

사용내구연한이 만료된 철도차량의 주요 재질별 재활용률 산정에 관한 연구

A Study on the Recycling Ratio in Major Materials of Expired Railway Vehicles

최용신* 황동훈* 이건모† 이철규**
Yong-Sin Choi Dong-Hoon Hwang Kun-Mo Lee Cheol-Kyu Lee

ABSTRACT

The regulation involved with railway vehicles is defined by law to protect customer and fundamental safety. The persisting period of domestic railway vehicles in general are 25~30years. Expired railway vehicles are disused in various way. The railway vehicles are consists of recyclable various materials, but there is no standardization or calculating method related with railway vehicles to make disuse scenario. In this study, performed to get a recycling ratio about major materials of domestic subway railway vehicles using ISO 22628 which is Road vehicles-Recyclability and recoverability method. This research provide foundation for further researches, standardization of EoL stage and recycling railway vehicle.

1. 서론

국내에서의 철도 차량은 해외와 달리 그 사용내구연한을 초과하여 사용할 수 없도록 철도 안전법 제 37조(철도차량의 사용내구연한)에 명시 되어있다. 법에서 이러한 내구연한을 초과하여 사용하기 위해서는 국토해양부 장관이 규정하는 정밀진단을 받아 안전운행에 적합하다고 인정되어야만 한다. 그러나 이러한 예외 규정의 존재에도 불구하고, 그 기준이 엄격하여 차량의 계속적인 사용이 어렵기 때문에 차량을 일괄 폐차해야 하는 등의 문제가 있다. 철도안전법에 의해 지정된 철도차량 종류별 내구연한은 다음 표와 같다.

† 책임저자 : 비회원, 아주대학교, 환경건설교통공학부, 교수
E-mail : kunlee@ajou.ac.kr

TEL : (031)219-2405 FAX : (031)215-5145

* 비회원, 아주대학교, 제품환경기술연구소, 연구원

** 정회원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구소, 선임연구원

표 1. 철도차량 사용 내구연한

종류	사용 내구 연한
고속철도 차량	30년
일반철도 차량	30년
디젤 기관차	25년(재생시 연장가능)
전기 기관차	40년
디젤 동차	20년
전기 동차	25년(경우에 따라 5~15년 추가연장 가능)
객차	25년
화차	30년
특수차	단, 화학물 수송용 조차는 25년 철도 차량 제작당시 정한 기준

현재 국내에서 운행 중에 있는 철도차량(무궁화, 새마을호 등)은 그 사용내구연한이 만료 단계에 이르렀다. 내구연한이 도래한 차량은 대개 파쇄 되어 고철로 처분되거나, 원래의 형태대로 민가에 방치되기도 한다. 이러한 국내 사정상 한꺼번에 발생하게 될 다량의 만료된 철도차량의 폐기단계를 위한 데이터베이스 구축이 미비한 상황이다. 따라서 이 연구에서는 환경성 평가 방법을 통해 환경성을 평가하기 보다는 철도차량을 구성하는 재질을 통해 재활용 산정 방법론을 제시하였다.

2. 본론

현재 국내 철도차량에 대한 폐기단계 시나리오 작성을 위한 표준이나 계산 방법이 제정되어 있지 않다. 그렇기 때문에 유럽철도연합(UIC)을 비롯한 국외 철도산업에서 적용하고 있는 도로차량 재활용 가능성 및 회수 가능성 산정법을 위한 표준(ISO 22628¹⁾)을 철도차량에 적용하여 재활용 가능성을 나타내었다.

2.1 철도차량 재활용률 산정 방법론

이 연구에서는 국제적으로 사용되고 있는 국제 표준을 사용하여 국내 철도차량의 재활용률을 도출하기 위한 식을 제시하였으며, 구체(Car body), 내외장재(Interior, windows and doors), 대차(Bogies and running gears), 전장품(Electric equipment)으로 구성된 철도차량 1량을 기준으로 철도차량에 대한 재활용 가능성과 재활용률을 산정하였다. 이 연구에 활용된 철도차량의 재질 데이터는 1량 전체중량의 약 50%정도 되는 질량 데이터이다. 파악되지 않은 재질의 정보는 가정하였고, 확보된 데이터를 가지고 재활용률 산정 사례분석을 하였다.

2.1.1 도로차량 재활용 가능성 및 회수 가능성 산정식

아래 식(1)은 도로차량 재활용 가능성 및 회수 가능성 산정을 위한 것이다. 이 산정방법은 각각의 부품에 대해서 계산하지 않고 자동차의 질량비로 산정하여 백분율로 표기하였다.

1) ISO, Road vehicles-Recyclability and recoverability-Calculation method, 2002

Recycling rate(%)

$$= R_{cyc}(\%) = \frac{M_p(kg) + M_d(kg) + M_m(kg) + M_t(kg)}{M_v(kg)} \times 100\% \quad \text{----- 식(1)}$$

, Mp : 전처리 단계에서 산정되는 재료의 질량(kg)

Md : 해체 단계에서 산정되는 재료의 질량(kg)

Mm : 금속 선별 단계에서 산정되는 재료의 질량(kg)

Mv : 차량 질량(kg)

Mt : 비금속 잔류물 처리 단계에서 재활용이 가능한 재료의 질량(kg)

2.1.2 재활용 가능한 재질 분류

철도차량 구조별 재질에 대한 재활용 가능성을 아래 표 3에 나타내었다.

표 2. 철도차량 주요 재질별 재활용 가능성

1. 구체		
재질	재활용가능	세부사항
탄소강	○	80~100%
스테인레스강	○	80~100%
Glass Wool	X	-
Carbon fibre	○	80~100%
2. 내외장재		
재질	재활용가능	세부사항
페놀	○	50~70%
폴리카보네이트	○	50~70%
폴리우레탄	○	50~70%
Aluminum billet	○	80~100%
Glass Wool	X	-
3. 대차		
재질	재활용가능	세부사항
열연코일	○	80~100%
주석도금강판	○	80~100%
4. 전장품		
재질	재활용가능	세부사항
구리	○	80~100%
산세코일	○	80~100%
에폭시레진	X	-
알루미늄판	○	80~100%
후판(Steel plate)	○	80~100%
유리섬유	X	-
탄소강	○	80~100%
냉연코일	○	80~100%

철도차량의 주요 재질에 대한 재활용 가능성 및 재활용률에 대한 국내에 제시된 연구자료가 없기 때문에 EPD(Environmental Product Declaration)을 위한 PCR(Product Category Rules)에 제시되어 있는 일반적인 철도차량 부품의 재활용 가능률의 부록 B를 참고하였다.

2.2.3 재활용률 산정 사례분석

철도차량 재활용률 산정 절차는 위에서 제시한 도로 차량 재활용 가능률 및 회수 가능률을 따른다. 단, 철도차량 해체의 어려움, 확보되지 않은 데이터의 부재 등은 가정하였다.

2.2.3.1 물질분류

차량의 물질 분류는 7가지의 범주로 나누어 구성한다. 금속, 고분자 계열(고무 제외), 고무, 유리, 액상류, 변형 유기 재료(예를 들면 가죽, 나무, 판지, 식물류 등), 기타(부품, 재료 또는 세부 재료의 분류는 가정하지 않음)

2.2.3.2 각 인자별 철도차량 재활용률 산정을 위한 정의

데이터 확보에 어려움이 있었기 때문에 많은 가정을 제시하였다. Mp에 대한 제조공정 데이터 확보를 하지 못하였기 때문에 계산과정에서 배제하였고 Md값 도출의 경우 철도차량이 수만 가지의 부품으로 구성되어 있고 아직까지 국내에 해체율을 산정하기 위한 표준이 제시되어 있지 않기 때문에 해체율을 적용시키기 어려웠다. 이 연구에서는 해체율을 100%라고 가정한 후 아래 표 3의 무게중량을 해체된 후의 재질별 무게로 가정하였다. Mm값 도출의 경우 해체율을 100%라고 가정하였기 때문에 해체되지 않은 재활용 가능한 금속은 없다고 가정하였다. 따라서 Md와 Mn은 동일인자로 가정하였다. Mt값은 철도차량의 비금속 잔류물 중 재활용 및 회수 가능한 차량의 합을 적용 시켰다.

표 3. 철도차량 주요 재질별 무게

재질		무게(kg)
금속	탄소강	4555
	스테인레스강	3028
	Aluminum billet	207.183
	열연코일	7568.8
	주석도금강판	1892.2
	구리	730
	산세코일	600
	알루미늄판	6
	후판(Steel plate)	60
	냉연코일	2030
고분자계열	Glass Wool	544.9
	Carbon fibre	1472
	페놀	85.1
	폴리카보네이트	4.391
	폴리우레탄	0.899
기타	에폭시레진	500
총무게		23,784.673

2.2.3.3 재활용 가능률 산정

재활용률 산정절차를 따라서 식(1)을 적용하여 철도차량 1량의 재활용률을 아래 표 4와 같이 산정하였다.

표 4. 재활용률 산정을 위한 계산인자별 재질 및 질량

계산인자	재질	질량(kg)
Mp	-	0
Md, Mm	탄소강, 스테인레스강, Aluminum billet, 열연코일, 주석도금강판, 구리, 산세코일, 알루미늄판, 후판, 냉연코일	206,77.183
Mt	Glass Wool, Carbon fibre, 페놀, 폴리카보네이트, 폴리우레탄, 에폭시레진	1,562.59
Mv	전체질량	23,784.673

$$R_{cyc} = \frac{0kg + 20,677.183kg + 1562.59kg}{23,784.673kg} \times 100\%$$

Recycling Rate = 93.5%

철도차량 1량의 약 50%의 무게를 100%로 가정하였을 경우 위의 계산결과에서 나타난 것과 같이 약 94%의 재활용률이 가능하다는 결과가 도출되었다.

3. 결론

이 연구는 철도차량의 폐기단계에 대한 재활용률 산정에 관한 것이다. 철도차량을 구성하는 재질 및 부품들은 금속이 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 재활용률이 높다. 이번 연구에서 나타난 철도차량 1량의 재활용률은 94%였다. 결과에서 나타나는 철도차량의 재활용률은 전기, 전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률에 나와 있는 폐자동차 재활용률 2015년 목표치인 95%를 상회 하였다. 하지만 부족한 데이터와 많은 가정들로 인해서 결과값의 신뢰도는 떨어진다. 향후 해체율과 재활용 된 재질의 단가가 고려되고 부족한 데이터들이 확보하기 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 김동훈, “철도차량의 친환경설계를 위한 환경성 지표 및 평가 방법론 개발, 아주대학교 대학원 환경공학과, pp.65~66, 2010
2. 한국표준협회, 도로 차량-재활용 가능성 및 회수 가능성-산정법(KS), 2003
3. 철도안전법 제37조(철도 차량의 사용내구연한), 제6차 일부개정 법률 제 9610호, 2009.4.1
4. UIC, UIC CODE 345, "Environmental specifications for new rolling stock", 2005
5. Product Category Rules(PCR) for preparing an EPD for rail vehicles, 2009