

페타이어 재활용기술

김진국

1. 서론

차량의 급격한 증가는 인간에게 편안함을 가져다 주는 동시에 페타이어라는 환경적 문제를 동반하였다. 최근 환경에 대한 관심도가 증가함에 따라 페타이어 처리에 대한 대책이 요구되고 있다. 특히 우리나라에서의 페타이어는 군부대의 진지공사용으로 주로 처리되었으나 앞으로 수요가 급속히 줄어들 것으로 예상되어 페타이어 처리문제가 시급하게 되었다. 이에 따라 정부에서도 페타이어를 폐기물 예치금 부과 품목으로 지정하는 등 자구책을 강구하고 있으나 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다. 페타이어 처리방법은 매립, 소각과 재활용으로 구분된다. 매립에 의한 처리방법은 매립지 부족, 환경오염 및 지역주민의 기피 등으로 매립지 확보에 한계가 있을 뿐만 아니라 토양의 균열과 침해의 원인이 된다. 이에 따라 소각처리로 에너지 활용법이 있으나 시설비의 부담과 대기오염의 문제가 뒤따른다. 따라서 재활용이 최상의 방법이라는 것은 논할 여지도 없으나 이에 따른 경제성 문제 및 기술개발의 부진으로 어려움이 있다. 본문에서는 페타이어 재활용 기술에 대하여 정리하여 보았으며 이를 기반으로 환경기술 개발에 박차를 가

하여 페타이어 처리와 동시에 재활용으로 부터 얻어지는 경제가치를 높이는데 참고가 되었으면 한다.

1.1 페타이어 처리현황

최근 자동차 산업의 발달로 인한 타이어 수요의 급증으로 말미암아 페타이어 발생량을 표 1에 나타낸 바와 같이 급격히 증가하여 환경적인 문제로 등장하게 되었다. 현재 국내 페타이어는 재생타이어 제조, 재생고무 제조, 연료 및 군부대의 진지공사용으로 재활용되고 있다.[표 2]¹⁾ 표 2에서 보는 바와 같이 90년 이후 군진지 구축용으로 페타이어가 대량 이용되므로 미처리량이 감소되었으나 이후 군부대 진지공사용이 급격히 감소될 것으로 전망되고 연료 이용은 점진적으로 증가추세에 있으나 이차공해에 대한 시설강화로 소각로 기술발전 없이는 크게 증가하지 않을 것으로 전망되고 있다. 이에 따라 정부에서도 환경적 측면에서 심각성을 느끼어 페타이어를 폐기물 예치금 부과 품목으로 지정하여 그림 1에서 보는 바와 같이 타이어 협회가 수거업자를 지정하여 대리점 및 기타 타이어 이용업자에서 수거하여 재활용자에게 공급 및 처리하게 하고 처리 실적에 따라 타이어 공급협회에서 수거에 대한 예치금을 지불하고 타이어공업 협회는

표 1. 페타이어 발생 추세

구 분	'80	'85	'89	'90	'91	년평균증가율
계	2,522,384	3,647,520	6,705,578	7,465,575	9,170,500	19.5%
증 가 율		44.6	83.8	11.3	22.8	
교 환 용	2,264,273	2,322,695	5,282,710	6,009,270	7,500,500	11.5%
폐 차 용	258,111	1,324,825	1,422,868	1,456,305	1,670,000	18.5%

표 2. 년도별 페타이어 처리현황 (단위: 천개)

년 도	발생량	재생타이어제조	재생고무 및 밧줄제조	수 출	연 료	토목공사(군부대)	미처리
'88	5,520	745	331	55	552	-	3,837
(%)	(100)	(13.5)	(6.0)	(1.0)	(10.0)		(69.5)
'89	6,705	741	350	9	701	-	4,904
(%)	(100)	(11.1)	(5.2)	(0.1)	(10.5)		(73.1)
'90	7,465	620	450	10	1,000	1,276	4,109
(%)	(100)	(8.3)	(6.0)	(0.1)	(13.3)	(17.0)	(55.3)
'91	9,170	723	511	29	1,258	3,894	2,755
(%)	(100)	(7.9)	(5.6)	(0.3)	(13.7)	(42.5)	(30.0)

제조업체 및 수입업체에서 예치금을 받는 방법으로 페타이어 처리를 유도하고 있다. 91년과 92년도의 지정 수거업자의 수거실적을 표 3에 나타냈었는데 평균회수율은 30% 밖에 되지 않았다. 이는 페타이어를 대량으로 이용하는 처리시설이 없고 주민 반발로 인한 집하장 부지 확보가 곤란하다는 점과 페타이어 배출자의 수거비 절약을 위하여 지정 수거업자 이용을 기피한다는 점이 지적되고 있다. 이에 대한 대책은 페타이어 수거비를 현실화하고 재활용 기술개발로 민간업체의 페타이어 재활용 사업에 참여하도록 유도하는 방안이 최선책이라 할 수 있다. 우리나라 실정과 비교하기 위하여 일본의 페타이어 처리현황을

표 3. 지정수거업자의 수거실적 현황

(단위: 천개, %)

구 분	'91년 7.12~12.31	발생량대비 평균회수율	'92년 1.1~5.31	발생량대비 평균회수율
대 형	131	15.3%	250	34.5%
중 소 형	576	17.5%	1,016	34.7%
이륜차용	-	0	-	0
계	707	15.4%	1,266	31.2%

표 4. 일본의 페타이어 처리 현황

구분	년도	'85 (%)	'88 (%)	'90 (%)
재 생 타 이 어		13	11	10
재 생 고 무		30	18	15
열 이 용		34	34	37
수 출		14	16	20
기 타		3	4	5
적 치 율		6	15	13

표 4에 나타냈었는데 우리나라에 비하여 재활용율이 높음을 알 수 있고 미국의 재활용 통계를 표 5에 나타내었는데 적치율이 70% 정도로 1995년 이후 2000년까지 35% 줄이고 재활용 비율 65%를 목표로 하고 있다.

2 페타이어 재활용

페타이어의 재활용은 크게 열이용, 원형이용, 분말가공 이용으로 3가지 분류로 나눌 수 있다.

열이용으로는 페타이어의 발열량이 약 9,000Kcal

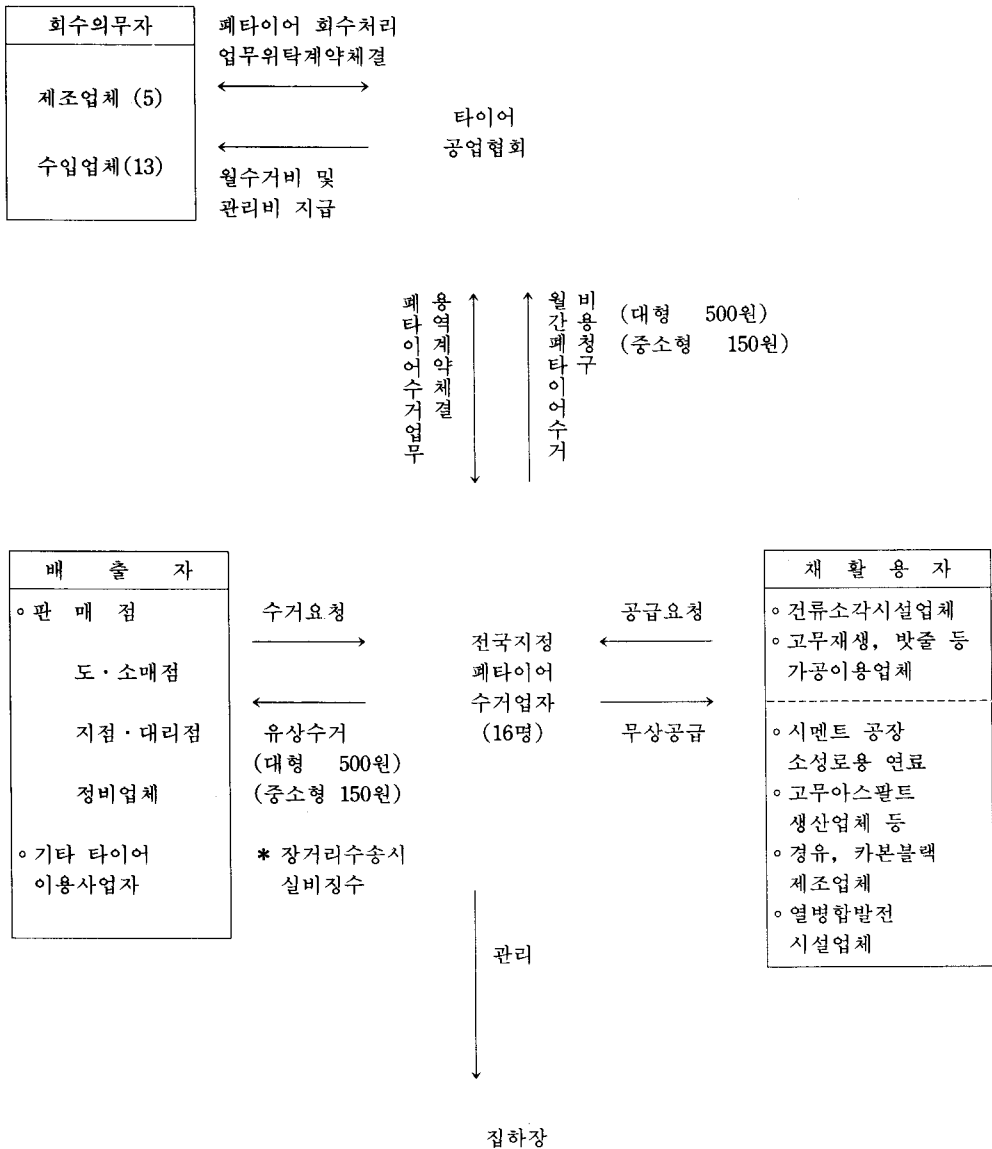


그림 1. 폐타이어 회수업무 체계도.

표 5. 미국의 폐타이어 처리 현황

구분	년도	'85 (%)	'90 (%)	'90~2000 (%)
재생타이어		10	9	13
자원재활용		9	9	12
연료이용		4	11	40
적치율		77	71	35

/kg로 크다는 점을 이용하여 시멘트 소성로나 건류 소각로로서 이용된다. 원형이용으로는 재생타이어 제조, 어초, 사방공사 등에 이용하는 방법이고 분말 가공이용은 타이어를 분쇄하여 분말을 이용해 재생 고무 제품을 제조하거나 고무아스팔트, 보도블럭, 탈취제품 등을 제조하는 방법이다.

2.1 열 이용

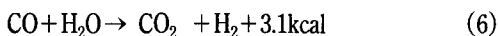
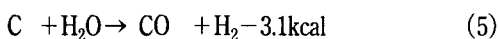
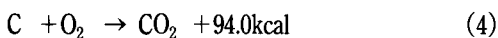
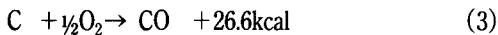
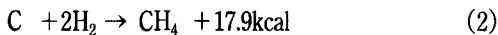
2.1.1 직접 소각열 이용

페타이어의 발열량이 크고 연료로서 우수한 특성을 이용하는 방법이다. 페타이어는 원형으로 투입하는 방식, 절단하는 방법과 잘게 파쇄하여 소각하는 방법이 있다. 그러나 연소시 발생하는 악취, 유해가스 등으로 2차 오염을 일으키므로 이에 대한 공해방지 시설을 별도로 설치해야 하는 부담을 안고 있어 앞으로는 점점 감소되리라 본다.

2.1.2 건류소각로 이용

페타이어를 대형 로속에서 건조시 발생한 가스를 연소시켜 보일러 등을 가동하는 방식으로 열이용하는 방법이다. 이 방식은 소형에서 자체 열이동 방식으로 적합한 반면 대형처리에는 이차공해 방지시설이 필요하고 소각로 시설비가 부담이 된다는 것이 문제점으로 나타나고 있다. 이에 대한 대책으로서 소각로 시설업자에 대한 세제 혜택 및 폐기물 예치금을 우선지원하는 방법과 소각로에 대한 꾸준한 연구활동으로 값싸고 효율적인 소각로 기술개발이 중요하다.

건류소각로를 개발하기 위하여 열분해 반응메카니즘을 알아보면 타이어를 구성하고 있는 원소는 표 6-1과 같이 조사되었고 타이어를 300℃에서 연소하였을 때 발생가스성분은 표 6-2와 같이 나타난다.²⁾ 이와 같은 가스 성분은 다음과 같은 반응을 통하여 얻어진다.



식(1)은 타이어를 연소하면 열분해 개시과정이며

표 6-1. 페타이어의 성분 분석

성분	C	H	S	O	N	Fe or ash	Moisture
무게분율	81.5	7.0	1.5	2.5	2.3	4.0	1.2

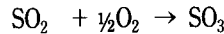
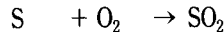
표 6-2. 페타이어 발생 가스성분 분석(300℃)

원소	CO ₂	C _m H _n	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
무게분율	8.4	5.7	2.2	7.2	7.1	7.6	61.5

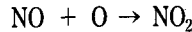
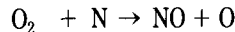
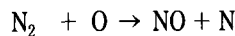
식(2)는 탄소의 수산화 반응으로 메탄가스가 발생하는 경로이며 식(3)과 식(4)는 탄소의 연소과정으로 CO와 CO₂가 발생하며 반응(5)는 열분해가 일어나는 동안 탄소가 물반응하여 흡열반응이 진행된다. 식(6)은 (3)과 (5)에서 발생한 CO가 물과 계속 반응하여 CO₂와 H₂로 진행되는 반응이다.

열분해에서 가장 문제가 되는 것은 이차공해이다. 대기오염시키는 반응을 알아보면,

SO_x의 발생은



NO_x의 발생은



또한 HCHO는 불포화 올레핀계의 탄화수소가 불완전 산화하여 발생된다.

2.1.3 열분해 이용

페타이어를 열분해하여 석유와 메탄가스를 생산하고 카본블랙을 추출하여 이용하는 방법이다. 열분해로부터 회수되는 성분은 표 7에 나타낸 바와 같다. 열분해 이용 방법은 현재 외국 일부 기업에서는 시행중이며 국내에서는 사업화를 검토중이다. 그러나 회수된 석유와 기존석유와의 가격경쟁이 되지 않고 회수 카본블랙 물성에 따른 수요한계 등 경제성이

표 7. 열분해에 의한 회수 성분 분석

Components	%
Recovered fuel oil	50
Carbon black	25
Steel	9
Gas-methane	6
Water	4
Fiber	3
Losses	3
계	100

없음이 문제시 되고 있다.

최근 국내 연구진에 의하여 고온으로 가열된 폐유 속에서 페타이어를 함께 열분해 시켜 타이어를 분해 처리하여 이때 발생하는 가스를 농축시켜 오일과 카본블랙을 회수하는 페타이어/폐유 복합처리 공정이 연구중이다.

2.1.4 시멘트 소성로에 이용

에너지 다소비 업체인 시멘트 공장에서 페타이어 열량이 벙커C유 9700kcal와 비슷한 9526kcal/kg로서 유연탄(5000kcal/kg)에 비하여 높다는³⁾ 점을 이용하여 페타이어를 시멘트 제조시 보조연료로서 이용하는 방법이다. 이 방법은 페타이어를 대량으로 처리한다는 점에서 미래가 밝으나 초기 시설비가 비싸고 대규모 부지가 필요하며 국내에서는 검토중이다. 일본에서는 이미 20여 공장에서 이용하고 있으며 미국은 89년부터 오하이오주에서 처리하고 있으며 독일은 페타이어의 37%를 처리하고 있다. 이러한 점을 감안할 때 정부에서도 금융세제 혜택을 주어 이 방법을 권장하는 것이 좋다고 생각된다.

2.2 원형이용 방법

2.2.1 재생타이어 이용

재생가능한 페타이어의 수분 및 이물질 제거하여 건조시켜 버핑작업을 하고 흠집 마무리 작업을 하여 트레드고무를 붙여 가황시켜 재생타이어를 제조한다. 버핑작업시에 발생하는 분말고무가루는 분말가공에

이용된다. 현재 국내에서는 8% 정도를 이용하고 있는 정도이며 래디얼 타이어의 사용증가에 따라 점점 감소추세이다.

2.2.3 어 초 용

페타이어에 시멘트를 넣어 결박한 후 바다에 투하하는 방법으로 1978년에 이용한바 있으나 보급이 안되었고 기존 시멘트 제조업자와의 관계도 문제점으로 나타나고 있다. 이는 수요의 한계가 있어 근본적인 페타이어 처리방법이 아니다.

2.2.4 토목공사용

군부대의 진지보수 및 구조용으로 이용되고 있었으나 일시적으로 재활용되어 근본적인 페타이어 처리방법이 아니다.

2.3 분말가공 이용법

분말가공 이용방법은 페타이어를 분말화하여 재생 고무재조나 각종 고무제품, 건축자재 생산, 고무아스팔트 제조에 이용하는 방법으로 현재 외국에서는 활발히 진행되고 있으나 국내에서는 연구단계이다.

2.3.1 타이어 분말화 작업

타이어를 분쇄하는 방법에는 상온 roller분쇄, 상온분쇄 및 저온분쇄로 나누어진다. 상온 roller분쇄는 주로 재생고무를 제조하기 위한 것으로 분말입도는 #30체(0.59mm)로부터 #12체(1.68mm)까지 되어 있다. 상온분쇄는 50mm이하로 분쇄기에서 분쇄하고 자력선별기로서 철분을 분리 처리한 뒤 2차 분쇄로서 분말화하는 방법이다. 그러나 이와 같은 상온분쇄 방법들은 분쇄기와 페타이어와의 마찰열로 인하여 물성저하가 문제가 되어 저온분쇄 방법이 고안되었다. 이 방법은 액체질소를 사용하여 분쇄시 발열을 억제하여 물성저하 우려를 감소시킨 방법으로서 입도가 #40체(0.295mm)로부터 #100체(0.149mm)까지 분말화가 가능하다. 현재 국내에서는 외국 기술을 도입하여 진행중이며 국내 연구진에 의하여 액체질소 및 액화 천연가스를 이용한 저온분쇄 방법이 연구중이다.

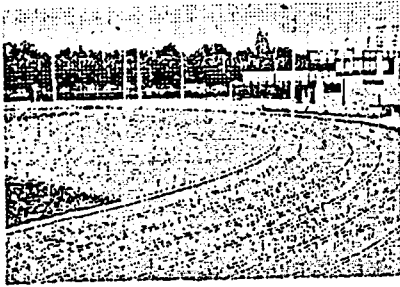
2.3.2 재생고무이용

폐타이어를 roller 분쇄하여 각종 고무부품에 사용하는 방식으로 가황된 타이어 스크랩을 다시 이용하기 위하여는 탈황공정이 필요하다. 현재 수요한정으로 인하여 점점 감소추세이나 제조기술개발로 품질좋은

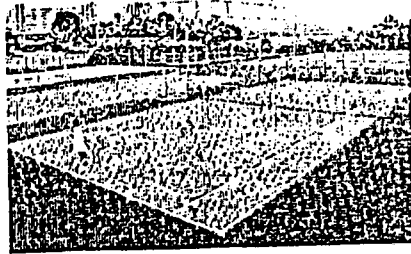
재생고무제조로 인한 수요창조의 가능성이 있다.

2.3.3 분말고무이용

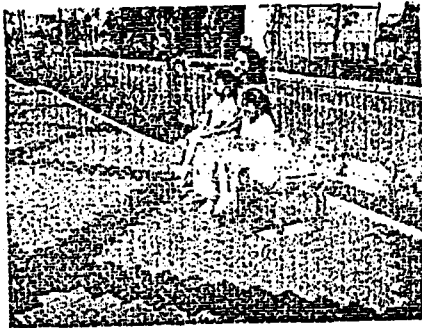
폐타이어를 분말화하여 고무부품이나 건축자재, 고무아스팔트, 브레이크 라이닝에 사용할 수 있다. 외국에서는 보도블럭, 스포츠센타 트랙, 테니스 코트



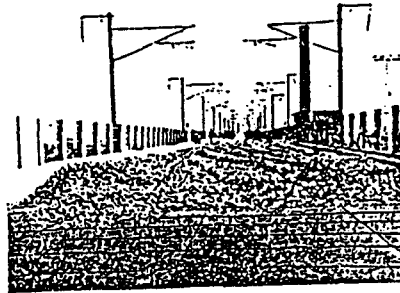
Track
(Sumitomo Rubber)



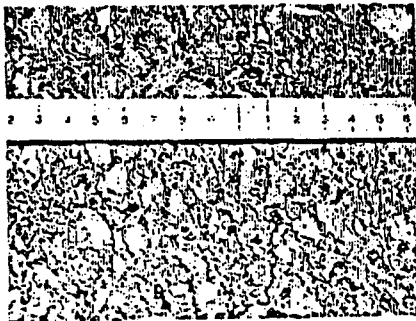
Tennis court
(Sumitomo Rubber, Yokohama Rubber)



Rubber Block
(Toyo Rubber, Yokohama Rubber,
Muraoka Rubber etc.)



Ballast Mat
(Bridgestone, Hiroshima Kasei etc.)



Asphalt pavement containing rubber powder
(Chibayashi Road/Sumitomo Rubber etc.)



그림 2. 일본의 분말고무 이용⁴⁾

등에 사용되며 꾸준히 수요창조가 되어가고 있으나 국내에서는 블렌딩기술 개발 미비로 인하여 아직 사업화가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 그림 2에 일본의 이용사례를 나타내었다. 특히 건축자재면에서 대량으로 이용될 수 있는 장점이 있고 난지도 등의 매립지의 기반침식 방지 및 쓰레기 악취제거, 하천 오염방지 등의 목적으로 이용될 수 있으며 여러가지 방향으로 활용할 수 있다. 특히 외국에서는 아스팔트에 혼합하여 사용하는 고무아스팔트를 제조하는 방법이 소개되어 미국 피닉스주의 시내구간은 고무아스팔트로 포장되고 일부 비행장로에 쓰이고 있는 형편이다. 국내에서는 서부산 낙동대교 공사시 일부 구간에 시공하였으나 도로에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않아 시공비가 30% 정도 비싸다는 통계 밖에 나오지 않는 실정으로 아직 이에 대한 활용을 고려하고 있지 못하는 실정이다.

고무아스팔트는 도로포장시 아스팔트에 페타이어 분말을 일정비율로 포함하여 제조하며 177°C~233°C에서 10~30% 정도로 혼합하여 gel상태를 만든다. 제조방법으로는 plant mixer법과 premixer법으로 구분되는데 plant mixer법은 아스팔트 혼합물을 제조할때 페타이어를 첨가하는 방법이고, premixer법은 아스팔트에 미리 고무입자를 첨가하여 gel상태가 되게하여 골재를 혼합포장하는 방법으로 서부산 낙동대교는 이 방법으로 만들었다. 외국에서 발표된 바에 의하면 고무아스팔트는 내구성이 증가되고 온도변화에 따른 변형이 없어 추운지방이나 기온차가 심한 지역에서 유리하다고 되어 있다. 또한 외부 충격에

뛰어나다고 보고되어 있어⁵⁾ 우리나라도 이에 대한 검토가 필요하다고 생각된다.

3. 결 론

페타이어의 증가에 따라 매립지가 부족한 우리나라 실정에서 페타이어 처리가 환경적인 문제로 정부에서는 폐기물 예치금 부과품목으로 지정되어 폐기물 처리를 유도하고 있으나 근본적인 해결책은 못되고 있다. 소각로 기술개발과 대체 연료로서 개발 또는 분말을 이용한 가공기술개발로 수요를 창조하여 민간업체의 참여유도를 하계하여 기술개발에 더욱 더 박차를 가하여야 하겠다

참 고 문 헌

1. 대한타이어공업협회 보고서, "92 페타이어 처리 업무계획", 1992.
2. 이덕수, 최재성, "페타이어의 연료활용과 그 전망", pp60-65, 1989.
3. 한국 폐기물 관리(주) 기술자료, "페타이어 칩의 대체연료 사용", 1990.
4. K. Nishimura, Proceeding of the 1st Korean-Japanese Rybber Technology Symposium, "Recycling of used Tyres in Japan", p24-33, June 1992.
5. 김진광, "페타이어를 이용한 고무아스팔트 포장", 타이어고무, pp.10-19, 1990.