

## 공화차 운행 현황 분석

### Status of Empty Freight Car Operation

이병호\*, 원동희\*, 안치원\*, 박범환\*†

Byeong-Ho Lee\*, Dong-Hee Won\*, Cheewon Ahn\*, Bum Hwan Park\*†

**Abstract** We need to find out which part of the planning process the inefficiency is from in order to make the rail freight transportation more efficient. Recently, the dedicated trains for transporting general freight commodity like hard coal or cement are increasing, so that the efficient plan of distributing the full cars becomes less important because the routes for transporting cars could be in advance set up. However, the empty car distribution is still developed by the dispatcher's rule of thumb so that no one is sure whether there is a better way to distribute the empty cars. Here we are going to show some results that represent the status quo of rail freight transport and implicate where the inefficient is occurring using the latest data..

**Keywords** : empty freight car, empty freight car distribution

**초 록** 철도화물수송의 수송 효율성 증대를 위해서는 화물 예약, 수요 예측, 화물열차설정, 화차 배분 등의 화물 수송 단계별로 어떤 부분에서 비효율성이 발생하고 있는지를 먼저 살펴보아야 한다. 최근 컨테이너뿐만 아니라 일반 화물의 전용 열차 도입이 확대되는 추세를 고려했을 때, 상당수의 열차와 영차의 운행 계획이 확정된다고 볼 수 있다. 반면에 공화차 배분의 경우, 여전히 최적화 시스템의 미사용으로 화물 사령의 경험에 의해 배분이 이루어지고 있다. 본 연구에서는, 최근 철도 화물 운송 실적 데이터를 분석하여, 열차 및 화차의 운송 경로에 대한 세밀한 분석을 통해 운송 효율화를 위한 개선방향을 도출하고자 한다.

**주요어** : 공화차, 공화차 배분

## 1. 서론

철도화물 수송의 효율성 증대를 위해 도입된 철도화물수송최적화 시스템(KTOCS)[1]은 화물예약, 화물수요, 화물열차설정, 화물관계 등 크게 네 가지 모듈로 구성되어 있으며, 철도 화물 수송 효율성과 직접적인 관계를 맺고 있는 부분은 영차/공차의 열차별, 역별 배분과 관련된 화물관계 모듈로서, 이 시스템에서 가장 역점을 두고 개발되었던 모듈 또한 화물관계 모듈이다. 이 모듈은 크게 영차 부분과 공차 부분으로 구분할 수 있는데, 추후 살펴보겠지만 영차는 직결수송이나 짧은 구간의 근거리 수송과 연계된 중계수송을 통해 상대적으로

† 교신저자: 한국교통대학교 철도경영물류학과 박범환(beomi72@hanmail.net)

\* 한국교통대학교 철도경영물류학과

효율적으로 운행되는 반면, 공화차 운행의 경우, 영차의 운영 효율성 보다 다소 떨어지는 것으로 판단된다. 영차의 경우, 발송지와 도착지가 명확하게 구분되어 일반적으로 직결수송을 하는 반면에, 영차가 도착한 후 일정 시간이 지나면 발생하게 되는 공화차는 상당수의 화차가 집결지로 우선 보내지고 다시 재분배되는 움직임을 보인다.

본 연구에서는 공화차를 차종별, 더 나아가 구간별로 분석하고 비정상적인 사례를 통해 구체적으로 공화차의 비효율적인 배분에 대해 알아보며, 공화차의 운용에 큰 부분을 차지하는 근거리열차에 대해 실증적으로 분석해봄으로써 공화차 비효율적인 운행 현황에 대해 알아보고 그 개선 방향을 도출하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 기존 연구

화차의 운용 효율성을 나타내는 가장 널리 사용되는 지표로는 회귀일을 들 수 있다. 회귀일이란 화물운송을 위해 발행되는 화물운송통지서가 발행된 시점부터 다음 화물운송통지서가 발행된 시점까지의 시간적 범위를 의미하는데, 간단히 화차가 영차(혹은 공차)에서 영차(혹은 공차)가 되는데 까지 걸리는 시간을 의미한다. 회귀일은 다양한 산식으로 계산될 수 있는데, 대표적인 방법론이 화물수송지침에 제시되어 있는 회귀일 산정식, 즉 운용차와 사용차간의 비율로 계산하는 것이다. Table 1은 바로 이러한 방식에 의해 계산된 최근까지의 화차 회귀일을 보여주고 있다.

Table 1 회귀일 현황([2]에서 재인용)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
컨테이너차	1.97	1.70	1.73	1.78	1.85	1.90
시멘트조차	4.35	4.36	4.13	3.92	3.83	3.31
무개차	5.11	5.06	4.50	4.14	3.96	4.34
유개차	7.37	7.21	6.70	6.43	7.74	7.25
평판차	11.3	9.80	9.36	11.87	9.23	11.49
자갈차	15.0	19.36	17.17	19.94	21.27	17.01
유조차	8.68	10.55	12.18	13.14	9.95	7.69

표에서 보듯이 가장 큰 회귀일을 갖는 화차는 평판차이고 반대로 컨테이너차의 경우 1.90일로 가장 짧은 회귀일을 갖는다. 그러나 회귀일은 수요의 공간적 시간적 비대칭성이나 10단계 운송 프로세스 중 하화 대기 시간의 증가와 같은 요인에 의한 회귀일의 증가의 경우 이를 운송사의 운송 비효율과 직접 연결 시키는 것은 무리가 있다.

특히 위와 같이 화물수송지침에 의한 회귀일이 아니라, 화물 운송을 [적재-발송대기-영차운송-도착대기-하화대기-하화-회송대기-공차회송-차입대기-적재대기]와 같이 10단계 프로세스로 세분화한 후 각 단계별 소요시간의 합으로 회귀일을 계산해보면 Table1과는 매우 다른 회귀일을 얻을 수 있다[3]. 즉, 회귀일이라는 지표를 화물운송의 효율성을 나타내는 지표로 활용하기 위해서는 그것의 계산 방법에 대한 통일성이 전제되어야 할 뿐만 아니라, 수요와

의 관계를 동시에 고려할 수 있는 있어야 한다. 실제로 김경태 등(2010) 와 김경태 등(2012) 는 공화차와 영차의 운행 비율[4]이나, 량당 수송횟수, 량당 수송 거리, 량당 수송 수입[5] 과 같은 운송 효율 지표 등을 제시하고 지표들간의 장단점을 분석한 바 있다.

## 2.2 화물 열차 및 화차 운행 현황 분석

본 절에서는 현재 운행 되고 있는 화물열차의 운행 현황 및 영차 수송 현황에 대해 알아보하고자 한다. 먼저 최근 화물 열차 운행에 있어 가장 큰 변화라 할 수 있는 부분은 일반 화물에 대한 전용열차의 증가이다. 전용열차란 화주와 계약에 의해 고정된 물량을 고정된 시간에 수송하는 열차를 의미한다. 이는 특정 열차들에 대한 수송물량이 거의 확정적이라는 의미에서 블록 트레인(Block Train)과 유사하다고 할 수 있다. Table 2는 품목별 전용열차 수를 나타내고 있다.

Table 2 품목별 전용열차

품목	컨테이너	철강	석탄/광재	시멘트	기타	합
전용열차수(열차번호수)	74	10	13	52	17	166

Table 3는 2016년 1월부터 5월까지 열차운행실적 데이터 및 이 당시의 전용 열차 목록을 기준으로 전체 운행 열차 대비 컨테이너 전용열차, 일반화물 전용 열차의 수송 비율을 보여주고 있다. 1월부터 5월까지 총 58,396회 운행된 전체 열차 중에서, 일반화물전용열차는 10,458회, 컨테이너전용열차는 6,674회로 전체 운행된 열차 수 대비 약 29.3%에 해당한다. 그런데 이를 화차km 기준으로 비교할 경우, 전체 화차 km 대비 전용열차의 수송 비율은 88.4%까지 상승한다.

Table 3 전용열차 비율

월	전체운행 열차횟수	전용열차운행횟수		비율	전체 영차 화차 km	전용열차화차 km		비율
		일반화물	컨테이너			일반화물	컨테이너	
1월	11,079	1,830	1,301	28%	19,454,009	7,498,426	9,697,106	88%
2월	9,870	1,709	1,183	29%	18,149,025	7,145,210	8,881,011	88%
3월	12,697	2,328	1,412	29%	22,875,380	9,377,233	10,657,335	88%
4월	12,216	2,240	1,383	30%	22,038,749	9,074,542	10,375,803	88%
5월	12,534	2,351	1,395	30%	21,566,099	9,386,111	9,966,780	90%
합	58,396	10,458	6,674	29%	104,083,261	42,481,521	49,578,034	88%
		17,132				92,059,555		

그런데 Table 4에서 보듯이, 한국 철도의 경우 상당수의 수송물량이 근거리 열차를 통해 수송되고 있다. 근거리 열차란 정규열차와 달리 필요에 의해 짧은 구간을 임시로 운행하는

열차들로 Table 4에서 보듯이 전체 운행되는 열차의 약 50%정도를 차지한다. Table 3은 근거리 열차까지 포함한 전체 운행 열차 중 전용열차의 비율이지만, 근거리 열차를 제외한 열차들 중 전용열차운행 비율은 58.26%(17,132/(58,396-28,990) \*100)까지 증가한다.

**Table 4** 근거리열차 분석

월	전체운행열차수	근거리열차수(%)	전체 영차 화차 km	근거리 영차 화차 km (%)
1 월	11,079	5,740(51.8%)	19,454,009	312,614(1.6%)
2 월	9,870	4,963(50.3%)	18,149,025	288,081(1.6%)
3 월	12,697	6,195(48.8%)	22,875,380	383,148(1.7%)
4 월	12,216	5,968(48.9%)	22,038,749	332,082(1.5%)
5 월	12,534	6,124(48.9%)	21,566,099	401,554(1.9%)
합	58,396	28,990(49.6%)	104,083,261	1,717,478(1.7%)

근거리 열차가 열차 운행에 어떠한 역할을 하는지를 좀더 세밀히 분석해 보기 위해, Table 5에서는 직결수송과 중계수송 화차의 비율을 정기열차와 근거리열차로 구분하여 정리해보았다. 여기서 중계수송이란, 발송역과 도착역에서 한 번의 연결-해방 작업이 아니라 2번 이상의 연결-해방 작업이 필요한 수송을 의미한다. 여기서 연결 작업이란, 발송역에서 열차를 조성한 경우와 중계수송을 위하여 중간지점에서 다시 조성한 경우를 모두 포함한다. 해방 작업 또한 마찬가지로 도착역에서의 해방 작업과 중간지점에서 중계수송을 위한 해방 작업을 포함한다.

**Table 5** 직결수송과 중계수송 비율 분석 (2016년 4월 기준)

화차km	직결수송(화차 km)		중계수송(화차 km)	
	full	empty	full	empty
정기열차	8,616,110	5,338,346	12,968,221	4,447,759
근거리열차	11,329	130,800	363,068	396,832
화차수	직결수송 (연결해방차수)		중계수송(연결해방차수)	
	full	empty	full	empty
정기열차	34,280	24,741	58,552	30,117
근거리열차	377	4,014	18,531	19,503

Table 5에서 보듯이 직결 수송의 경우 근거리 열차를 통한 영차 수송량은 화차km 관점에서 정기열차 대비 0.1%(11,329/8,616,110) 수준으로 거의 미약하지만, 공차의 경우 약 25배인 2.5%(130,800/5,338,346) 수준인 것으로 나타났다. 이것은 영차의 경우 근거리 열차는 대부분 중계수송을 위한 것이고, 공화차의 경우에는 발송역에서 도착역까지 직접 공화차를 수송하기 위한 근거리 열차들이 설정되었음을 의미한다.

중계수송과 관련해서, 영차의 경우 근거리 열차에서 발생한 중계수송 연결해방차수는

18,531회로 정기열차 대비 약 31.7%(18,531/58,552) 인데 반해, 이를 화차 km 기준으로 보면 2.8%(363,068/12,968,221) 수준인 것으로 나타났다. 이는 중계수송을 하더라도 근거리 열차를 통한 구간의 경우 매우 짧은 구간만을 운행하고 대부분의 운행 구간은 정기열차를 통해 수송되었음을 의미한다. 또한 공화차의 경우 중계수송 비율이 영차에 비해 상당히 높는데 이는 공화차 운송에 있어 근거리 열차의 역할이 영차 운송에서 보다 훨씬 중요함을 시사한다고 볼 수 있다.

결론적으로, 영차는 대부분의 물량이, 발송역과 도착역 간의 직결운행을 통해 운송되거나, 의왕-오봉, 북철송장-부산신항 같은 매우 짧은 구간의 근거리 수송과 연계된 중계수송을 통해 운송되고 있고, 공차의 경우 직결수송이든 중계수송이든 상당량의 화차가 근거리 열차를 통해 운송되고 있음을 유추할 수 있다.

### 2.3 공화차 연결-해방 내역분석

앞에서 서술했듯이 공화차의 경우 직결수송이든 중계수송이든 근거리 열차의 활용이 영차에 비해 매우 높다는 점을 지적하였다. 특히 중계 수송에서의 정기 열차 대비 근거리 열차 비중이 화차km 기준으로는 8.9% (396,832/4,447,759), 연결해방화차수 기준으로는 64.8% (19,503/30,117)로 상당히 높음을 알 수 있다. 본 절에서는 공화차의 중계수송의 특징을 좀 더 살펴보기 위해 공화차의 연결-해방 내역을 분석하였다.

먼저 공화차종별 연결-해방 횟수를 비교하면 Table 6와 같다. 표에서 보듯이 시멘트차의 연결해방 횟수가 압도적으로 많으며, 그 다음으로 호퍼차, 무개일반, 컨테이너 순으로 공차의 연결-해방 화차수가 많다.

**Table 6** 품목별 연결해방 화차수 (2016년 1월~5월)

화차종별	연결해방 화차수
시멘트차	43,672
호퍼차	15,986
무개일반	6,224
컨테이너	5,130
유쌍차	2,954
유개코일	2,463
컨겸	1,971
유조차	1,894
무장형	896

화차종별로 연결-해방 화차수가 가장 빈번히 발생하는 주요 구간을 살펴보면 Table 7과 같다. Table 7에 나타난 주요 구간은 빈번한 연결-해방 작업이 발생하는 구간으로 철도 화물 수송의 주요 비용이 이 구간에서 발생한다고도 볼 수 있다.

**Table 7** 품목별 연결해방 (화차종별 화차수가 많은 거 4개씩 표 다시 정리)

화차종	연결-해방 구간	공차 연결해방 화차수	
		연결해방화차수	중계수송화차수
시멘트차	제천조차장-입석리	19872	19858
	제천조차장-도담	18439	18407
	오봉-도담	8710	29
	수색-도담	7270	1
무개일반	도담-제천	4337	4295
	도담-괴동	2444	20
	제천-석항	1928	1928
	도담-고명	1927	2
컨테이너	부산신항-오봉	4067	4066
	천안-삼교	1659	1659
	부산-신항천안	1493	1493
	부산-진오봉	1261	53
유조차	경주-장생포	3470	3470
	만종-경주	3121	3119
	태화강-장생포	1289	1280
	회덕-장생포	1112	1
호퍼차	간치-태금	6904	0
	동백정-간치	5845	5845
	동해-삼화	4750	4740
	쌍룡-예미	2887	2

Table 8은 2016년 1월부터 5월까지 공화차의 전체 운행 거리를 정리한 것이다.

**Table 8** 화차종별 월별 공화차km (단위. 소수점 없앨 것 화차km, 상위 7개만)

품명	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월
시멘트차	3,790,401	3,465,396	5,249,132	5,149,204	5,278,494
컨테이너	1,108,079	926,456	1,111,286	1,067,393	1,146,783
무개일반	548,534	494,907	670,667	701,531	743,152

유개코일	579,349	516,979	654,376	624,435	601,290
호퍼차	606,954	462,973	641,927	620,111	604,304
유쌍차	579,051	558,894	646,854	541,203	542,279
유조차	673,860	669,067	584,040	447,267	372,618
특수차	505,400	411,368	478,068	391,169	441,834
컨겔	342,069	341,584	370,617	331,921	372,101

철도화물의 특성상 수요가 월별로 다르기 때문에 공화차의 수요 또한 월별, 계절별 차이를 가진다. 여기서 공화차의 화차km의 수치가 높다는 것은 두 가지 경우가 있다. 첫 번째는 공화차의 수요가 많은 경우이다. 시멘트차의 경우 양회가 철도화물 수송에서 많은 수요가 발생하기 때문에 그만큼 공화차의 수요 또한 많아서 화차km가 월별로 화차 중에서 가장 높다. 두 번째의 경우, 화차km에서 이동거리가 길어서 화차km가 높은 수치로 나타나는 경우이다. 컨테이너차의 경우 블럭트레인을 통해서 다른 차종에 비해 장거리 운송이 많은 비중을 차지한다. 컨테이너차의 경우 부산신항, 북철송장 등 수출입을 위한 장거리 운송이 많기 때문이다. 반면에 무개일반 차량의 경우 바로 갈 수 있는 루트를 먼 거리로 우회하는 경우가 많다. 이렇게 우회하면 이동거리가 증가하여 화차km 또한 증가한다.

무개일반차의 5월 공화차 운행을 분석하면 5월에 운행하는 근거리 열차를 제외한 무개일반 전체 공화차수 4,736 중에 가장 짧은 경로로 운송되지 않고 발송역에서 도착역까지 우회하는 움직임을 보이는 공화차수는 총 646개로 조사되었다. 이는 13.64%가 비정상적인 움직임을 보이며 공화차 수송에서의 비효율성을 초래하는 중대한 요소로 판단된다. 예를 들어, 3372번 열차는 태백선을 통해서 철암에서 제천조차장으로 가는 상행 열차인데 2016년 1월 21일 민동산역과 제천조차장역에서 연결-해방 내역을 살펴보면 아래 표와 같다.

Table 9 우회 수송 경로 분석

일자	열번	연결역	해방역	발송역	도착역	영공	품명	차수	주행거리(km)
20160121	3372	민동산	제천조차장	영주	제천조차장	공	무개일반	1	75.1
				달천	제천조차장			2	150.2
				동두천	제천조차장			1	75.1
				북전주	제천조차장			2	150.2
				태금	제천조차장			1	75.1
				입석리	제천조차장			2	150.2
				괴동	제천조차장			2	150.2
				삼곡	범일			1	75.1

표와 그림에서 보듯이, 영주에서 발송하고 제천조차장에서 도착하는 공화차의 경우, 영주에서 제천조차장으로 중앙선을 통해 바로 갈 수 있는데도 민동산을 거쳐 태백선을 통해 제

천조차장으로 수송된다. 달천에서 발송하고 제천조차장에서 도착하는 공화차도 달천에서 바로 갈 수 있음에도 불구하고 민동산으로 가서 연결 작업을 하고 제천조차장으로 갔던 길을 다시 오는 비정상적인 움직임을 보인다.

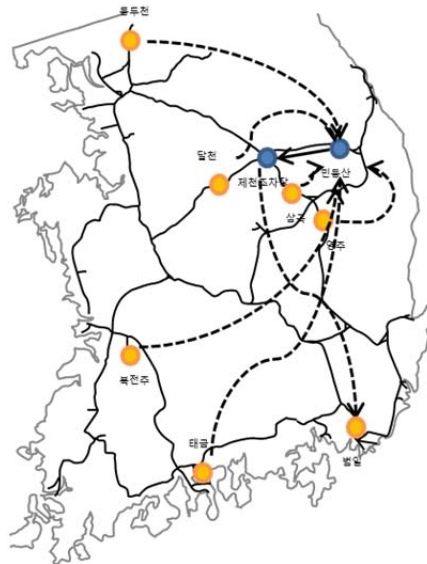


Fig. 1 우회 수송 경로

Table 10 우회 수송 경로

발송-도착	비정상적인 움직임			최단거리		
	루트	열번	거리(km)	루트	열번	거리(km)
영주-제천조	영주-민동산-제천조	3969-3727	198.3	영주-제천조	3727	64.7
달천-제천조	달천-민동산-제천조	1321-3371-3372	185.1	달천-제천조	3121	40.9
동두천-제천조	동두천-민동산-제천조	3241-3371-3372	339.6	동두천-제천조	3241	195.4
북전주-제천조	북전주-민동산-제천조	3310-3371-3372	403.5	북전주-제천조	3310	259.3
태금-제천조	태금-민동산-제천조	3314-3310-3371-3372	568.9	태금-순천-제천조	3314-3310	424.7
삼곡-범일	삼곡-민동산-제천조-범일	3272-3371-3372-3343-3087	471.2	삼곡-문수-범일	3343-3087	315.4

예를 들어, 영주-제천조차장에서 민동산을 거쳐서 간다면 198.3km를 이동한다. 하지만 이 공화차를 3727번 열차에 연결한다면 영주에서 제천조차장으로 바로 도달할 수 있고, 이때 이동거리는 64.7km로 133.6km라는 이동거리가 낭비되는 것을 줄일 수 있다. Table 10은 Table 9의 발송-도착 쌍에 대해 최단 거리 및 이 경로를 이용하기 위한 열차 번호, 경로의 총 거리를 정리한 것이다.



### 3. 결 론

본 논문에서는 최근 철도 화물 수송 실적 데이터를 분석을 통해, 전용 열차의 수송 현황, 영차/공화차의 수송 경로 및 수송 특성, 근거리 열차의 역할 등에 대해 살펴보았다.

영차의 경우 컨테이너뿐만 아니라 일반 화물의 경우도 전용 열차를 통한 수송 비율이 현저히 높으며, 이러한 영차 수송은 착역과 도착역 간의 직결 운행 혹은 짧은 구간의 근거리 열차와 연계된 중계 수송을 통한 운송 경로를 통해 이루어진다. 반면 공화차의 경우 영차에 비해 근거리 열차의 운송 비율이 현저하게 높아 근거리 열차의 역할이 매우 중요함을 알 수 있었으며, 시멘트화차와 같은 일부 공화차의 경우 제천조차장을 중심으로 매우 빈번한 집결 운행이 이루어짐을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 무개화차의 경우 상당량의 공화차가 최단거리가 아닌 우회경로를 통해 수송되고 있음을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] KORAIL (2009), 화물수송 최적화 시스템 구축 사업 중간 보고서
- [2] 이용복(2016), 사물인터넷 도입이 철도화차의 운용효율성에 미치는 영향에 관한 연구, *우송대학교 박사학위논문*
- [3] 하오근, 김기춘, 공현덕, 최성필 (2013), 화차소요량 판단의 객관성 확보를 위한 적정 회귀 일 산정, 한국철도학회 춘계 학술발표대회논문집, pp. 108-115
- [4] 김경태, 권용장, 김영주 (2010), 철도화차의 공차운행 분석, 한국철도학회 춘계 학술발표대회논문집, pp. 1542-1548
- [5] 김경태, 이석, 권용장, 김영주(2012), 철도화차의 효율성 지표 분석에 관한 연구, 한국철도학회논문집 15(3), pp. 272-277