용과 상하차 작업료 등의 부대비용을 지불해야 하기 때문에 화물자동차와 비교해 볼 때 철도수송을 불리하게 만드는 요인으로 작용하고 있어 철도물류 활성화를 새로운 철도운영체제의 도입이 필요하다.

철도물류의 활성화를 위해서는 환적비용 절감과 환적시간 단축을 통한 환적의 합리화와 취급물량의 다양화가 필요하다. 무동력 화차 환적시스템의 개발은 이러한 요구들을 충족시켜 별도의 시설개량이 필요 없어 비교적 소규모 투자로 정기적으로 도로를 이용하는 간선화물을 블록트레인 형태의 철도화물로 전환시켜 친환경 수송수단인 철도물류 활성화를 유도할 수 있고, 이로 인한 온실가스 저감효과도 기대할 수 있다.

철도운송활성화를 위하여 유럽의 일부국가에서는 철도와 도로의 효율적인 복합연계

수송(Intermodal) 구축을 위하여 다양한 형태의 회전장치를 이용한 무동력 환적시스템을 개발하여 실용화 단계에 이르고 있다. 새로운 무동력 회전장치를 이용한 환적시스템'은 추가적인 환적비용이 발생되지 않고 별도의 시설 및 건설비용이 없어 도로와 철도간의 환적을 유기적으로 결합할 수 있고, 도로운송에서 철도운송으로 수송수단의 전환(Modal Shift)을 유도하여 저탄소 친환경 교통수단인 철도물류를 활성화시킬 수 있을 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 무동력 회전장치의 도입을 통한 철도환적시스템 구축과 관련한 환경문제, 교통문제 등에 대한 비용과 편익을 사회적 입장에서 측정하고 경제적 수익률을 계산하여 도입에 따른 타당성 여부를 분석하고자 한다.

II. 문헌연구

1. 무동력 회전장치

현재 국내의 철도 환적 시스템은 대부분 컨테이너 야드 및 크레인을 갖춘 대형 역사에서만 환적을 할 수 있는 실정으로 소규모 역사에서 환적은 어려운 실정이다. 그러나 선진국에서는 Piggyback, Bi-modal 을 통한 수평이적재형, 화차회전 이적재형, 회전장치를 이용한 수송 시스템 등을 통해 효율적인 환적 시스템을 구축하고 있다. 이중 회전장치를 이용한 환적시스템은 주로 무동력 형태로 개발이 진행되고 있다. 무동력 회전장치를 이용한 환적시스템은 아래 그림과 같이 화차에 탈부착 되는 특수한 구조의 회전장치로 화차와 트레일러 간에 별도의 구동장치를 필요로 하지 않는 시스템이다.

<그림 1> 무동력 회전장치



자료 : (주)범창종합기술(2013), 무동력 회전장치를 이용한 환적시스템 개발.

회전장치 환적시스템은 크게 화차에 장착되는 무동력 회전장치와 화물을 적재하는 암롤박스(Arm-Roll Box)로 구분되며 무동력 회전장치 환적 시스템의 운용은 크게 암롤 박스가 트레일러에 장착되어 이동하는 차량 주행 구간, 트레일러 차량에서 무동력 회전장치로 이송되는 환적 구간, 화차에 적재되어 이동되는 철도 주행 구간으로 구분된다.

회전장치 환적시스템은 자체적으로 트레일러를 철도의 화차에 상차 및 하차할 수 있게 Door-To-Door 서비스가 가능하며 복합일관수송체계 구축이 용이하다. 또한 고정편성 화물열차(Block-Train)운영과 연계한 철송시스템을 도입하면 철도의 정기적인 운송화물 확보가 가능하고 열차 입환 생략 및 화차운용을 증가로 철도경영의 수익구조 개선이 가능하다.

기존 철도 화물 프로세스(벌크화물)은 생산지에서 수요지까지 8단계를 거치며 운송이 되며, 화물의 상하역과 장치장 보관, 셔틀운송, 운송비용, 운송시간 등의 문제로 인해 도로 운송보다 운송율이 낮다. 그러나 무동력 회전장치를 이용한 환적시스템은 생산지에서 적재용기에 화물을 실어 셔틀운송을 한 후 출발역에서 장치장에 보관 없이 바로 화차에 적재하며 도착역에서도 즉시 환적을 실시하여 셔틀운송 후 수요지까지 운송기 때문에 화물적재/하역대기시간 및 작업시간을 단축할 수 있으며, 생산지에서 바로 적재용기에 화물을 싣기 때문에 화물장치장이 불필요하며, 장치장에서 화물 적재, 하역에 필요한 페이로더 및 굴삭기 사용에 따른 비용을 절감할 수 있다.

2. 관련 선행연구

철도운송시의 무동력 회전장치의 도입과 관련된 연구는 아직까지 발표되지 않고 있으나 남두희 외(2012)는 투자 평가시 고려되는 평가항목을 이동성에 기반한 효율성 위주의 항목에서 환경적 파급효과 산정의 중요성이 증대되고 점에 주목하여 이를 고려한 평가체제의 구축을 주장하였다. 철도의 예비타당성조사 및 타당성 평가의 주요 계량화 항목은 차량운행 비용절감 편익, 통행시간 절감편익, 교통사고 감소편익, 환경비용 절감 편익으로 분류된다. 현재의 환경비용 절감편익은 단순히 오염물질별 원단위에 따른 산정에 그치고 있어 최근 녹색성장 및 지속가능한 교통체계의 패러다임에 맞는 사회경제적 평가항목의 도입이 필요하다. 국내의 타당성 평가내용을 보면 계량화가 힘든 부분은 정책적 분석에서 고려되나 참고사항에 그치고 있어 계량화가 가능한 방법론의 개발이 필요하며, 대기오염에 관한 평가체제의 정립이 필요한 시점이다(남두희 외, 2012).

정분도외(2008)는 물류산업의 국민경제적 파급효과를 산업연관분석표를 이용하여 분석하여 생산유발계수측면에서 철도운송이 도로운송이 높으며 부가가치유발계수도 철도

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

운송이 도로운송보다 높음을 분석하였으며 감응도계수에서는 철도운송이 도로운송에 비해 낮게 도출되었으나 영향력계수에서는 철도운송이 높게 도출되었음을 분석하였고 이를 토대로 물류산업의 대형화, 종합화, 전문화가 필요하며 정부의 종합적인 지원책이 필요함을 강조하였다. 조삼현(2009)은 우리나라 철도운송 서비스의 활성화 방안을 강구하기 위한 방안으로 기존 철도화물 이용자를 대상으로 철도화물 선택에 관한 요인분석을 시도하여 철도화물 이용 하주들의 화물운송 서비스에 대한 선택요인 요인으로는 운송우위성 > 운송안전성 > 물류연결성 > 정보연계성의 순으로 중요하며 하위계층에 해당하는 요인들의 우선순위를 운송시간/비용절감 > 화물의 안전운송 > 정시성 > 탄력적 대응 > 타 수단 연결성 > 운송화물 취급 적합성 > 대체수단 부재 > 환적 용이성 > 정보제공의 순으로 도출하였다.

우리나라의 철도화물 운송서비스가 다른 운송서비스의 발전 속도와는 달리 아직까지 초보적인 운송서비스를 제공하는 수준에 머무르고 있다는 것을 반영하고 있다는 것임을 추론 할 수 있다. 효율적 철도화물 운송서비스 구축을 위해서는 우선적으로 운송시간 및 비용절감과 화물운송 서비스의 정시성 구축이 우선적으로 해결되어야 한다. 이를 위한 대안으로 무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 도입이 필요하다.

엄진기 외(2009)는 철도의 정시성과 버스의 접근성 등의 장점을 합친 신교통수단으로서 국내 도입이 추진중인 바이모달트램(Bi-modality Tram)에 대하여 도시규모별 교통수요 및 노선의 특성을 고려한 도입전략에 대하여 분석하였다. 특히 지자체별로 다양한 교통 및 대중교통체계가 존재하고 재정적 여건 등 도입여건이 다양함으로 바이모달트램을 일반적으로 적용할 수 있는 정책적 방안을 경제성 분석을 통하여 제시하였다.

신승식 외(2012)는 우리나라의 대표적 운송수단인 도로, 철도, 해운에 대해 피해함수 접근법을 이용하여 사회적 비용을 추정하였다. 즉 각각의 운송수단이 야기하는 사회적 비용 유발 분야를 10개의 항목으로 구분하고 각각의 항목에 대해 운송수단별로 메타데이터를 이용하여 항목별 비용을 산정하였다. 분석 결과 교통시설의 건설비용을 포함할 경우 해상운송이 가장 효율적인 반면 도로운송과 철도운송은 효율성에서 큰 차이를 보이지 않았으나, 건설비용을 고려하지 않을 경우 해상운송에 이어 철도운송을 효율적인 운송수단으로 제시하였다.

이기환 외(2008)은 부산 신항 배후단지에 대한 경제성 평가로써, 항만 배후단지 투자에 대한 편익-비용분석을 이용한 실증분석을 실시하였다. 기존의 연구가 항만 배후단지 경제성 평가를 위해 항만배후단지 경유물동량과 항만물동량 중 항만배후단지 경유비율 등을 낙관적 관점에서 고려하였다면 비관적 관점에서 보다 정확한 배후단지 경제성평가를 위해서는 신뢰할 수 있는 물동량 예측치의 중요성을 강조하고 이를 위해 공신력 있는 국가 기관 및 국책 연구 기관 등의 역할을 제시하였다.

Ⅲ. 경제성 분석

1. 개요

경제적 타당성을 평가하기 위해서는 우선 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C)을 분석을 일반적으로 사용한다. 편익/비용 비율이란 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것으로 일반적으로 편익/비용 비율 ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단한다.

그러나 편익/비용 비율이 '1.0'을 상회한다고 해서 공공투자의 경제적 타당성이 있다고 단순 판단하는 데에는 문제가 제기되고 있다. 미국의 경우는 편익/비용 비율이 단순히 '1.0'을 상회한다고 해서 해당 투자가 경제적 타당성이 있다고 판단하는 것이 아니며 미국 정부의 예산관리처(Office of Management and Budget: OMB)가 제시하는 공공투자분석에 대한 특수기준에 의하면, 조세왜곡에 따른 초과부담 등을 감안하여 최소 편익/비용 비율이 '1.25' 이상이라야 경제적 타당성을 인정받을 수 있다. 우리나라의 경우도 어려운 재정상황 및 조세왜곡에 의한 공적자본의 한계비용 등을 추가적으로 고려해 보면 이론적으로 최소 편익/비용 비율이 약 1.10에서 1.15는 되어야 경제적 타당성을 충분히 인정할 수 있다고 판단하고 있다(한국개발연구원 공공투자관리센터, 2008).

그러나 우리나라는 사회간접자본시설이 충분하다고 주장하기 어렵다는 점과, 현실적으로 현재기준을 '1.10~1.15'의 최소 편익/비용 비율을 적용할 경우 여타의 조사에서 적용되는 '1.0'의 비율과의 상이함으로 인해 혼란을 초래할 가능성이 있다. 따라서 이상의 현실을 종합적으로 고려하여 당분간 이론적으로 추정된 최소 편익/비용 비율 대신에 '1.0'의 수치를 최소 편익/비용 비율로 활용하고 있는 실정이다. 본 연구의 경제성 분석은 국가적 차원에서 무동력 환적시스템이 도입되는 경우 기존의 운영방식과 비교하여 발생하는 비용과 편익을 고려하여 순현재가치법, 내부수익율법, B/C 비율 분석을 실시한다(한국개발연구원, 2005).

① 편익/비용 비율(B/C ratio)

개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 가장 큰 대안을 선택하는 방법이다. 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재년도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 '현재가치화'라고 한다. 각 사업의 비용-편익비율은 현재가치로 환산된 비용과 편익으로 나타내는 것이 일반적이며 일반적으로 편익/비용 비율이 ≥ 1

이런 경제성이 있다고 판단한다(이기환 외, 2008).

$$B/C \text{ ratio} = PV \text{ of } B_t / PV \text{ of } C_t$$

그러나 위식에서 보듯이 편익/비용비율은 사업의 비용 1단위당 편익이 얼마인가를 보여주는 것이므로 당연히 소규모 사업이 상대적으로 높은 편익/비용 비율을 갖게 되는 경우가 많으며 비용과 편익을 명확히 구분하기 어려울 때가 많다. 따라서 사업의 우선순위를 결정하는데 있어 편익/비용 비율기준만으로 큰 의미가 있다고 할 수 없다.

② 순현재가치(NPV : Net Present Value)

현재가치로 환산된 장래의 연차별 편익의 합계에서 초기 투자비용 및 현재가치로 환산된 장래의 연차별 비용의 합계를 뺀 값을 의미한다. $NPV > 0$ 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$NPV = -I_o + \sum_{n=1}^N \frac{NB_n}{(1+r)^n}$$

③ 내부수익률(IRR : Internal Rate of Return)

편익과 비용의 합계가 동일하게 되는 수준의 현재가치 할인율(Π)을 의미한다. 즉, 어떤 사업의 순현재가치의 값을 '0'으로 하는 특정한 값의 할인율을 말한다. 내부수익률이 시장이자율보다 높은 경우 혹은 공공사업에 대해 사회적으로 용인할 수 있는 이자율보다 높게 나타나면 그 사업은 타당성이 있다고 평가한다.

$$0 = -I_o + \sum_{n=1}^N \frac{NB_n}{(1+\Pi)^n}$$

④ 분석방법의 문제점

어떤 사업의 경제적 타당성의 유무판단기준으로서 어느 한 기준에 전적으로 의존하는 것은 문제가 있으므로 순현재가치, 내부수익률 및 편익/비용 비율 세 가지를 모두 적절하게 고려한 후 의사결정을 내리는 것이 타당하다. 본 연구에서는 세 가지 방법을 모두 이용하여 사업의 경제성을 평가한다.

2. 주요 전제조건

경제적 평가에서 모든 편익과 비용은 동일한 시점을 기준으로 할인하는 것을 원칙으로 하고 있다. 그러나 편익과 비용이 제각기 다른 시점에서 발생되므로 할인율을 이용하여 비교 가능한 동일시점의 가치로 일치시켜야 하며 철도 부문 사업의 분석기간은 20년을 적용함을 원칙으로 하고 있다. 최종 분석연도가 기본자료(O/D 및 네트워크) 최종 제공연도 이후로 설정되는 경우에는 기본자료 최종 제공연도~최종 분석연도까지의 편익 증가율은 일반적으로 '0'으로 가정하여 분석을 실시한다(한국개발연구원 공공투자관리센터, 2008).

사회적 할인율에 대해서는 한국개발연구원의 도로 철도부문사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정보완 연구 일반지침(제5판)에서 제시된 할인율 5.5%를 적용하여 분석을 실시하였으며 유지보수비(운영비)와 관련하여 기존의 선행연구 및 타당성 조사보고서에서는 유지관리비 및 잔존가치 등을 무시하고 공사비만 고려하여 경제적 타당성을 분석한 사례가 많았다. 그러나 현재에는 공사비 대신 생애주기비용(Life Cycle Cost)을 경제성 분석에서 고려해야 한다는 주장이 최근 강하게 제기되고 있기에 본 연구에서도 유지관리비 및 잔존가치도 경제적 타당성 평가에서 중요한 항목으로 포함시켜 분석을 실시하였고 서화적 할인율도 5.5%를 적용하여 분석을 실시하였다

철도는 도로와 달리 재투자되는 비용이 빈번히 발생하는 운송분야로 대체투자비 및 잔존가치의 처리와 관련하여 수요 증가에 따른 차량의 추가적으로 투입을 고려하여 경제성 분석을 실시하여야 하며 내구연한이 경과한 차량 및 시설에 대하여도 재투자가 발생함을 전제로 분석을 실시하였다. 또한 우리나라는 철도부문 사업의 재투자된 항목에 대한 잔존가치를 모두 고려하도록 하고 있으며, 차량의 내구연한은 철도안전법 시행규칙, 법령에서 내구연한이 제시되어 있지 않은 시설에 대해서는 교통시설 투자평가지침(국토해양부, 2011)에서 제시된 내구연한을 기준으로 하여 재투자 비용 및 잔존가치를 산정하는 것을 원칙으로 하였다

경제성 분석에서 세금 등 이전지출은 한 곳에서 다른 곳으로 이전하는 지출이므로 재무성 분석에서는 사업 주체에 따라 비용도 되고 편익이 되기도 하지만 경제성 분석에서는 국가 재원에 아무런 영향을 미치지 않기 때문에 이전지출 비용은 순수한 경제적 비용으로 간주되면 안된다. 따라서 경제성 분석에서는 가능한 범위까지는 세금 등의 이전지출을 배제하고 분석을 시도하는 것을 원칙으로 하고 있으나 현실적으로 사업별로 세금 내역을 어떻게 공제할 것인지를 판단하는 작업은 그리 간단한 일이 아니다. 따라서 경제성 분석에서는 투입물의 종류별 세금부과 내역을 산정하기 어렵기 때문에 『도로 철도부문사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정보완 연구 일반지침』(제5판)의

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

제Ⅲ장 비용추정에서 제시한 기준에 의거 총사업비 가운데 부가가치세를 제외한 사업비를 경제적 비용으로 간주하여 경제성 분석의 비용으로 반영하였다.

3. 사례 분석

1) 물동량 산정

<표 1> 철도화물 품목별 연도별 수송실적

(단위 : 천톤)

품 목	구분	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
양 회	포대	수송량	525	383	371	369	348	331	329
		전년비	56.9%	73.0%	96.9%	99.5%	94.3%	95.1%	99.4%
	벌크	수송량	13,782	14,591	15,089	16,181	15,217	14,244	14,081
		전년비	87.1%	105.9%	103.4%	107.2%	94.0%	93.6%	98.9%
	크링카	수송량	853	849	1,018	1,120	449	218	266
		전년비	87.8%	99.5%	119.9%	110.0%	40.1%	48.6%	122.0%
	소계	수송량	15,160	15,823	16,478	17,670	16,014	14,793	14,676
		전년비	85.6%	104.4%	104.1%	107.2%	90.6%	92.4%	99.2%
석 탄	무연탄	수송량	3,722	4,367	3,465	3,644	3,183	2,405	1,866
		전년비	110.4%	117.3%	79.3%	105.2%	87.3%	75.6%	77.6%
	유연탄	수송량	1,808	1,878	2,771	2,821	2,692	3,264	3,299
		전년비	95.8%	103.9%	147.6%	101.8%	95.4%	121.2%	101.1%
	경석	수송량	1,036	1,123	647	618	498	503	133
		전년비	92.6%	108.4%	57.6%	95.5%	80.6%	101.0%	26.4%
	소계	수송량	6,566	7,368	6,883	7,083	6,373	6,172	5,298
		전년비	102.9%	112.2%	93.4%	102.9%	90.0%	96.8%	85.8%
컨테이너	수송량	10,034	11,253	11,729	12,446	8,513	9,948	11,678	
	전년비	112.4%	112.1%	104.2%	106.1%	68.4%	116.9%	117.4%	
유류	수송량	2,401	2,202	2,104	2,006	1,819	1,640	1,348	
	전년비	94.3%	91.7%	95.5%	95.3%	90.7%	90.2%	82.2%	
광석	수송량	1,967	1,758	1,999	1,939	1,968	2,024	2,212	
	전년비	84.0%	89.4%	113.7%	97.0%	101.5%	102.8%	109.3%	
철강	수송량	1,399	1,331	1,818	2,001	1,127	1,733	2,119	
	전년비	100.1%	95.1%	136.6%	110.1%	56.3%	153.8%	122.3%	
비료	수송량	352	182	224	261	130	148	119	
	전년비	108.0%	51.7%	123.1%	116.5%	49.8%	113.8%	80.4%	
건설	수송량	283	256	230	187	253	260	276	
	전년비	66.6%	90.5%	89.8%	81.3%	135.3%	102.8%	106.2%	
사업용	수송량	1,065	813	666	549	491	413	440	
	전년비	63.8%	76.3%	81.9%	82.4%	89.4%	84.1%	106.5%	
기타	수송량	2,442	2,355	2,432	2,693	2,220	2,141	1,890	
	전년비	87.7%	96.4%	103.3%	110.7%	82.4%	96.4%	88.3%	
합계	수송량	41,669	43,341	44,563	46,835	38,908	39,272	40,056	
	전년비	93.6%	104.0%	102.8%	105.1%	83.1%	100.9%	102.0%	

자료 : 한국철도공사 내부자료.

우리나라 철도의 화물운송실적을 살펴보면 2005년에는 약 4,167만톤을 운송하였고 점차 증가하는 추세를 기록하였으나 세계적인 금융위기이후인 2009년 약 3,891톤으로 급감하였다. 이후 소폭의 증가세를 보이고 있으나, 전체수송량은 2005년 수준을 회복하지 못한 실정이다.

품목별로는 유류와 비료의 운송량이 급감하였고 컨테이너, 광석, 철강, 유연탄의 수송량은 증가추세에 있으며 특히 유연탄과 철강의 증가추세는 현저한 수준이다. 따라서 본 연구에서는 유연탄과 철강을 주로 사용하는 기업체와 원료공급업체를 대상으로 현재의 도로운송을 철도운송으로 전환하였을 경우의 경제성을 분석하고자 한다.

철도로 운송된 화물의 수요처로는 당진항을 거점으로 하는 제철소를 선택하였다. 당해 수요처는 송산단지에 위치하여 물류 접근성이 뛰어나며 2020년까지 9,000만톤 규모의 당진항 증설로 인하여 제품의 선적 및 하역의 용이성이 증대되며, 생산능력의 증설로 인해 향후 원료에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다

한편, 당해 수요처로 석회석을 납품하는 공급처는 강원도 정선에 위치하고 있으며 현재 전량을 육상운송으로 공급하고 있다. 현재의 운송과정은 광산에서 채광한 후 야적 또는 사일로에 보관한 다음 덤프트럭에 상차 및 계근 작업 후 운송을 실시하고 있으며 총 운송거리는 230km에 달한다.

현행 운송의 특성상 표준 컨테이너의 사용이 어려워 전량 덤프트럭을 이용한 공로운송에 의존하고 있는 실정으로 강원도 정선에서 채광된 원료를 충청북도 당진에 위치한 가공공장에서 제품화하는 편도운송을 실시하고 있으며 화물 발송량은 월 평균 50,000톤으로 1일 당 약 2,000톤의 수요가 발생하고 있다²⁾.

본 논문의 수요처는 충청도에 위치한 제철회사로 주요 생산품은 자동차산업과 철강산업에 사용되는 주요 소재이다. 자동차 산업의 경우 우리나라의 강력한 경쟁상대인 일본기업들이 최근의 엔저를 바탕으로 공격적 경영을 추구하고 있으며 이에 따라 우리나라 자동차 생산기업의 주요 수출국인 미국에서 시장점유율을 증가시키는 것에는 한계가 있으며 자동차용 철강제품의 수요는 비관적으로 판단할 때 현재의 상황에서 소폭감소 혹은 현상유지로 예상된다.

한편, 조선산업의 경우 금융위기 이후 선박의 공급상태가 지속되고 있으나 대형선사를 중심으로 주력선박인 7,000TEU급에서 10,000TEU급으로 선대 교체가 진행되고 있어서 조선산업이 저성장 기조에서 회복할 것으로 예상되며 특히 국제해사기구에서 친

2) 1개월을 공휴일을 제외한 작업일로 환산한, 1개월=평균 25일 기준.

덤프트럭의 경우, 국내 최대의 대형덤프트럭의 적재량은 27톤이며 대중화되어 있는 트럭의 경우 25.5톤까지 적재가 가능하나 공로의 사정 등을 감안하여 평균 25톤으로 산정

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

환경선박의 도입이 공식화되어 이에 대한 조건의 수요를 낙관적으로 전망할 경우 선박 건조에 필요한 철강제품의 수요도 증가할 것으로 예상된다.

따라서 본 논문에서는 전년대비 증가율을 0%, 1%, 3%로 가정하여 물동량을 분석하였으며 증가율이 불변인 경우, 2014년부터 2033년까지 연간 600,000톤으로 산출되었고, 증가율이 1%인 경우, 사업초기년도인 2014년 600,000톤에서 매년 1%씩 증가하여 사업 6년차인 2019년 630,000톤을 상회하고 2024년에는 660,000으로 증가하며 2030년부터는 700,000톤을 상회할 것으로 분석되었으며 증가율이 3%인 경우에는 2020년 700,000만톤을 상회하여 지속적으로 증가하여 2024년도에는 800,000만톤으로 증가하며 2032년부터는 연간 1,000,000톤을 상회하는 수준으로 증가할 것으로 예상되었다.

<표 2> 물동량 전망

(단위 : 톤)

연 차	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
연 도	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3% 증가	600,000	618,000	636,540	655,636	675,305	695,564	716,431	737,924	760,062	782,864
1% 증가	600,000	606,000	612,060	618,181	624,362	630,606	636,912	643,281	649,714	656,211
불변	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000
연 차	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
연 도	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
3% 증가	806,350	830,540	855,457	881,120	907,554	934,780	962,824	991,709	1,021,460	1,052,104
1% 증가	662,773	669,401	676,095	682,856	689,685	696,581	703,547	710,583	717,688	724,865
불변	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000

2) 장비 소요 및 비용분석

기존의 공로운송체제에서 공로-철도-공로의 신규 복합운송을 실시하기 위해서는 Arm Roll Box의 도입이 필요하다. 연간예상물동량 처리를 위하여 투입되는 암롤박스의 수요의 산정은 기존에 트럭을 이용하여 수송하던 운송량을 기준으로 가정하여 산정하였다. 즉, 기존 트럭의 1대분의 적재량인 25톤을 기준으로 암롤박스 1대의 적재량을 25톤으로 가정하며, 상기 분석된 연간 예상물동량을 25톤으로 나누어 암롤박스 수요를

예측하였다.

물동량이 불변시에는 사업초기년도에는 연간 24,000대의 암롤박스가 필요하며 물동량 1% 증가시에는 2019년에 25,000 이상의 암롤박스가 필요하고 2023년 26,000대, 2026년 27,000대로 지속적으로 가하여 2033년에는 약 29,000대의 암롤박스가 필요한 것으로 추정되었다. 물동량 3% 증가시에는 사업초기 24,000대에서 2022년에는 30,000대로 증가하며 2032년에는 약 40,000대의 암롤박스가 필요한 것으로 추정되었다.

<표 3> 연간 장비 소요

(단위 : 대)

연 차	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
연 도	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3% 증가	24,000	24,720	25,462	26,225	27,012	27,823	28,657	29,517	30,402	31,315
1% 증가	24,000	24,240	24,482	24,727	24,974	25,224	25,476	25,731	25,989	26,248
불변	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
연 차	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
연 도	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
3% 증가	32,254	33,222	34,218	35,245	36,302	37,391	38,513	39,668	40,858	42,084
1% 증가	26,511	26,776	27,044	27,314	27,587	27,863	28,142	28,423	28,708	28,995
불변	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000

Arm Roll Box의 도입을 위해서는 직접구입, 리스, 렌탈의 3가지 방식이 존재하나, 본 연구에서는 직접구입을 가정하여 비용을 산정하였다. 직접구입은 장비의 활용면에서 본사업의 필요시에 적시에 도입이 가능하며, 장비의 안정적인 확보 및 다방면으로 전환 배치가 가능하고 주인의식을 가지고 장비를 활용하여 장비의 파손 피해가 적으며, 이로 인한 유지보수비용이 낮게 발생하는 장점을 가지고 있다.

리스의 경우 초기 투자비용 측면에서 유익하나 우리나라에서는 아직 다양한 Arm Roll Box가 존재하지 않으며 전문리스회사가 부재하여 초기 장비확보에 어려움이 발생할 것으로 전망되며 금융권의 전문리스회사를 통한 자금의 확보시에도 금리의 설정 등 선행과정이 복잡하다는 단점이 있다.

렌탈의 경우, Arm Roll Box 전문 임대회사가 존재하지 않아 장비의 확보가 어려우

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

며 초기자본의 절약은 예상되나 장비의 안정적인 확보 및 운영을 위하여서는 직접구입이 가장 적절한 도입방법으로 예상되며 본 연구에서는 이를 가정하여 분석을 실시한다.

Arm Roll Box의 현재 대당 제작비용은 1,000만원으로 조사되며 대량발주시에 대당 약 800만원에 제작이 가능하며 이를 본 연구의 장비구입비용으로 가정한다.

상기 기존 물동량을 1일당 덤프트럭으로 수송하기 위하여 현재 80대의 트럭이 소요되는 것으로 조사되었으며, 이를 전량 철도수송을 통한 Arm Roll Box로 전환하는 것으로 산정하면 초기년도의 물동량을 고려할 때 사업초기에는 80대의 Arm Roll Box가 필요한 것으로 산정되었다.

- 1일 화물발송량(A) : 2,000톤
- Arm Roll Box (B) : 25톤
- 1일 Arm Roll Box 수요량(C) = (A)/(B) = 2,000 / 25 = 80[대]
- 1회 Block Train의 운송가능 Arm Roll Box : 40(Box)
- 1일 2회 Block Train 운행 가정시 Arm Roll Box : 80(Box)
- Block Train 1회 운행중에 나머지 40대분의 Arm Roll Box는 Block Train 상차작업을 위해 원료공급처(채광회사)와 원료 수요처(제철회사) 간을 운행
- Arm Roll Box 대당가격 : 800만원
- 초기년도 소요대수 : 80대³⁾
- 초기년도 장비도입금액 : 800[만원] × 80[대] = 64,000[만원]⁴⁾

장비운영과 관련한 운영비용에는 일반적으로 기술특허에 대한 로열티비용, 일반관리비 등으로 구성되며, 본 사업에서는 기술특허에 대한 로열티비용은 발생하지 않는 것으로 가정하여 산정하였다. Arm Roll Box와 관련한 유지보수비는 Arm Roll Box의 도입대수와 관련 있으며 Arm Roll Box 구입비용의 10%를 유지보수비용으로 산정하였다⁵⁾

인건비는 기존 선로(선평역-합덕역)를 이용하는 2018년까지는 200백만원의 인건비가 발생하는 것으로 가정하며 2019년부터는 선평역에서 당진역까지 철도운송이 가능함을 점을 감안하여 300백만원의 인건비가 발생하는 것으로 가정하여 산정하였다.

3) Arm Roll Box는 내용연수 경과 후 이를 대체하여야 하며 내용연수는 컨테이너 박스의 내용연수인 15년을 적용하여 산정

4) Arm Roll Box 도입에 따른 차량운반구 개조비용 및 제어시스템 비용, 구축물 시설투자비는 본 사업에서는 발생하지 않는 것으로 가정하여 산정함

5) 유지보수비용은 파손에 대한 수리 및 재생비, 도색비용, 내구성 강화를 위한 보완재의 사용, 세척 및 오폐수 처리비용 등을 포함하는 비용임

3) 편익분석

교통시설 투자사업의 시행으로 발생하는 편익은 교통 측면의 편익인 직접편익과 교통개선으로 인한 사회적 편익인 간접편익으로 구분할 수 있으며, 철도부문 사업의 유형별 편익항목은 다음과 같다.

<표 4> 철도부문 사업의 유형별 편익항목

구분		세부항목
직접편익 (사용자 편익)	철도 이용자 편익	철도(기존 및 신규 철도) 사용자 및 화물의 통행시간 절감 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 등*
	타 수단 이용자 편익	차량운행비용 절감 도로·철도 간 전환수요에 의한 통행시간 절감편익 항공/해운의 전환수요에 의한 편익* 교통사고 감소 건널목 개선에 따른 사고/지체 감소*
간접편익 (비사용자 편익)		환경비용 절감(대기오염, 소음 절감) 지역개발효과* 시장권의 확대* 지역 산업구조 개편* 고속도로 유지관리비 절감* 주차수요 감소로 인한 주차공간 기회비용 절감

자료: 한국개발연구원 공공투자관리센터, 『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』, 2008.12.

주: *는 편익 산정 시 계량화하여 반영하지 못한 항목임.

도로와 철도 등 교통시설사업 시행 시 교통시설의 이용자들에게 발생하는 직접편익으로는 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소, 쾌적성 증가, 정시성 향상, 안정성 향상 등이 있다. 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소 등의 편익을 화폐가치화하는 작업은 비교적 용이하나, 교통의 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 등의 효과는 개인별 주관적 만족도에 따라 가치가 달라질 수 있기 때문에 화폐가치화하는 데 어려움이 수반된다. 철도부문 사업의 경우 항공 및 해운의 전환수요에 의한 편익과 건널목 개선에 따른 사고/지체 감소편익은 반영할 필요는 있으나 계량화가 용이하지 않다. 간접편익은 교통시설사업 시행 시 교통시설 이용에 관계없이 모든 사람에게 발생하는 파급효과로 환경비용 절감, 지역개발효과, 시장권 확대, 산업구조 개편효과 등이 있다. 철도부문 사업의 경우 전환수요에 의한 고속도로 유지관리비 절감, 주차수요 감소로 인한 주차공간 기회비용 절감, 공사 중 교통혼잡 및 도로공간 축소로 인한 부(-)의 편익 등을 추가적으로 고려할 수 있다. 환경비용 절감편익의 경우 대기오염, 소음 등

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

일부 항목을 계량화하는 연구 성과가 축적되어 비용·편익 분석에 반영할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 편익 산정 범위를 공통편익과 사업특수 편익으로 구분하며 공통 편익이란 모든 도로 및 철도 부문 사업에 포함되는 편익을 의미하고, 사업특수 편익이란 특정 사업의 평가에 한정하여 산정하는 편익을 의미한다.

<표 5> 철도사업의 시행에 따른 편익항목

구분	편익항목
공통 편익	차량운행비용 절감편익 통행시간 절감편익 교통사고 감소편익 환경비용(공해) 절감편익
사업특수편익	주차비용 절감편익

자료: 한국개발연구원 공공투자관리센터, 『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』, 2008.12.

사업특수편익의 주차비용 절감편익의 경우 광역 및 도시철도, 경전철 등의 투자사업이 시행되면 승용차 등의 자동차에서 철도로의 수단 전환으로 승용차 통행량이 감소하게 되며 승용차 통행의 감소는 비주거지역의 주차수요를 감소시킬 수 있고, 이에 따라 주차장 건설 및 유지에 소요되는 자원(토지, 시설, 운영비 등)이 다른 용도로 사용될 수 있으므로 사회적 편익이 발생할 수 있다. 그러나 주차수요 감소에 따른 사회적 편익은 승용차 주차행위가 실제 발생할 가능성이 높은 도시부 철도(광역 및 도시철도, 경전철)에 국한하여 산정하는 것을 원칙으로 하고 있기 때문에 본 연구의 대상인 무동력 회전장치에는 해당하지 않으므로 본 연구에서는 주차비용에 대한 절감편익은 고려하지 않고 분석을 실시했다.

3-1) 차량운행비용 절감 편익

교통시설사업 시행 시 통행거리가 단축되고 통행속도가 증가함에 따라 차량운행비용이 감소되는 효과가 발생한다. 차량운행비용은 통상 고정비와 변동비로 구분되며, 고정비는 차량의 감가상각비, 보험료 및 제세공과금으로 구성되고, 변동비는 유류비, 엔진오일비, 타이어 마모비, 유지관리비 등으로 구성된다. 제세공과금은 단순한 이전지출로서 경제적 비용이 아니고, 보험료는 교통사고의 발생 가능성에 대비한 비용으로서 예비타당성조사에서는 교통사고비용을 별도로 산정하므로 경제성 분석상의 차량운행비용 절감편익에서는 제외하고 있다. 따라서 예비타당성조사의 차량운행비용 산정에는 유류비, 엔진오일비, 타이어 마모비, 유지관리비, 감가상각비만을 고려하여 분석을 실시한다.

유류비와 관련하여 승용차는 56km/h, 버스는 72km/h에서 유류소모량이 가장 적은 것으로 제시되고 있으며(경제기획원, 1982), 승용차는 80km/h, 대형버스는 70km/h에서 유류소모량이 가장 적은 것으로 제시되고 있다(국토연구원, 1995). 그러나 승용차의 경우의 휘발유 소모량은 0.05197 l/km로서 휘발유 1 l 당 주행거리를 나타내는 연비가 19.24km/l로서 비현실적으로 높게 나타나는 문제점이 있다. 주행속도별 유류소비량을 살펴보면 고속도로와 일반국도 모두 대체로 주행 속도 40~50km/h에서 가장 적은 것으로 나타나고 있으며 대형차량의 경우 일반국도 유류소비량이 고속도로 유류소비량보다 저속에서 고속으로 주행할수록 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타난다. 따라서 본 연구에서의 유류비는 『도로·철도부문사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』의 제5장 편익산정에서 제시하는 기준에 의거하여 산정한다.

엔진오일비는 80km/h 정도에서 가장 적게 소요되는 것으로 분석되었으며, 타이어 마모비도, 속도가 높아질수록 타이어 마모율이 큰 폭으로 증가하는 것으로 분석되어 유지관리비 또한 속도가 높아질수록 계속 증가하는 것으로 분석되었다(국토연구원, 1995).

유류비를 제외한 이들 운행비용의 합은 속도에 따라 변화하지 않거나 혹은 이들 비용의 크기가 전체 운행비용에서 차지하는 비중이 극히 적은 것으로 나타나고 있으며 『교통혼잡비용 예측 연구』(교통개발연구원, 1992)에서는 이들 세 종류 비용의 합이 차량속도 변화에 따라 변화하지 않는 것으로 가정하고 있다.

차량의 감가상각비의 경우 본 연구에서는 『도로 철도부문사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정보완 연구 일반지침(제5판)』의 제5장 편익산정에서 제시하는 기준에 의거하여 산정하였으며 차종별 원단위 산정에 필요한 평균 차량구입비와 총주행거리는 최근 자료를 이용하였다.

<표 6> 대형트럭 운행비용 절감 편익

(단위 : 원/ km)

속도	유류비	엔진오일비	타이어마모비	유지관리비	감가상각비	합계
10	287.09	14.24	2.82	33.34	324.73	662.22
20	225.58	12.73	4.90	42.11	266.73	552.06
30	161.95	10.91	7.41	50.01	220.34	450.62
40	119.18	9.70	10.53	52.65	185.56	377.61
50	114.85	8.94	13.80	55.27	154.24	347.11
60	128.90	8.03	18.25	61.42	133.37	349.97
70	146.88	7.12	22.84	61.42	119.46	357.73
80	170.70	5.91	29.08	70.19	104.37	380.25
90	203.75	6.36	36.65	81.60	102.06	430.42
100	242.92	7.12	44.96	90.37	91.62	476.98

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

일반적으로 차량운행비용은 분석대상 사업의 직·간접 영향권 내 링크를 대상으로 통행배정 작업의 결과로 산출된 주행속도와 교통량을 이용하여 주행속도에 따른 차량 운행비용 원단위를 적용하여 산정한다. 즉, 분석 도로망에 부하된 각 링크의 차종별 교통량과 길이를 곱한 결과를 링크 평균 속도에 기초한 차종별 차량운행비용 원단위와 곱하여 개별 링크의 차량운행비용을 산정한다.

대형트럭의 운행비용절감편익을 유류비, 엔진오일비, 타이어마모비, 유지관리비, 감가상각비, 등의 요소에 대하여 속도를 기준으로 분석하면 안전운전속도인 80km/시간의 경우 운행비용 절감편익은 km당 380.25원으로 분석된다. 그러나 현실적으로 컨테이너의 육상운송에서 철도운송으로의 전환이 대형트럭에만 영향을 미친다고 국한하는 데에는 문제가 있으며, 철도운송의 전환은 대형트럭의 운행감소에도 직접적인 영향을 미치며 소형트럭 및 자동차 버스의 통행에도 간접적으로 영향을 미치는 것으로 분석하여야 한다. 따라서 차종별 속도별 차량운행비용에 표시된 전 차종의 기준 속도를 근거로 한 평균값인 249.19원을 석의 원단위로 산정한다.

<표 7> 차종별 기준속도별 평균운행비용 절감 편익

(단위 : 원/ km)

차종	속도	유류비	엔진오일비	타이어마모비	유지관리비	감가상각비	합계
승용차	90	45.00	3.95	6.55	18.75	85.01	159.28
소형버스	120	68.65	5.35	9.07	21.16	137.46	241.69
대형버스	70	83.10	8.18	8.02	25.13	136.66	261.09
소형트럭	60	58.48	5.67	4.22	19.04	107.18	194.59
중형트럭	60	58.48	6.78	12.11	39.70	174.31	291.39
대형트럭	50	114.85	8.94	13.80	55.27	154.24	347.11
평균							249.19

3-2) 통행시간 절감편익

교통시설사업을 시행하면 통행자의 교통수단, 통행경로, 통행속도 등 교통패턴의 변화가 발생하며, 통행패턴의 변화는 해당 교통시설을 통행하는 통행자는 물론 주변 교통네트워크를 이용하는 통행자의 통행시간에도 영향을 미친다(한국개발연구원, 2011). 이러한 영향은 운전자뿐 아니라 함께 승차하고 있는 승객의 통행시간도 달라지는 변화를 가져오며, 차량속도가 향상되면서 운전자 및 승객의 통행시간이 절감되고, 통행자는 절감된 시간을 다른 목적에 활용할 수 있기 때문에 통행시간 절감편익은 통행시간가치에 의하여 결정된다. 본 연구에서는 통행시간의 가치를 산정하기 위하여 통행목적을 업무통행과 비업무통행으로 구분하고 각각의 통행목적에 대한 시간가치를 추정하여, 업무통

행의 경우 통행시간 절약은 그만큼의 업무시간 증가, 곧 생산활동을 위한 시간의 증가를 가져오는 것으로 분석하고 비업무통행의 경우 통행시간의 절약은 그만큼의 여가활동을 위한 시간 증가를 가져오는 것을 전제로 분석을 실시했다. 즉 업무통행시간의 증가는 생산활동의 감소를 가져오며, 비업무통행시간의 증가는 여가시간의 감소를 가져오는 것으로 가정하여 분석을 실시했다.

경제성 분석에서는 근로시간과 근로자의 임금자료를 분석하여 통행시간가치를 적용하고 있으며 노동부의 임금구조조사에 따르면, 시간당 임금의 경우 승용차 운전자 14,405원/인·시간, 버스 운전자 8,481원/인·시간, 트럭 운전자 12,284원/인·시간으로 산정되었다 인건비성 경비 부분을 감안하여 산정한 시간가치는 승용차 운전자가 18,626원/인·시간, 버스 운전자가 10,228원/인·시간, 트럭 운전자는 16,571원/인·시간을 적용한다.

<표 8> 전국평균 통행시간가치

구분	승용차		버스		화물차		철도(1인당)	
	업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무
재차인원	0.44	1.11	2.35	7.63	1.00	0.0	0.13	0.87
시간가치	18,626	6,091	10,228	3,036	16,571	-	18,626	3,729
시간가치 (원/대·시)	8,245	6,744	35,401	23,161	16,571	-	2,341	3,260
평균시간 가치(원/대)	14,990		58,561		16,571		5,602	

환적시스템의 도입으로 인하여 전체운송구간의 공로운송시 평균 4시간 소요되었으나 도로-철도를 연계한 무동력 회전장치 환적시스템을 도입할 경우 3시간 30분이 소요될 것으로 추정되어 트럭당 평균 30분의 운송시간 단축을 가져올 수 있으며 이에 따라 시간절감 편익을 가져 올 수 있으며, 운송시간의 절감은 물류 수송을 신속하게 하여 업무 및 비업무 분야의 통행시간을 단축하는 결과를 가져온다. 전국평균 통행시간가치에서 화물차에서 철도로 전환되는 시간당 통행시간가치는 1시간당 약 16,571원으로 책정된바 30분의 가치는 8,285.5원으로 산정되며, 이를 근거로 시간가치 절감편익을 도출한다.

3-3) 교통사고 감소편익

교통사고 절감편익은 시스템 전환으로 고속도로 이용 화물이 철도를 이용시 발생가능한 교통사고를 줄여 발생하는 편익을 의미한다. 교통사고비용은 ‘교통사고로 발생된 모든 경제적 손실을 부담주체와는 상관없이 화폐가치로 환산한 것’을 의미하며, 교통사

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

고비용에는 의료비용, 교통사고 피해자의 생산손실비용, 물질적 피해비용, 정신적 피해비용, 경찰 및 보험회사의 교통사고처리비용과 법적인 문제가 야기된 경우의 법정비용 등 행정비용이 포함된다. 교통시설사업의 시행으로 교통사고가 감소할 경우 사회·경제적 편익이 발생하는 것으로 파악하고 있으며 외국과 우리나라의 경우 자료여건상 적용 방법론의 차이는 있지만 모든 국가가 교통시설 투자사업의 평가에 교통사고비용을 화폐 가치화하여 편익으로 고려하고 있다.

교통사고는 인적피해사고와 대물피해사고로 구분이 가능하며, 인적피해사고의 항목과 정의가 도로부문과 철도부문이 서로 상이하다. 경찰청의 교통사고통계에 의하면, 도로부문의 인적피해사고는 사망, 중상, 경상, 부상신고로 구분한 반면에, 철도사고의 경우 사망, 중상, 경상으로 구분하고 있으며, 사망의 경우 도로 부문은 교통사고로 인해 30일 내에 사망한 경우이지만, 철도부문은 72시간 이내에 사망한 경우로 정의하고 있다.

<표 9> 도로부문의 교통사고 비용 원단위

(단위 : 만원)

구분		사망	사고
사망자 1명당	PGS 제외	41,944	519
	PGS 포함	52,741	2,156
사고 1건당	PGS 제외	2,595	
	PGS 포함	4,159	

자료 : 도로교통안전관리공단, 『07. 도로교통사고비용의 추계와 평가』, 2008. 한국교통연구원, 『2005년 교통사고비용 추정』, 2007.

주 : 1) PGS 제외 비용 = 순평균비용(위자료, 장례비, 생산손실비, 의료비 및 기타)+교통경찰비용+보험행정비용

2) 사고 1건당 및 PGS 비용은 2005년 기준비용에 소비자물가지수(1.0488)를 적용하여 2007년 기준으로 보정한 금액임.

3) 부상의 경우에는 PGS 비용 중 가중평균 값을 적용

본 연구에서는 통계자료의 제약으로 인해 사고의 유형을 사망자와 부상자로 구분하며, 2007년 기준으로 도로유형별 교통사고 사상자 1명당 비용은 『07 도로교통사고비용의 추계와 평가』(도로교통안전관리공단, 2008)에서 제시한 값을 사용하며, PGS 비용은 『2005년 교통사고비용 추정』(한국교통연구원, 2006)에서 2005년을 기준으로 제시한 원단위에 소비자물가지수(1.0488)를 적용하여 기준연도 비용으로 산출하였다. 기준년도의 사망자 1명당 교통사고비용을 산출한 결과 PGS 비용을 제외할 경우 약 4억2천만원이고, PGS 비용을 포함하면 약 5억3천만원으로 분석되었다

3-4) 환경비용 절감편익

교통시설사업을 시행함으로써 발생하는 대기오염비용은 기본적으로 다음 3단계를 거쳐 산정한다. 먼저 자동차 주행으로 인해 발생하는 오염물질별 배출계수를 산정하고 오염물질별 대기오염비용 원단위를 산출한 후, 마지막으로 사업 시행으로 인한 오염원별, 오염물질 배출량의 변화를 산정한 후, 이를 오염물질별 대기오염비용 원단위를 곱하여 화폐가치화 한다. 오염물질별 대기오염비용 원단위를 추정하는 데 여러 방법이 있을 수 있으나, 본 연구에서는 『육상교통수단의 환경성 비교분석』(한국환경정책평가연구원, 2002)과 『철도투자 평가편람』(철도청, 2003)에서 제시된 원단위를 적용한다.

<표 10> 대기오염비용 원단위(2007년 기준)

(단위: 원/kg)

오염물질	CO	HC	NOx	PM	CO2
비용	7,877	9,155	9,477	30,941	42.4

자료 : 한국환경정책평가연구원, 『육상교통수단의 환경성비교분석』, 2002. 12.

주 : 1) CO2의 대기오염비용 원단위는 철도청(2003)의 『철도투자 평가편람』, 에서 제시된 수치를 적용

2) 소비자물가지수를 이용하여 자료를 보정함.

차종별·속도별 대기오염배출계수와 대기오염비용 원단위를 적용한 대형트럭의 속도별 대기오염비용을 추정하면 다음과 같다.

<표 11> 대형트럭 속도별 대기오염비용

(단위 : 원/km)

속도	CO	NOx	HC	PM	CO2	합계
50	19.18	171.72	8.77	35.72	71.17	306.57
60	16.76	160.28	7.91	33.09	66.28	284.32
70	14.95	151.20	7.25	31.01	62.42	266.84
80	13.54	143.75	6.72	29.32	59.25	252.57
90	12.41	137.49	6.28	27.91	56.59	240.69
100	11.47	132.11	5.93	26.69	54.32	230.52

4) 경제성 분석 결과

물동량이 불변하는 관점에서 1%, 3%로 증가하는 관점에서 비용-편익분석을 한 추이와 경제적 타당성 분석의 결과는 다음과 같다.

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

<표 12> 물동량별 연도별 비용-편익 추정

연도	물동량 불변시				물동량 1%증가				물동량 3%증가			
	편익		비용		편익		비용		편익		비용	
	불변 가격	할인 가격	불변 가격	할인 가격	불변 가격	할인 가격	불변 가격	할인 가격	불변 가격	할인 가격	불변 가격	할인 가격
2014	4,028.6	4,006.6	11,816.8	11,752.2	4,028.6	4,006.6	11,816.8	11,752.2	4,028.6	4,006.6	11,816.8	11,752.2
2015	4,028.6	3,984.7	11,176.8	11,054.9	4,068.9	4,024.5	11,285.9	11,162.8	4,149.5	4,104.2	11,504.2	11,378.7
2016	4,028.6	3,962.9	11,176.8	10,994.4	4,109.6	4,042.5	11,396.1	11,210.2	4,274.0	4,204.2	11,841.4	11,648.1
2017	4,028.6	3,941.2	11,176.8	10,934.3	4,150.7	4,060.6	11,507.5	11,257.7	4,402.2	4,306.6	12,188.7	11,924.2
2018	4,028.6	3,919.6	11,176.8	10,874.4	4,192.2	4,078.8	11,619.9	11,305.6	4,534.2	4,411.6	12,546.5	12,207.0
2019	4,489.2	4,343.8	9,188.8	8,891.3	4,718.2	4,565.4	9,639.0	9,326.9	5,238.5	5,068.9	10,594.4	10,251.4
2020	4,489.2	4,320.1	9,188.8	8,842.7	4,765.3	4,585.8	9,731.7	9,365.1	5,395.6	5,192.4	10,901.3	10,490.7
2021	4,489.2	4,296.4	9,188.8	8,794.3	4,813.0	4,606.4	9,825.4	9,403.6	5,557.5	5,318.9	11,217.4	10,735.8
2022	4,489.2	4,272.9	9,188.8	8,746.2	4,861.1	4,627.0	9,920.0	9,442.2	5,724.2	5,448.5	11,543.0	10,987.0
2023	4,489.2	4,249.6	9,188.8	8,698.4	4,909.7	4,647.7	10,015.6	9,481.0	5,895.9	5,581.2	11,878.4	11,244.4
2024	4,489.2	4,226.3	9,188.8	8,650.8	4,958.8	4,668.5	10,112.1	9,520.0	6,072.8	5,717.2	12,223.8	11,508.1
2025	4,489.2	4,203.2	9,188.8	8,603.5	5,008.4	4,689.4	10,209.6	9,559.2	6,255.0	5,856.5	12,579.6	11,778.3
2026	4,489.2	4,180.2	9,188.8	8,556.4	5,058.5	4,710.4	10,308.0	9,598.6	6,442.6	5,999.2	12,946.1	12,055.1
2027	4,489.2	4,157.3	9,188.8	8,509.6	5,109.1	4,731.5	10,407.4	9,638.2	6,635.9	6,145.4	13,323.5	12,338.7
2028	4,489.2	4,134.6	9,188.8	8,463.1	5,160.2	4,752.6	10,507.9	9,678.0	6,835.0	6,295.2	13,712.3	12,629.3
2029	4,489.2	4,112.0	9,828.8	9,003.0	5,211.8	4,773.9	11,249.3	10,304.2	7,040.0	6,448.6	14,752.8	13,513.2
2030	4,489.2	4,089.5	9,188.8	8,370.7	5,263.9	4,795.3	10,711.8	9,758.1	7,251.2	6,605.7	14,525.2	13,232.1
2031	4,489.2	4,067.1	9,188.8	8,324.9	5,316.5	4,816.7	10,815.2	9,798.5	7,468.8	6,766.6	14,950.0	13,544.6
2032	4,489.2	4,044.9	9,188.8	8,279.4	5,369.7	4,838.3	10,919.8	9,839.1	7,692.8	6,931.5	15,387.6	13,864.8
2033	4,489.2	4,022.8	9,188.8	8,234.1	5,423.4	4,859.9	11,025.3	9,879.8	7,923.6	7,100.4	15,838.3	14,192.8
합계	87,480.5	82,535.8	194,996.0	184,578.6	96,497.7	90,881.7	213,024.2	201,280.9	118,818.0	111,509.4	256,271.2	241,276.4

물동량 불변시의 경우 무동력 회전장치의 도입으로 인한 순현재가치(NPV)는 -102,042백만원으로 계산되었고, 비용-편익비율(B-C ratio)은 0.447로 분석되어 경제적 타당성이 매우 약한 것으로 판단된다.

<표 13> 물동량 불변시 비용-편익분석 결과

구 분	무동력 회전장치 환적 시스템
현재가치의 편익 (백만원)	82,535.75
현재가치의 비용 (백만원)	184,578.61
순현재가치(NPV)	-102,042.86
비용-편익비(B/C ratio)	0.447

한편 물동량 증가율 1%의 경우 기본적인 물동량 추정과 관련하여 철도관련 물동량

의 증가율을 참고하여 반영하였으며, 직접편익을 발생시키는 편익항목을 최근 예비타당성 조사에서와 같이 최근 조정된 비용을 적용하여 NPV를 다시 구한 결과는 다음과 같다. 순현재가치(NPV)는 -110,399백만원으로 계산되었고, 비용-편익비율(B-C ratio)은 0.452로 분석되었다. 물동량 불변시에 비해 비용-편익비율은 다소 개선되었으나 순현재가치는 더욱 악화되어 물동량의 증가로 인한 편익의 증가보다 비용의 증가가 더욱 큰 것으로 분석되었다.

<표 14> 물동량 1% 증가시 비용-편익분석 결과

구 분	무동력 회전장치 환적 시스템
현재가치의 편익 (백만원)	90,881.7
현재가치의 비용 (백만원)	201,280.9
순현재가치(NPV)	-110,399.16
비용-편익비(B/C ratio)	0.452

물동량 3% 증가의 경우, 무동력 회전장치의 도입으로 인한 순현재가치(NPV)는 -129,766.9백만원으로 계산되었고, 비용-편익비율(B-C ratio)은 0.462로 분석되었다. 이 분석도 물동량 불변시 보다는 좋아지고 있으나 여전히 경제성은 미미한 것으로 판단된다.

<표 15> 물동량 3% 증가시 비용-편익분석 결과

구 분	무동력 회전장치 환적 시스템
현재가치의 편익 (백만원)	111,509.4
현재가치의 비용 (백만원)	241,276.4
순현재가치(NPV)	-129,766.9
비용-편익비(B/C ratio)	0.462

IV. 결론

본 연구는 우리나라에 무동력 회전장치를 이용하여 철도화물의 환적시스템을 구축하였을 경우 발생할 비용과 편익에 대하여 사례분석을 통하여 경제적 타당성을 분석하고자 하였다.

연구 결과 현재의 철도화물의 물동량으로는 무동력 회전장치의 도입이 현실적으로

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템의 경제성 평가에 관한 연구

어려우며 물동량의 확충이 이루어진 다음에 무동력 회전장치 등 철도화물의 환적 시스템 구축이 도입되어야 할 것으로 판단된다.

보수적인 시각인 물동량의 불변조건부터 현실의 증가율을 반영한 1%대의 물동량 증가 및 긍정적 시각에서의 물동량 증가율 3%를 적용하여 비용-편익을 실시한 결과 모두 경제성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 물동량의 증가에 따라 점차적으로 편익-비용비율을 개선되는 경향을 보였다. 즉 물동량의 증가에 의해 수익창출효과도 있지만 그에 비해 비용의 과다 발생이 문제인 것으로 파악되며 초기의 투입 비용이 무동력 회전장치의 도입에 부담으로 작용하고 있는 것으로 파악되었다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 정부의 Modal-Shift 정책이 실효성 있게 진행되어야 한다. 즉 도로위주의 화물운송체계를 개편하고 사회적 비용을 감소하기 위해서는 친환경적이고 에너지 소비가 효율적인 운송수단인 철도운송을 활성화 시키는 방향으로 정책의 전환이 필요하며 정부에서도 Modal-Shift를 통한 보조금 제도를 마련하여 시행하고 있으나 여기에는 문제점이 있다. 외국의 경우 보조금은 투입비용 대비 사회적 비용의 감소가 큰 사업부터 우선적으로 지원하고 있으며 도로운송과 비교하여 철도운송의 운임 경쟁력이 낮은 사업에 보조금을 지급하여 도로운송에서 철도운송으로 자연스러운 이전을 유도하고 있다. 그러나 우리나라에서는 세부적인 사항을 검토하여 지원하기 보다는 과거의 운송실적을 기준으로 이전되는 물동량에 대하여 일괄적으로 지원을 하고 있어 철도의 경쟁력이 높은 구간에서도 보조금을 지급하는 경우도 있다. 본 사례 분석을 통한 연구에서도 경쟁력이 낮아 철도운송의 요금 부담이 많이 발생하여 순현재가치는 낮게 도출되지만 도로운송에 비하여 사회적 편익이 많이 발생하는 철도운송구간도 존재하며 이에 대한 면밀한 검토 후 보조금을 지급하여야 한다.

본 논문은 물동량을 기준으로 하여 비용과 편익에 근거한 경제성 분석을 중심으로 연구를 진행하였으며 도로운송화물을 철도운송으로 전환할 수 있는 방안도 염두에 두고 진행하였다. 향후 해양수산부, 국토교통부, 환경부, 화주협회, 환경관련 단체 등이 공동으로 참여하여 모달쉬프트 도입에 따른 도로운송에서 철도운송으로의 전환에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 경제기획원, 『투자심사편람』, 1982.
- 교통개발연구원, 『교통혼잡비용 예측 연구』, 1992.
- 국토연구원, 『고속도로사업효과 조사』, 1995.
- 국토해양부, 『교통시설 투자평가지침 제4차 개정』, 2011.11.
- 남두희, 허현무, 이진선, “철도관련사업의 환경편익 고려방안”, 『한국철도학회논문집』, 제15권 제2호, 2012, 179-184.
- 심승식, 소예림, “피해함수접근법을 이용한 주요운송수단의 사회적 비용 산정”, 『한국향만경제학회지』, 제28권 제4호, 2012, 1-37.
- 엄진기, 성명준, 김현웅, 이준, “신교통 바이모달트램의 도시규모별 도입타당성 분석”, 『한국철도학회논문집』, 제12권 제6호, 2009, 1067-1075.
- 이기환, 황두건, 김명희, “부산항 신항 컨테이너터미널 배후단지 조성사업의 경제성 평가에 관한 연구”, 『한국향만경제학회지』, 제24권 제4호, 2008, 153-171.
- 정분도, 홍금우, “물류서비스산업의 국민경제적 파급효과 분석”, 『한국향만경제학회지』, 제24권 제2호, 2008, 193-208.
- 조삼현, “철도화물 이용요인 분석을 통한 철도물류 활성화 방안에 관한 연구”, 『한국향만경제학회지』, 제25권 제2호, 2009, 247-258.
- 한국개발연구원 공공투자관리센터, 『제2차 국토5개년계획(안) 검증사업 도로부문 사업의 경제성 분석 결과』, 2011.
- 한국개발연구원 공공투자관리센터, 『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』, 2008.12.
- 한국개발연구원, 『광양항 서측 배후단지 개발사업 예비타당성조사』, 2005.8.
- 한국도로공사, 『고속도로 타당성 조사 및 기본설계 실무편람』, 1998.

국문 요약

무동력 회전장치를 이용한 철도환적시스템 경제성 평가에 관한 연구

김광희 · 김현덕

철도운송은 도입초기에 비하여 우리나라의 인구 및 산업 활동이 비약적으로 증대하여 국토 및 경제의 구조는 현저히 변모하였음에도 불구하고, 철도망은 초기의 골격을 거의 그대로 유지하고 있다. 이로 인해 그동안 건설된 대규모산업단지와 화물터미널의 화물수송 시 접근성이 개선되지 않고 있으며, 현재의 철도망은 네트워크로서 용량의 균형을 이루지 못하고 있는 실정이다. 화물자동차운송의 증가로 인하여 도로의 정체, 교통사고의 증가 Co2 증가 많은 사회적 문제가 대두되고 있으며, 대량운송에 적합한 철도화물수송이 수출입화물의 중요 운송수단이 되어야 함에도 불구하고, 현행의 불합리한 운임체계는 화주의 물류비를 가중시키는 물론 철도화물유치에 어려움을 주는 요인이 되고 있다. 특히 철도화물수송은 화주가 철도로 대화물을 수송할 경우 철도본선 운임 이외에도 집·배송비용과 상하차 작업료 등의 부대비용을 지불해야 하기 때문에 화물자동차와 비교해 볼 때 철도수송을 불리하게 만드는 요인으로 작용하고 있어 철도물류 활성화를 새로운 철도운영체제의 도입이 필요하다. 본 연구는 우리나라에 무동력 회전장치를 이용하여 철도화물의 환적시스템을 구축하였을 경우 발생할 비용과 편익에 대하여 사례분석을 통하여 경제적 타당성을 분석하고자 하였다. 연구 결과 현재의 철도화물의 물동량으로는 무동력 회전장치의 도입이 현실적으로 어려우며 물동량의 확충이 이루어진 다음에 무동력 회전장치 등 철도화물의 환적 시스템 구축이 도입되어야 할 것으로 판단된다. 향후 해양수산부, 국토교통부, 환경부, 화주협회, 환경관련 단체 등이 공동으로 참여하여 모달쉬프트 도입에 따른 도로운송에서 철도운송으로의 전환에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

핵심 주제어: 무동력 회전장치, 철도환적시스템, 비용-편익분석,