

화물자동차의 최적폐차시기 산정에 관한 연구

A study on the calculation for optimum period to replace old truck

전 만술 · 김연희 (명지전문대학 산업시스템경영과)
Chun , Man Sul · Kim , Yeon Hee

Abstract

This study is focused on the calculation for optimum period for environmental logistics system to replace old truck.

Companies throughout the world have recognized the importance of environmentalism and the role of logistics in structuring a corporate response to environmental issues like recycling, waste disposal, pollution, and many others. Reverse logistics, the term often used to represent the role of logistics in environmentalism, is gaining acceptance by firms.

1 . 서 론

물류활동의 주요기능을 담당하는 화물운송산업은 대부분 화물자동차운송에 의하기 때문에 물동량규모가 증대될수록 화물자동차대수의 증가는 필연적이라고 할 수 있다. 따라서 화물자동차는 물류활동을 수행하기 위해서 경제적 효율만을 고려할 것이 아니라 환경친화적운행을 하지 않으면 안된다. 화물자동차의 증가에 인한 소음 발생 등은 환경오염유발의 주요한 원천으로 대두되고 있다. 물류활동은 운송수단에 의한 소음 및 교통체증, 배출가스에 포함된 유해물질, 과잉포장 또는 유해포장에 따른 폐기물등 환경오염을 유발시키는 다양한 원인을 제공하는 부정적인 영향을 끼치며 그 심각성을 날로 커지고 있다.

본 연구는 물류활동의 주요기능을 담당하고 있는 화물자동차의 노후차관리를 통하여 환경친화적운행을 강구하므로써 화물차량운행에서 발생하는 환경오염을 줄일 수 있도록

록 최적폐차시기를 산정하는데 그 목적이 있다.

2. 노후차량운행과 대기오염 발생비용

노후차량은 운전자가 엔진출력을 높이려고 연료소비량을 상향 조정시 매연의 과다 배출로 대기오염의 피해가 급격히 증대하게 된다.

특히, 노후차량의 엔진출력 향상은 엔진의 불안정으로 엔진수명을 단축시켜 차량노후화를 더욱 촉진하여 대기오염의 발생을 가중적으로 증대시키게 된다.

노후차량은 출력을 높이기 위해 연료소비량을 10% 증기시킬때 엔진출력은 5% 증대되지만 매연농도는 25%증가하여 정상상태(18%) 보다 39%증가 한다. 연료소비량 20% 증가시 엔진출력은 13% 증대되지만 매연농도는 52%증가하여 정상상태 보다 무려 189%가 증가하게 된다.

입상자 물질도 연료소비량의 10%와 20%증대시 정상상태에 비해 각각 30%, 337%가 증대하게 된다¹⁾.

<표 2-1> 디젤엔진자동차의 연료소비량 증대에 따른 매연배출 증가율

단위:%

연료소비량 증대율	엔진출력 증대율	매연농도 증대율	정상상태 대비 증대율	입상자 물질 증대율
10	5	25	39	30
20	13	52	189	337

자료 : 국립환경연구원, 운행중인 디젤자동차의 오염물질배출 특성에 관한 연구, 1995.

자동차의 대기오염 배출량은 차량의 누적주행거리와 차량연식(차령)에 따라 차이가 많이 나타나게 된다. 차량의 누적주행거리와 차량연식은 차량노후화 정도를 나타내므로 결국 차량노후화 정도는 대기오염물질 배출량을 측정하는 선행지표로 볼 수가 있다. 화물자동차에 대한 주행거리와 차량연식별 대기오염배출량 자료는 우리 나라에서는 아직 조사된 바가 없으며, 승용차에 대해서는 국립환경연구원에서 조사(1996년)한 바가 있다. 승용차에 대한 누적차량거리와 차량연식 자료는 화물차량의 대기오염 배출량 산정에서 증가율 지수추정으로도 가능할 것으로 판단된다. 특히 화물차량의 중·대형차종은 승용차에 비해 오염물질 배출계수가 높기 때문에 화물차량의 누적주행거리별 대기오염 배출량은 클 것으로 추정된다. 누적주행 거리별(승용차) 배출가스 증대는 부

1) 이성원, 자동차배출가스의 저감을 위한 교통부문대책, 교통개발연구원, 1995, pp42~45.

하시험방법에 따라 약간의 차이는 있으나 ASM5015방법에 의하면 주행거리 30,000km 미만시 배출량을 기준지수 100으로 할때 HC는 30,000~50,000km 177.7, 80,000~120,000km 388.8로 증대하며, CO는 각각 500.0 및 3,300.0으로 급증되고 있다. 배출량 증대 측면에서 누적주행거리를 볼때 30,000km 미만은 신차에 가까우며, 30,000~50,000km와 50,000~80,000km는 각각 준신차와 준노후차 개념이며, 80,000km 이상은 노후차 개념으로 간주될 수 있다. 경유차 대기오염 비용에서 배출량 비중으로 화물차량의 대기오염 비용을 추정하여 보면 1조1,215억원으로 경유차 대기오염 비용 1조4,679억원의 76.4%를 점하는 것으로 추정된다.

<표 2-2> 경유차 대기오염 사회적 비용(1997)

단위 : 억원

구 분	배 출 량		경유차 대기오염 비용
	톤/년	비중	
버 스	270,306 ⁽¹⁾	23.6	3,464
화 물 차	874,603	76.4	11,215
계	1,144,909	100.0	14,679

주(1) 휘발유차량 제외

자료 : 홍갑선, 교통관련 사회환경비용의 내재화 방안, 교통개발 연구원, 1999.

화물자동차의 차량증가와 누적주행거리 증가는 차량의 기계 및 배출가스 관련 부품이 마모 및 손상되므로서 노후화를 촉진시켜 대기오염 물질배출이 급증되어 결국 수송부분의 대기오염의 사회적 비용을 증가시키는 주요 원인이 되고 있다²⁾.

3 . 노후차량의 트레이드 오프관리

자동차는 차량연수를 가능한 한 증가시켜 오래동안 사용하므로써 이득과 손실의 양면성을 갖는 트레이드오프(득실효과)의 특성을 갖고 있다.

이득은 차량구입에 투입된 투자금액의 회수를 장기간에 걸쳐 회수함으로써 연간 부담액을 줄여 경제적 이득을 얻을 수 있다. 차량구입액(W)의 사용연수(N)별 연간 부담액 W/N 는 N가 증대할 수록 체감적으로 감소하게 된다.

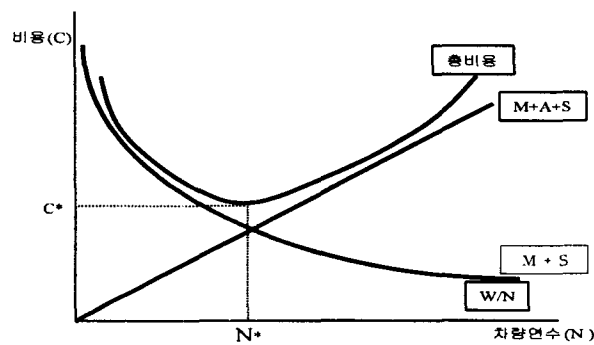
손실은 경제적 비용과 사회적 비용으로 구분할 수 있다. 경제적 비용은 차량의 노후도가 증대하므로써 발생하는 수선정비 비용(M)이며, 사회적 비용은 배출가스 환경비용

2) 홍갑선, 전계서, pp44~46.

(S)이다.

$$\begin{aligned} \text{노후차량의 연간 총비용}(C) &= \text{차량투자부담액} + \text{수선정비 비용} + \\ &\quad \text{배출가스 환경비용} \\ &= W/N + M + S \end{aligned}$$

여기서 W/N : 차량연수 증가에 따라 감소



(그림 3-1) 노후차량의 연간 총비용

노후차량의 연간 총비용을 최소화(C^*)하는 차량연수 N^* 시점을 초과하여 차량을 사용하게 되면 경제적 이득보다 경제적, 사회적 손실이 더 크게 발생하게 된다.

따라서 화물자동차의 차량폐지제도는 재고되어야 하며, 특히 신규등록차량의 차량연수는 최적 대폐차 시점인 N^* 점을 초과하지 않는 범위내에서 결정되도록 노후차량의 최적 트레이드오프(득실효과) 관리가 필요하다.

4 . 화물차량의 최적 폐차시기 산정

공해발생비용과 차량사용기간 이득간의 이해득실(Trade off) 기준화물자동차의 사용기간 경과에 따른 공해발생 비용과 차량사용기간 이득간의 트레이드오프를 결정하는 총연간 부담액 산정은 다음과 같은 모형을 이용한다. 다만 이 산정모형에서 수선정비비용은 고려하지 않으며 이에 대한 것은 다음 기회에 검토하기로 한다.

$$\begin{aligned} \text{총연간 부담액} &= [(\text{오염발생비용 현재가치 누계액} \times \text{자본회수계수}) + \\ &\quad (\text{차량투자비의 자본회수액})] - [\text{차량처분가격의 감채기금액}] \\ &= \left[\sum_{i=1}^n C_i \times \frac{1}{(1+i)^i} \right] \times \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + \left[W \times \frac{1}{(1+i)^n} \right] - \left[W_i \times \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \end{aligned}$$

여기서 C_i = 차량연식별 오염발생비용

W = 차량투자비(차량대당 가격)

W_i = 차량연식별 처분가격

$$\frac{1}{(1+i)^n} = \text{현재가치계수 } (P/F)_i^n$$

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} = \text{자본회수계수 } (A/P)_i^n$$

$$\frac{i}{(1+i)^{n-1}} = \text{감채기금계수 } (A/F)_i^n$$

공해발생비용과 차량사용기간이득간의 이해득실을 판단하는 총연간부담액산정(표 4-26) 절차는 다음과 같다.

- ① 화물자동차의 사용연수는 최장 10년을 기준하였다
(10년 이후는 차량잔존 가치는 없는 것으로 한다).
- ② 오염발생 비용은 차량사용 연수별 오염물질 배출량지수 (표 4-3)를 구하고 이 지수를 차량대당 대기오염 사회적비용 541,198원에 곱하여 (표 4-4)과 같이 구하였다.
- ③ 오염발생비용 현재가치는 이자율 10%, 현재계수 $(P/F)_i^n$ 를 적용하였다.
- ④ 오염발생비용 현재가치누계는 $\sum_{i=1}^n C_i (P/F)_i^n$ 가 된다.
- ⑤ 오염발생비용 현재가치의 자본회수액은 이자율 10%, 자본회수계수 $(A/P)_i^n$ 를 적용하였다.
- ⑥ 차량투자비의 자본회수액은 이자율 10%, 평균대당 가격1,293만원 [톤수별 차량대수 가중평균치(표 4-5 참조)] 의 자본회수계수 $(A/P)_i^n$ 를 적용하였다.
- ⑦ 차량처분가격은 중고차량 시장가격을 적용하였다.
- ⑧ 차량처분 가격의 감채기금액은 이자율 10%, 감채기금계수 $(A/F)_i^n$ 를 적용하였다.
- ⑨ 총년간 부담액은 (5)항 오염발생비용 현재가치의 자본회수액과 (6)항 차량투자비의 자본회수액 합계로부터 차량처분가격의 감채기금액(8)을 공제한 것이다.

<표 4-3> 차량사용연수별 오염물질 배출량지수

단위 : 기준지수(100)

사용 연수	적용기준	HC		CO		NOx		평균지수
		(I)	(II)	(I)	(II)	(I)	(II)	
1	3만km 신차	26	26	3	6	57	68	31
2	5만km(준신차)	46	45	15	21	45	61	32
3	8만km(준노후차)	63	68	33	41	118	109	72
4	93년식 이후 ^(*)	100	100	100	100	100	100	100
5	92년식	132	136	220	250	250	136	137
6	90~92년식(91년)	164	171	340	400	172	174	237
7	90년식	221	235	583	629	190	181	340
8	89년식 이전	288	307	760	820	248	236	443
9	88년식	355	378	936	1,010	306	291	546

(*) 주행거리 80,000~120,000km를 '93년식 차량과 동일하게 간주하여 배출량지수를 100으로 함.
 (**) (I)과 (II)는 시험방법의 구분임.

<표 4-4> 화물차량 사용연수별 공해발생 비용추정

단위 : 천원

구 분	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년
오염물질 배출량지수	31	32	72	100	169	237	340	443	546
공해발생 비용추정	168	173	390	541 ⁽¹⁾	914	1,281	1,839	2,397	2,953

- 주) (1) 1997년도 화물자동차 대기오염 사회적 비용
 1조1215억원을 차량대당(총2,072,256대)으로 산정하면 541,198원이 됨.
 (2) 화물자동차 평균 사용연수를 7~8년 정도로 보고 공해발생 비용산정 차량
 연수를 4년을 기준하였음.
 (3) 사용연수별 오염발생 비용은 기준연수(4년)의 541천원과 해당 연도별 배
 출량 지수를 곱하여 구하였음.

<표 4-5> 화물자동차의 톤수별 대수(1999년기준)

단위 : 대, 만원

구 분	기존 톤수	차량대수	차량가격(A)	차량대수(%)(B)	A×B
1톤 이하	1톤	1,318,599	800	72.00	576.0
5톤 미만	2.5톤	227,185	1,100	12.40	136.4
10톤 미만	8톤	63,138	2,800	3.45	96.6
12톤 미만	11톤	16,581	3,800	0.91	34.6
12톤 이상	18톤	206,685	4,000	11.24	449.6
합 계	-	1,832,188	평균가격	100.00	1,293.2

상기와 같은 절차에 따라 총연간 부담액을 <표 4-6>과 같이 산정하면 n=4년에 가장 적은 값 2,676천원을 구할 수 있다. 오염발생 비용과 사용연수 기간의 경제적 이득을 종합하여 볼때 화물차량은 신차 출고후 4차 년도를 초과하면 부담액이 증대됨을 알 수가 있다.

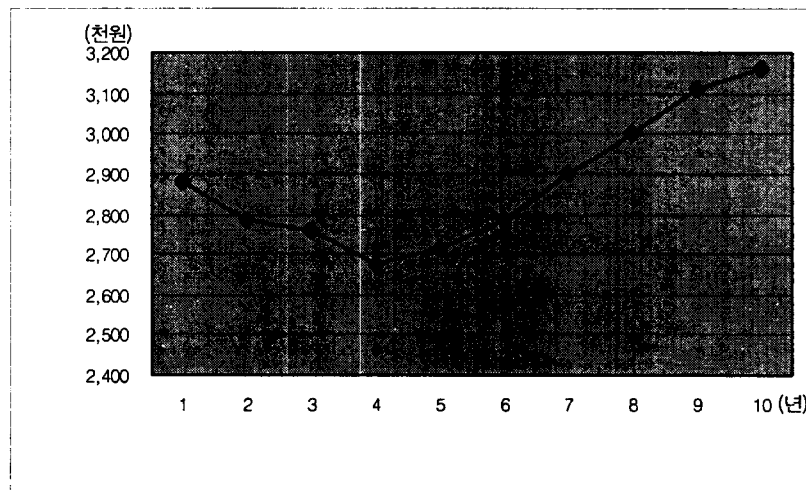
따라서 화물차량의 적정폐차시기는 신차출고후 4년이 적정하다고 보며 신규등록차량은 신차출고후 적어도 2년이 경과되지 않는 것이 바람직하다고 판단된다.

<표 4-6> 오염발생 비용에 의한 차량별 연간부담액 산정

단위 : 천원

연수 (1)	오염발생 비용(2)	오염발생비용의 현재가치(3)		오염발생비용의 현재가치 누계(4)	오염발생비용 현재가치의 자본회수(5)	
		(2)×현재가계수 (P/F) ? 계 수	금 액	Σ(2)× (P/F) ? (3)의 누계액	(4)×자본회수계수 (A/P) ? 계 수	금 액
1	168	0.909	153	153	1.100	168
2	173	0.826	143	296	0.567	168
3	390	0.751	293	589	0.402	237
4	541	0.683	370	958	0.315	302
5	914	0.621	568	1,526	0.264	403
6	1,281	0.564	722	2,248	0.230	517
7	1,839	0.513	943	3,191	0.205	654
8	2,397	0.467	1,119	4,311	0.187	806
9	2,953	0.424	1,252	5,563	0.174	968
10	3,216	0.386	1,241	6,804	0.163	1,109

차량투자비의 자본회수(6)	차량처분 가격(7)	차량처분 가격의 감채기금(8)		총년간부담액 (9)	최저부담액 년수(10)
		(7)×감채기금계수 (A/F) %			
$12,930 \times (A/P) \%$	금 액	계 수	금 액	금 액	n=4
		14,223	11,510		
7,331	9,899	0.48	4,712	2,787	
5,198	8,863	0.30	2,677	2,758	
4,073	7,900	0.22	1,699	2,676	최저부담액
3,414	6,713	0.16	1,101	2,715	
2,974	5,430	0.13	706	2,785	
2,651	3,880	0.11	407	2,898	
2,418	2,590	0.09	225	2,999	
2,250	1,420	0.07	105	3,113	
2,108	870	0.06	55	3,162	



(그림 4-2) 오염발생 비용에 의한 차령별 연간부담액

5. 결 론

일반적으로 화물차량의 환경오염배출 저감을 위해서는 차량제작기술, 차량검사, 차량 운전관습, 차량운행수요억제 및 노후차량 관리 강화 등을 들 수가 있지만 화물차량운행과정에 직접적으로 관련되는 노후차량운행관리를 통하여 환경친화적 운영을 하므로서

환경물류시스템이 구축되도록 하지 않으면 안된다. 화물자동차의 노후차운행관리를 철저하게 하기 위해서는 일정 차령을 초과하는 노후차량이 운행되지 못하도록 차령제한제도의 도입과 신규사업등록시 노후차량진입이 과도하게 되지 않도록 차령제한을 적절히 설정하도록 해야 할 것이다. 노후차량의 운행감소를 위해서는 차량의 트레이드오프관리가 적절히 수행되어야 한다. 노후차량의 연간 총비용을 최소화하는 차령연수를 초과하여 차량을 사용하게 되면 경제적이득보다는 경제적, 사회적손실이 더 크게 발생함을 유의해야 한다.

따라서 화물자동차의 차령폐지제도는 다시 도입되어야 하며 특히 신규등록차령 연수는 최적폐차시점인 4년을 초과하지 않는 범위내에서 결정되도록 노후차량의 최적 트레이드오프관리가 강화되어야 한다.

참 고 문 헌

1. 홍갑선, 교통관련 사회환경비용의 내재화 방안, 교통개발연구원, 1999.
2. 이성원, 박지형, 교통부문의 환경문제와 대응방안, 교통개발연구원, 1998.
3. 신동선, 화물자동차 공차운행 감소를 위한 정책방안, 교통개발연구원, 1999.
4. 이성원, 조규상, 자동차배출가스의 저감을 위한 교통부문 대책, 교통개발연구원, 1995.
5. 김용건, 조준모, 자동차공해저감대책의 비용효과 분석 및 경제적 유인제도 적용방안, 1997.
6. 전미영, 이성용, 지역대기환경기준 설정 방안연구, 경기개발연구원, 1999.
7. 산업표준연구원, 환경친화적 물류시스템 사례집, 한국표준협회, 2000.
8. Donald F.W "Strategic logistics management" IRWIN, 1993.
9. Donald F.W "Contemporary logistics" Prentice Hall, 1996.
10. James F.R "The logistics handbook" The free press, 1994.
11. Ross D.F "Distributon planning and control", chapman & Hall, 1996.
12. Donald J.B "Logistical management" The McGRaw-Hill, Co. 1996.