

# 타이어의 메터리얼 리사이클 (material recycle) (III)

李 源 善\* 譯

## 4. 各 論

### 4) 再生타이어

#### (1) 再生타이어의 需要

페타이어의 많은 부분을 갈아내고 새 고무를 입혀 加黃시켜 새로운 제품을 만든 것을 재생타이어라고 부른다.

지면에 닿는 부분 이외의 타이어 부분이 모두 재이용될 뿐만 아니라, 사용기간을 연장한다고 하는 점에서 볼때 대표적인 리사이클이라고 할 수 있다. 그러나, 재생타이어의 수요는 오히려 감소하는 경향을 나타내

고 있으며, 일본내에서는 연간 약 160만개 정도이다(그림 19 참조).

이처럼 재생타이어의 수요가 감소하고 있는 이유는 타이어가 래디알화함에 따라 재생타이어를 만드는 데는 고도의 기술을 필요로 하게 되었으며, 또한 재생타이어의 가격경쟁력이 신제타이어보다 떨어지기 때문이라고 생각된다.

#### (2) 종류별 경향

일본내에서는 재생타이어 총생산량중 약 70%가 트럭 및 버스용 타이어이며, 교체용 트럭 및 버스용 타이어시장에서는 재생타이어가 약 20% 정도의 占有率을 보이고 있다.

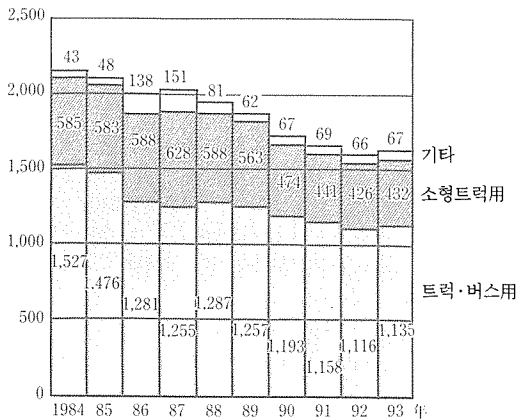
승용차용 재생타이어는 1980년대초까지만 해도 비교적 많이 사용하여 전체 재생타이어(트럭 및 버스용 재생타이어 포함)의 약 15%(수량)에 달하였으나, 매년 사용비율이 감소하여 1993년에는 약 3%에 지나지 않았다.

또한 일본내의 신제타이어 規格數(패턴별)는 트럭 및 버스용이 약 1,000개 정도이고, 승용차용 타이어는 약 2,500개 정도로 추정되고 있다.

#### (3) 海外의 動向

한편 해외, 특히 미국에서는 재생타이어를 많이 생산하고 있으며, 1992년도에는 약 300만개의 재생타이어를 생산했는데, 이 중에서 승용차용 재생타이어의 생산량은 감소하고 있다(그림 20 참조).

(단위 : 1,000개)



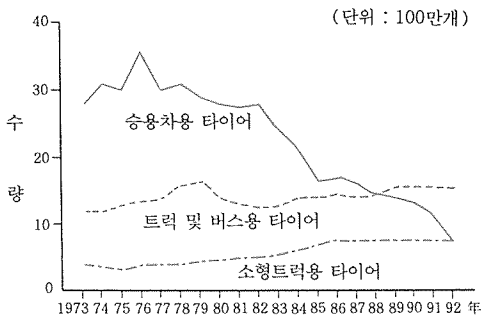
〈資料 : 日本自動車타이어協會〉

[그림 19] 재생타이어 생산량 추이

\* 大韓타이어工業協會 常勤理事

이처럼 승용차용 재생타이어 생산량이 감소하고 있는 이유는 미국도 일본과 마찬가지로 가격경쟁력, 기술면 등에서 문제가 있기 때문인 것으로 생각된다.

또한 버스나 重荷重 트럭의 스티어링(Steering) 타이어(前輪)에 재생타이어를 사용하는 것을 제한하고 있는 주가 많은 것도 한 이유가 될 수 있다.



[그림 20] 미국의 재생타이어 생산량 추이

유럽에서는 독일이 재생타이어 사용에 대하여 적극적이지만, 승용차용 재생타이어 사용에 대하여는 매우 엄격한 것으로 생각된다. 독일기술검사협회 TÜV에 의하면 수입품 등과의 가격경쟁이나 규격이 다양한 몰드의 원가상승문제, 환경규제강화에 의한 중소 메이커의 생산제한 등이 재생타이어 보급의 阻害要因이라고 말하고 있다.

또한 승용차용 재생타이어 원단을 보면 페타이어의 20% 정도만이 재생타이어의 원단으로 사용할 수 있다고 한다.

이상과 같이 재생타이어 사용을 더욱 확대하기 위해서는 재생타이어의 가격, 원가, 규격, 품질(재생타이어용 원단 포함)과 같은 문제를 해결하여야 할 것이다.

5) 페타이어 熱分解生成物の 이용

페타이어 재활용기술의 하나로서 페타이어를 열분해하여 얻은 生成物을 재활용하는

<표 12> 페타이어 열분해 발생물질, 발생량, 발열량

발생물질	발생량	발열량
오 일	0.33 ℓ /kg	7,900kcal/kg
가 스	0.5~0.8 <sup>3</sup> N/kg	2,000~3,000kcal/m <sup>3</sup> N
카 본 블랙	0.13kg/kg	7,200kcal/kg
未燃 카본블랙	0.19kg/kg	6,800kcal/kg
와 이 어	0.03kg/kg	-

\* 페타이어分解 : 500~900℃

방법이 있다.

페타이어를 열분해하면 기름, 가스, 기타 炭火物을 주체로 하는 잔류고형물이 아래와 같은 비율로 발생한다.

生成하는 기름 또는 가스는 연료로서, 잔류고형물은 카본블랙의 대체품으로서 활용하고 炭化合物을 活性化하여 活性炭으로 이용하는 것을 연구하고 있다. 카본블랙 및 活性炭에 대하여는 實用化를 위한 시험을 하고 있으며, 그 개요는 아래와 같다.

(1) 페타이어 熱分解生成 카본블랙

페타이어의 再資源化利用에 대하여는 日本自動車타이어協會에서 熱分解生成 카본블랙을 검토하고 있다.

시험평가는 動的苛酷度가 낮은 플랩(Flap)에 實用配合를 하였으며, 그 결과는 <표 13, 14, 15>에 나타났다.

<표 13> 熱分解生成 카본블랙의 分析値

測定項目	카본블랙의 種別		
	페타이어熱分解生成 카본블랙	GPF(타이어 카본블랙 G)	HAF (Seast 3)
加 熱 減 量 (%)	0.1	-	-
揮 發 分 (%)	2.85	-	-
아세톤抽出分 (%)	0.1	-	-
벤젠着色透過度 (%)	91.7	76.7	97.2
沃素吸着量 (mg/g)	190	30.2	94.2
DBP吸油量 (ml/100g)	97	83	10
灰 分 (%)	9.2	0.1	0.2
p H	9.5	6.3	7.3
比 重	0.135	-	-

資料 : 神戶製鋼新 데이터(兵庫縣立工業技術센터 測定)

〈표 14〉 실험실 시험결과

페타이어로 만든 카본블랙 置換量		0%	10%	20%	30%
未加黃 고무物性	Mooney 粘度	100	96	100	99
	Mooney scorch time	100	98	94	92
	Rheometer 加黃特性				
	f MIN	100	100	90	88
	f MAX	100	102	107	87
加黃 고무物性	t 0.05	100	100	109	100
	t 0.95	100	104	93	87
	硬 度	100	100	98	102
	引 張 強 度	100	92	88	89
	伸 張 率	100	100	97	92
靜的 特性	300% 모듈러스(modulus)	100	89	95	95
	引 裂 強 度	100	93	93	90
	Resilience	100	103	108	111
	靜的 Ozone crack	control	同等	同等	同等
	Crack 成長	100	135	100	106
* 老化 特性	硬 度	100(115)	100(115)	97(110)	97(110)
	引 張 強 度	100(91)	91(85)	85(80)	87(80)
	伸 張 率	100(78)	96(75)	96(75)	96(75)
	300% 모듈러스(modulus)	100(120)	96(120)	86(110)	88(115)
	引 裂 強 度	100(95)	98(93)	93(88)	95(90)

\* 100℃ × 72h

〔註〕 ( )안은 老化前의 값을 100으로 하였을 때의 指數를 나타낸 것임. (資料/日本自動車타이어協會)

〈표 15〉 제품시험결과

페타이어로 만든 카본블랙 置換量		0%	20%
新品時未走行	硬 度	100	96
	引 張 強 度	100	90
	伸 張 率	100	100
	300% modulus	100	86
	引 裂 強 度	100	95
老 化 後 100℃ × 72h	硬 度	100(105)	92(102)
	引 張 強 度	100(95)	88(90)
	伸 張 率	100(80)	89(78)
	300% modulus	100(132)	101(134)
	引 裂 強 度	100(98)	91(93)
드럼(drum)走行後 (5,000km)	硬 度	100(106)	98(106)
	引 張 強 度	100(87)	89(82)
	伸 張 率	100(73)	90(66)
	300% modulus	100(126)	102(128)
	引 裂 強 度	100(100)	90(90)
實 地 走 行 後 (72,000km)	硬 度	100(115)	90(106)
	引 張 強 度	100(98)	94(94)
	伸 張 率	100(76)	95(73)
	300% modulus	100(142)	101(140)
	引 裂 強 度	100(102)	94(95)

〔註〕 ( )안은 老化前의 값을 100으로 하였을 때의 指數를 나타낸 것임.

- 加工性 1. Banbury mixer에서의 配合 : 同等  
 2. 롤(Roll) 作業性 : 同等  
 3. 押出加工性 : 同等  
 4. 카본블랙分散 : 약간 좋지 않음.  
 5. 플랩(Flap)製品外觀 : 同等  
 (資料/日本自動車타이어協會)

熱分解時 生成된 카본블랙은 사용조건이 가혹하지 않은 고무제품에 이용할 수 있는 가능성이 있다고 생각된다(20% 정도의 置換).

그러나 플랩 등에 사용하는 데 있어서는 현재 가격이 매우 저렴한 카본블랙을 사용하고 있기 때문에 熱分解로 만든 카본블랙은 원가 면에서 불리하여 사용하는 데는 어려움이 있다. 또한 熱分解 카본블랙의 分散을 개선하기 위한 Pellet化(粒子化), 無機分의 제거 등이 原價上昇要因의 가능성이 있다.

(2) 페타이어 活性炭

가. 活性炭의 개요 : 일반적으로 炭素로 구성된 元素로서 매우 강한 吸着性能을 갖고 있는 多孔性材料를 活性炭이라고 한다.

보통 야자껍질 또는 木炭 등이 원료로 사용되고 있지만, 가열하여 炭火하는 물질은 모두 活性炭의 원료가 될 수 있다.

活性炭의 제조방법은 원료를 炭化시킨 뒤 活性化하여 精製한다. 活性化는 수증기 또는 燃燒가스(CO, CO<sub>2</sub>)로서 高溫處理하는 방법과 鹽化亞鉛, 磷酸 등의 水溶液에 침적하여 高溫燒成하는 방법 등이 있다.

제품의 형태에 따라 粉末活性炭과 粒子 또는 破碎活性炭으로 분류된다.

活性炭은 黑色의 微粉末 또는 粒狀品으로서 그 내부는 多孔質이며 실제 밀도가 큰 데도 불구하고 부피밀도는 작아 表面積은 크다. 때문에 각종 氣體, 溶液中の 無機 또는 有機物質, 더우기 콜로이드(colloid) 粒子 등에

〈표 16〉 活性炭의 需給現況

연 도	생 산 (톤)	출 하 (톤)
1988	65,037	64,408
1989	69,132	69,462
1990	77,032	78,388
1991	78,303	76,535
1992	79,314	78,923

(資料/日本無機藥品協會)

대하여 강력한 吸着性能을 갖고 있다.

活性炭의 需給現況을 <표 16>에 나타냈다. 생산량의 35% 정도가 粉末品이며, 기타는 粒狀品 또는 破碎品이다.

活性炭은 그 사용조건 및 吸着시키려고 하는 물질이 극히 광범위하며 또한 용도에 따라서 사용하는 活性炭의 적정한 細孔數나 크기 등이 다르기 때문에 그 종류가 매우 많다.

나. 페타이어 活性炭 : 페타이어와 같은 산업 폐기물로 活性炭을 만들 때에는 다음과 같은 점을 고려하여야 한다.

- ① 원료를 質의으로도 안전하게 공급받을 수 있을 것.
- ② 活性炭으로서의 吸着性能和 收率을 갖고 있을 것.
- ③ 重金屬 등과 같은 불순물이 함유되어 있는 경우 이 불순물의 溶出有無를 알아야 할 것 등이다.

페타이어 熱分解生成物中에 잔류고형물은 熱分解溫度 등에 따라 다른데, 그 組成例를 <표 17>에 나타냈다.

<표 17> 炭化物的 組成

工業分析		(Wt%)
水	分	0.7~0.8
灰	分	8.3~11.7
揮發炭	分	4.8~8.6
元素	素	82.4~82.7
炭	素	85.6~88.0
水	素	0.03~0.68
黃	素	22.22~2.24
亞鉛	鉛	4.7~5.1

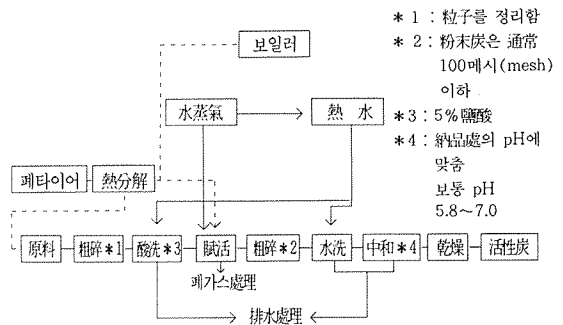
熱分解溫度 : 450℃

페타이어 活性炭에는 약 10%의 灰分이 함유되어 있는데 이 灰分은 亞鉛이 主體이며, 기타 칼슘 등과 같은 無機成分도 함유되어 있다. 타이어를 비롯한 고무제품에는 加黃反應을 촉진시키는 加黃助劑로서 金屬

酸化物인 酸化亞鉛을 사용하고 있다.

따라서 페타이어를 燃燒 또는 熱分解한 후의 잔류고형물중에는 亞鉛이 존재하기 때문에 페타이어 活性炭中에 亞鉛이 남아 있다.

이와같은 活性炭을 液相으로 이용하는 데는 잔류하는 亞鉛이 장애가 되는 일이 있다. 中野氏 등은 이 亞鉛을 鹽酸으로 처리하여 제거하기 위한 시험을 하여 亞鉛을 감소시키는 데 성공하였다. 그 결과 酸處理한 후 活性炭으로부터의 亞鉛溶出은 크게 감소하여 液相用吸着劑로서 사용할 수 있는 가능성이 확인되었다. 亞鉛이 제거된 페타이어 活性炭을 公業적으로 제조하는 방법이 개발되어 [그림 21]과 같이 工業化되었다.



[그림 21] 페타이어 活性炭 製造工程圖

한편 北海道에 있는 한 社會福祉法人에서는 목욕물을 데우기 위하여 사용하고 있는 페타이어 沸騰기의 燃燒가스가 吸着性能을 갖고 있다는 사실을 확인하고, 이것을 “G活性炭”이라고 하여 工業化를 시도하고 있다.

다. 페타이어 活性炭의 性能 : 活性炭의 시험방법은 液相 및 氣相에서 吸着性能을 평가하는 規格과 粒子의 性狀에 관한 規格 및 含有하는 不純物에 관한 規格이 있다(표 18 참조).

현재 페타이어 活性炭의 吸着性能에 대한 데이터는 많지 않지만, 酸處理하여 水蒸氣賦活시킨 페타이어 活性炭은 界面活性劑 LAS

나 phenol, 農藥類와 같은 水溶液을 吸着하는 데 있어서 市販活性炭의 1/2~1/4 정도의 吸着性能을 갖고 있는 것으로 확인되었다.

이와같이 페타이어 活性炭은 어느 정도의 성능이 확인되고 있어 용도에 따라서는 이

〈표 18〉 日本에서의 活性炭 試驗項目

시 험 항 목	A	B	C	D	E
① 液相吸着性能에 관한 항목					
methylene blue 脫色力	○	○			○
沃素吸着性能	○				○
caramel 脫色力	○				
melanoin 脫色力				○	
黃酸 quinine 吸着力		○			
ABS價					○
phenol價					○
② 氣相吸着性能에 관한 항목					
1/n 溶劑蒸氣平衡吸着性能	○				
③ 粒子性狀 등에 관한 항목					
粒 度	○				
체 殘 分					○
粒度分布	○				
硬 度	○				
充填密度	○				
乾燥減量	○	○			○
發火點	○				
④ 不純物 등에 관한 항목					
強熱殘分	○	○		○	○
pH	○	○		○	○
導電率					○
鐵	○			○	
鉛	○	○	○	○	○
亞 鉛	○	○	○	○	○
砒 素	○	○	○	○	○
cadmium	○				○
黃酸鹽		○	○	○	
鹽化物	○	○	○	○	○
黃化物		○			
cyan化物		○			
酸可溶物		○			

【註】 A : 日本工業規格 JIS K1474  
 B : 第10改正日本藥局方(藥用炭)  
 C : 食品添加物公定書(活性炭)  
 D : 釀造用活性炭規格 및 試驗方法  
 E : 日本水道協會規格 JWwak113(粉末活性炭)

용될 수 있다고 생각되지만 熱分解殘渣를 酸處理하여 亞鉛을 제거하여야 하고 또한 水蒸氣 등으로 賦活시켜야 할 필요가 있다고 생각된다.

위에서 설명한 것과 같이 페타이어 活性炭을 이용하기 위해서는 活性炭으로서의 吸着性能을 향상시켜 不純物을 제거하고 收率을 높여 原價를 절감시킬 필요가 있다.

### 5. 政府, 地方自治團體 등의 협조

최근 폐기물의 종류도 다양화되고 또한 양도 증가하고 있어 이에 대응하기 위해서는 이와 관련된 정부 및 지방자치단체 등은 廢棄物의 減量化, 再活用に 적극적인 施策을 펴고 있다. 페타이어의 재활용에 대해서는 省資源, 省에너지의 관점에서 아래와 같은 일을 추진하고 있다.

#### 1) 通商産業省

- (1) 再活用法의 制定, 施行 - 再資源化促進
- (2) 再資源化 가이드라인 檢討 - 再資源化促進

#### 2) 厚生省

- (1) 廢棄物處理 및 清掃에 관한 法律의 改正, 施行 - 廢棄物의 減量化, 再生利用促進
- (2) 指定廢棄物告示 - 自治團體의 事業者間의 협력과 再生利用(thermal포함)의 촉진

#### 3) 建設省

第11次道路整備5個年計劃(道路技術5個年計劃) - 폐고무, 폐플라스틱 등의 鋪裝材料로서 이용하는 데 적합한 再活用材料의 연구, 개발(處理技術開發 - 아스팔트 改質技術開發, 物性評價試驗 등)

#### 4) 資源에너지廳

에너지 使用의 합리화에 관한 法律의 改正, 施行 - 廢棄物의 熱利用條項을 추가, 개정

#### 5) 北海道開發廳, 札幌市土木技術센터

페타이어의 칩 혼합사용 등 凍結路面對策  
試驗鋪裝 실시

6) 기 타

兵庫縣立工業技術센터, 大阪市工業研究所  
를 비롯한 관계기관, 학회 등의 연구

6. 결 론

타이어 재활용을 메타리얼 리사이클을 중  
심으로 설명하였으나, 관련학회 및 업계가  
타이어 재활용방법의 연구, 개발에 대하여  
어떻게 서로 협력하여야 할 것인가를 이해  
하였을 것이다. 그러나, 각론에서도 설명한  
바와 같이 타이어의 고무가 갖고 있는 物性  
이 복잡하고 또한 경제원칙면에서 볼때 충  
분한 성과가 없는 것도 사실이다.

현재의 기술, 원가, 수요자의 요구 등을  
고려할 때 유감스럽지만 소위 타이어(페타  
이어)에서 타이어(재생타이어)로 옮겨가는  
클로드드 메타리얼 리사이클을 많이 하는  
것은 바람직하지 않은 상황이 되었다.

한편, 제조원가, 대량·최적의 용도개발,  
정부보조 등의 면에서 문제점이 해결되면  
고무가루/재생고무/카본블랙/活性炭/재생  
타이어 등과 같은 메타리얼 리사이클의 길  
이 열릴 것이다.

당연히 타이어업계로서도 페타이어를 재  
활용하는 데 있어서 다음과 같은 기본적인  
사항, 즉 ① 환경오염에 영향을 적게 줄 것  
② 대량이용이 가능할 것 ③ 경제성이 있을  
것 등에 대하여 고려하여야 할 것이다.

마지막으로 타이어업계는 자원보존, 폐기  
물의 효과적인 이용이라는 개념에서 페타이

어를 열에너지로 이용(특히 시멘트원료 및  
연료로 이용)하는 것도 페타이어 재활용의  
중요한 부분으로 보고 메타리얼(material)  
및 서멀(thermal) 양쪽이 균형을 이룬 재  
활용을 목표로 하고 있음을 밝혀둔다.

〈참 고 문 헌〉

- 1) 住友ゴム工業(株)編, 更生タイヤの商品知識 (1990)
- 2) (社)日本ゴム協會編, 再生ゴム(1970)
- 3) 荒井康夫:セメントの材料化學, 大日本圖書
- 4) 外谷與生:日本機械學會編, Vol.94(1991)
- 5) 日本 セメント, プリヂストン特許公報, 平1-32175
- 6) 月刊廢棄物, 2月號(1984)
- 7) 西脇正矩:クリーンジャパン, No. 82(1990)
- 8) クリーン40技術レポート
- 9) 日本ゴム協會編, “ゴム技術の基礎”, p.2(1983)
- 10) 大北忠男:日本ゴム協會誌, 52, 265(1979)
- 11) 藤本邦彦, 西敏夫, 岡本剛:日本ゴム協誌, 53, 3506(1980)
- 12) 藤本邦彦:日本ゴム協誌, 52, 265(1979)
- 13) Thomas Engelbrecht, Gummi Bereifung 67, No.9, 34(1991)
- 14) 齊藤, 佐伯:ラバーダイジェスト, 28, (3), 20(1976)
- 15) 平田:日本ゴム協誌, 49, 576(1976)
- 16) 鳥飼, 目黒, 川口:日本化學會誌, 1979, (6), 782(1979)
- 17) 中野, 田村, 松本, 林:科學と工業, 67, (9), 405(1993)
- 18) (社)兵庫縣資源再利用事業團編:兵庫縣資源再利用事業團のあゆみ(1988)
- 19) 齋藤直哉:自動車の技術, Vol. 34, (10), 1067
- 20) 小端武治:空氣調和·衛生工學會北海道支部第25回學術講演論文集, 89(1991)

〈끝〉

세계를 달린다. 우리의 타이어