

# SBR 와 Cis-Polybutadiene(high-Mooney, oil-extend)의 blending 으로 만든 Tire Tread

許 東 燮

Cis-Polybutadiene 과 SBR 의 blending 은 乘用車의 tire tread 로 利用되는데 配合cost 를 높이지 않고서도 耐摩耗性이 優秀하고 flex-cracking 이 적은 것이 利點이다.

本紙는 SBR 와 Cis-Polybutadiene 을 여러가지 比率로 blending 하여 만든 tread 를 full-scale 과 statistical 로 各各 road test 한 結果를 報告한 것이다.

## 評 價

現在 Tire 工業에서는 大部分의 乘用車 tire read 配合를 25~35%의 polybutadiene 을 SBR 와 blending 하여 tire wear 를 改善하고 groove cracking 을 減少시키고 製造工程도 容易하게 한 것은 Goodrich-Gulf Chemicals, Inc. 에서 先行하였는데 BR/SBR 配合이 tire 에서 評價됨에 따라 BR 生産者나 tread 고무製造業者들도 이 事實을 確證하였다.

BR 를 25~35% 以上으로 blending 하면 rate of-wear 가 一般的으로 改善된다는 것은 이미 지난 時代에 評價된 事實이지만 몇몇 工場에서는 아직 避하고 있는데 그 理由는 첫째로 50% 以上の BR 를 使用하면 混合과 工程이 體驗해 오던 바와는 달라서 問題視되고 둘째로는 BR 의 含量이 많으면 wet kid resistance 가 나쁘다는 것이다.

첫째s 問題로 BR 의 含量이 많아짐으로써 工

程上 困難한 點에 對해서는 일찌기 Goodrich Gulf 社에서 “Preprocessed” BR (Ameripol CB 880 rubber—Goodrich-Gulf Chemicals, Inc.)<sup>①</sup> 의 發展으로 工程이 多少容易하였고 最近에는 high Mooney oil-extended BR (Ameripol CB 441 과 442 rubber)의 發展으로 더욱 解決되었다. high Mooney polymer 가 工程改善上에서 볼 수 있는 優越性은 oil-extended polymer 에서도 볼 수 있다. 實際 어떤 工場에서는 oil-extended BR 를 70 phr 까지 使用하여도 좋다는 評價가 立證되었다.

둘째 問題로 wet skid resistance 가 나쁘다는 點은 Goodrich-Gulf 社의 工業技術者들이 改善하였는데 이미 그 結果는 報告된 바 있다.<sup>②</sup> 만일 좀더 多量의 BR 를 使用하여도 carbon black 나 oil 을 많이 使用하든지 硬度(Durometer) 를 높임으로써 wet skid resistance 는 容易하게 改善되며 oil-extended BR 는 SBR 보다도<sup>③</sup> carbon black 나 oil 에 對한 親和力이 크기 때문에 더 많은 carbon black 나 oil 을 使用하는 것이 正常的이다. BR 配合時 wet skid resistance 에 對한 研究는 Goodrich-Gulf 社의 工業技術者들만이 研究한 것이 아니고 다른 몇몇 報文에서도 볼 수 있다.<sup>④⑤</sup>

이와같은 問題들이 解決됨으로써, 보다 많은 量의 BR 를 使用하게 되었고 Goodrich-Gulf 社의 技術者들은 보다 많은 量의 BR 를 使

用하여 改善할 수 있는 tread wear 를 實施化하고자 tire program 을 樹立하였다. 이 program 은 ISAF carbon black 을 一定量으로 하고 oil-extended BR 를 30, 50, 70% (%는 oil 을 除外한 全고무炭化水素分에 對한 것)를 使用하여 tread 를 配合하고 試驗한 結果가 서로 다르다는 것을 처음으로 알았으며 non-oil-extended BR 는 30% 程度로 使用하는 것이 좋다는 것을 알았다(Ameripol CB 220 rubber-Goodrich-Gulf Chemicals, Inc.).

두 種의 SBR 를 調節한 配合은 BR 配合과 典型的인 SBR 配合의 比를 廣範圍하게 그 基礎를 定하고자 使用하였다.

첫째번 SBR 配合은 HAF carbon black 가 70 phr 含有된 SBR 1500으로 "Sweetened"된 SBR 1823의 配合으로 Original equipment(O.E)에 잘 利用된다.

둘째번 SBR 配合은 premium level 配合으로 ISAF 52 phr 를 含有한 SBR 1608의 配合으로 carbon black 70 phr 를 含有치 않은 單味配合이다(使用한 SBR 는 Ameripol 1823, 1500 1608 rubber, Goodrich-Gulf Chemicals, Inc.).

以上에서 規定된 tread 配合은 Goodrich-Gulf Rubber Products Laboratory 에서 研究되었고 그後 tire program 에서 認定되었던 것으로서 Indiana 와 Pennsylvania 의 McCreary Tire 와 Rubber Company 에서 Goodrich-Gulf 社員의 直接指導下에서 위의 配合으로 混合, 押出하고 8.25×14 乘用車 tire 로 加黃 製造되었던 것이다.

Tread 는 Nevada 의 Carson市에 있는 Nevada Automotive Test Center 에서 Over-the-Road 와 市街運轉(stop-and-go)의 두 方法으로 試驗하여 評價하였다. 또 statistical tire program 은 Texas 의 El Paso 에 있는 Three-T-Fleet,

Inc. 에서 行하였다.<sup>6)</sup>

tread stock 의 sample 은 Banbury 混合을 한 다음 促進劑와 黃을 加하여 McCreary plant 에서 tubing 한 다음 採取하였으며 實驗室 data 와 road test 結果의 相關性을 把握하고자 實驗室에서 製作한 sample 과 共히 物理試驗을 하였다.

## 考 察

table V 에 보여준 tread 의 配合比로 8.25×14 Tire 를 製造하여 外觀檢査, X-ray 檢査를 마친 다음 다음의 두 過程으로 性能을 試驗하였다.

첫째로 Over-the-Road type 으로 wear 를 試驗하였는데 Tire 와 Rim Association 에 110% 의 荷重을 加하고 試驗距離는 10,000 mile 로 하였다. 平均速度 68 mph, 最低速度 55 mph, 最高速度 75 mph 로 하여 停止, 出發, 回轉을 極小數로 하고 直線高速運轉을 主로 하여 試驗한 結果로 얻은 Rate-of-Wear 指數, groove cracking, sipe tearing, chunk-out 를 table I 과 fig. 1 에 나타내었다. 質을 評價할 수 있는 "Wear Quotient"는 各 配合의 끝欄에 表示했다.

$$\text{Wear Quotient} = \frac{\text{R. O. W. Index}}{\text{Pound Volume Cost}} \times 100$$

oil-extended BR 를 tread 配合에 混用하면 SBR 單味配合보다 더 높은 rate-of-wear 指數와 W. Q 를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 groove cracking, sipe tearing, chunk-out 가 아주 적다는 것이다. 더욱 重要한 事實은 보다 더 큰 價値(miles/dollar)를 얻을 수 있다는 것이다. 이렇게 (Over-the-Road, 10,000 mile) 試驗한 tire 가 安全하면 比較的 安全한 與件의

tire 라 하겠다.

둘째로 Over-the-Road test 에서 안전한 tire 들 다시 city driving test 에 使用하였다. city driving test 는 처음으로 4,000 mile 을 持續할 수 있도록 製作된 것으로 2,800회의 停止와 出發, 1,800회의 回轉, 平均速度 31 mph 로 嚴格한 試驗을 行한 結果로 얻은 Rate-of-Wear 指數와 W. Q 를 table II 와 fig. 2 에 나타내었다.

Over-the-Road test 에서와 마찬가지로 BR 配合이 優秀한 Rate-of-Wear 指數와 W. Q 를 나타내는 것을 볼 수 있다.

試驗中 tire 는 大部分이 대머리처럼 摩耗되기 때문에 groove cracking, sipe tearing, chunk-out 를 比較하기가 어려웠고 어떤 tire 는 너무 빨리 摩耗되는 故로 stop-and-go test 에서 4,000 mile 도 못 가는 것도 있었으며 미리 測定해둔 tread depth 의 한 點의 測定이 困難할 程度로 摩耗될 때는 試驗에서 除外하였다.

모든 tread 는 一定한 期間으로 正確하게 測定함으로 Rate-of-Wear 를 公正히 評價할 수 있었으며 비록 完全한 試驗을 마치지 못한 tire 라도 Rate-of-Wear 는 比較할 수가 있어 table III 에 그 結果를 나타내었다

statistical test 는 修理(recap)한 5個의 tire 를 가지고 試驗하였는데 1個의 tire 는 9군데가 서로 다른 tread 配合을 갖도록 하여 4,000 mile 의 全距離를 試驗하고 各各의 tread wear 를 平均하여 Rate-of-Wear 指數를 定한 것이다.

table IV 와 fig. 3에서 보는 바와 같이 statistical program 에서 얻은 Rate-of-Wear 指數가 whole-tire program 에서 얻은 Rate-of-Wear 指數와 아주 잘 一致된다.

Pico 摩耗指數와 實際 Rate-of-Wear 指數間

의 相關性도 fig. 4에서 보는 바와 같이 아주 잘 一致하여 興味있는 것이다.

### Stock Mixing/Tire Manufacture

Banbury 混合은 masterbatch 混合과 final 混合의 두 段階로 하였는데 첫 段階인 masterbatch 에서는 320°F 에서 放出하여 一夜放置熟成시켜 2分 30秒 동안 配合藥品과 함께 final 混合하고 200°F 에서 放出한 stock 는 84-inch mill 에서 薄狀化하고 冷却시켰다가 翌日 1分 30秒 乃至 2分間 Banbury 로 徐溫하여 84-inch mill 로 다시 薄狀化해서 8-inch tuber (National Rubber Machinery Company)로 tread 를 押出하여 48-inch McNeil Bagomatic Press 로 加黃하였으며 22分間 75 psi 의 post inflation 으로 23分마다 하나씩 加壓冷却하였다.

### Whole Tire Road Test.

8.25×14 tire 4個로써 組立된 車輛 4臺로 速度調整試驗과 市街運轉(stop-and-go) 試驗을 하였다.

Tire 와 Rim Association 에 110%의 荷重을 加하여 10,000 mile 의 直線高速(55, 65, 75 mph, 平均 68 mph) 試驗을 한 다음 다시 4,000 mile 의 市街運轉試驗을 하였다.

ambient temperature 는 交替時마다 두번씩 測定하였고 tire 도 檢査하였으며 2,000 mile 마다 摩耗狀態를 檢査하였다. groove 測定을 하고자 10곳에 tread depth 를 測定하고 cross section(3곳), Shore A2 硬度(3곳), outside diameter, tread profile(3곳), tread arc width(3곳), gram weight 등을 檢査하였고 測定된 tread depth 의 全平均으로 miles/mil 과 Rate-of-Wear 指數를 決定하였다.

市街運轉試驗은 4,000 mile 로 하고 停止回數 2,800, 回轉回數 1,800, 最高速度 40 mph 平均速度 31 mph 로 調整하였으며 250 mile

마다 tire 를 檢査하였고 1,000 mile마다 直線高速試驗에서와 같은 方法으로 치수를 測定하였다.

Statistical Road Test

McCreary Tire & Rubber Company에서 混合한 tread stock를 Goodrich-Gulf Rubber Products Laboratory에서 0.100 inch 두께로 薄狀化하여 必要한 tread 두께가 되도록 積

層하여 製作한 tread 를 wear 試驗用으로 Three-T-Fleet 에 提供했다. tire 는 7.25×14 의 新型 cure 로 加黃하였으며 tire 에 inflation 28 psi, 荷重 1,085 lbs, 平均速度 60 mph 로 wear 試驗하였고 tread 는 2,000 mile 과 4,000 mile 에서 測定하였다. 各 table 과 fig. 는 아래에 羅列한다.

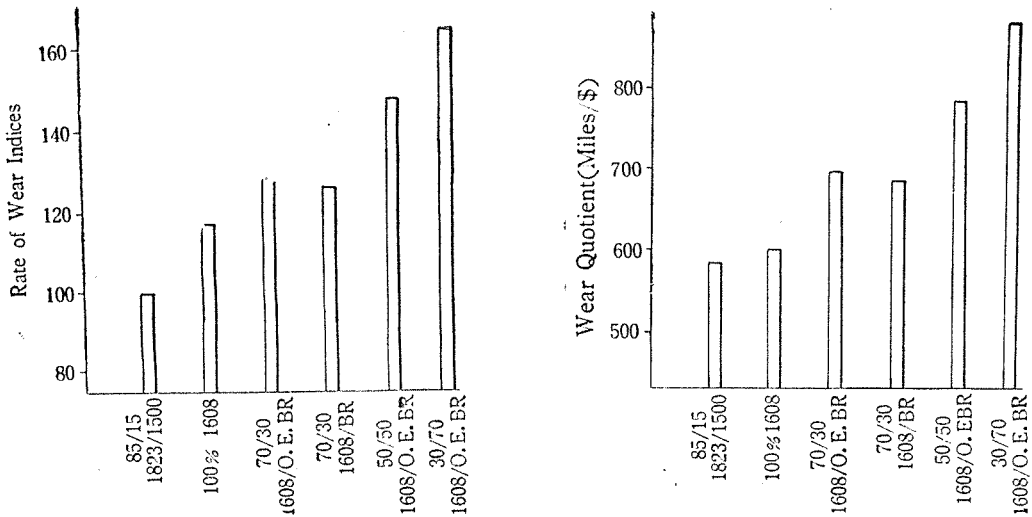


Fig.1 10,000 mile over-the-road phase.

Table I Summary of Test Results After the 10,000 mile Over-the-Road Phase

Polymer Combination	Miles Mil	ROW Index	Groove Cracking Inches	Sipe Tearing Chunk-Out	Wear Quotient
85/15 SBR 1823/SBR 1500	60.3	100	2.75	Moderate	584
100% SBR 1608	73.2	121	13.25	Moderate	612
70/30 SBR 1608/Oil-extended BR	76.8	127	2.5	Negligible	695
70/30 SBR 1608/Non-oil-extended BR	74.6	124	0.5	Negligible	683
50/50 SBR 1608/Oil-extended BR	88.3	146	1.0	Negligible	785
30/70 SBR 1608/Oil-extended BR	97.1	161	0.25	Negligible	869

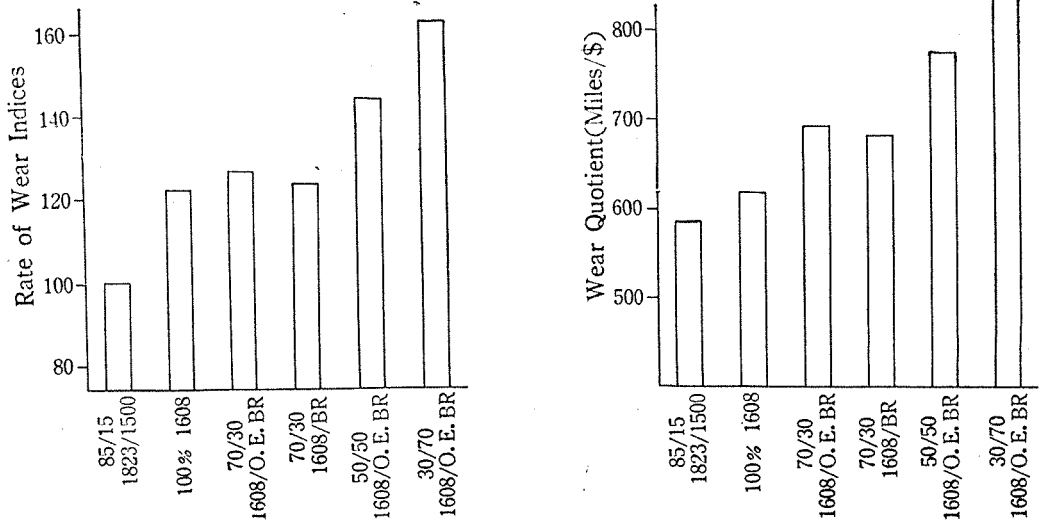
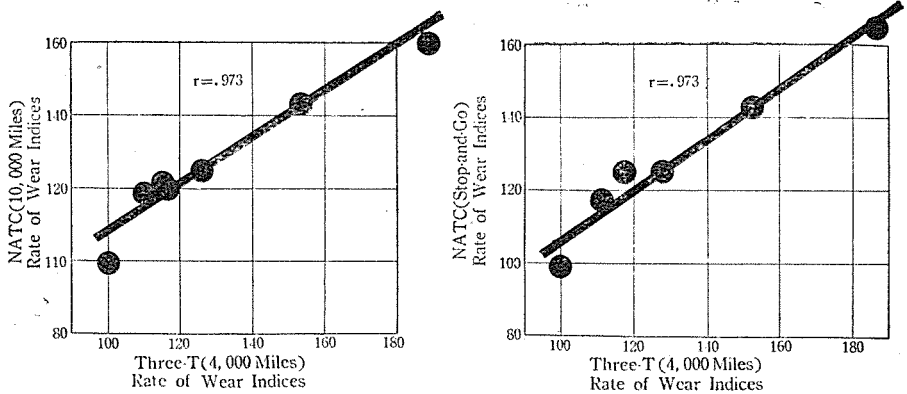


Fig. 2-City Driving Phase

Table II Summary of Test Results After Completion of City Driving Phase

Polymer Combination	Miles	Miles/Mil	ROW Index	Wear Quotient
85/15 SBR 1823/SBR 1500	2,750	18.0	100	584
100% SBR 1608	3,750	21.2	118	597
70/30 SBR 1608/Oil-extended BR	3,500	22.8	127	695
70/30 SBR 1608/Non-oil-extended BR	3,500	22.7	126	690
50/50 SBR 1608/Oil-extended BR	4,000	26.0	144	774
30/70 SBR 1608/Oil-extended BR	4,000	29.5	164	885

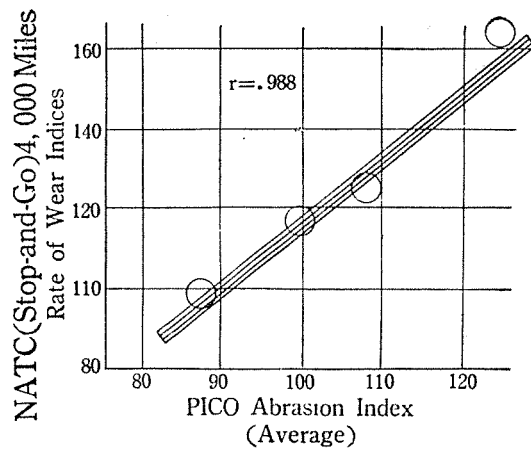
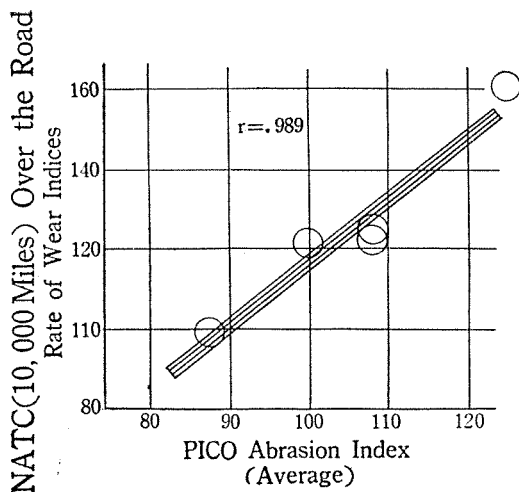


r=Correlation Coefficient

Fig. 3-Rate of Wear Indices

Table III Comparison of Over-the-Road vs. City Driving

Polymer Combination	Over-the-Road		City Driving	
	Miles/Mil	ROW Index	Miles/Mil	ROW Index
85/15 SBR 1823/SBR 1500	60.3	100	18.0	100
100% SBR 1608	73.2	121	21.2	118
70/30 SBR 1608/Oil-extended BR	76.8	127	22.8	127
70/30 SBR 1608/Non-oil-extended BR	74.6	124	22.7	126
50/50 SBR 1608/Oil-extended BR	88.3	146	26.8	144
80/70 SBR 1608/Oil-extended BR	97.1	161	29.5	164



$r$  = Correlation Coefficient  
 Fig. 4 Rate of Wear Indices.

Table IV Comparison of Three-T-Fleet Results vs. NATC Results

Polymer Combination	ROW Index		
	Three-T-Fleet 4,000 Miles	NATC City Driving	NATC Over-the-Road
85/15 SBR 1823/SBR 1500	100	100	100
100 SBR 1608	110	118	121
70/30 SBR 1680/Oil-extended BR	127	127	127
70/30 SBR 1608/Non-oil-extended BR	117	126	124
50/50 1608/SBR Oil-extended BR	152	144	146
30/70 SBR 1608 Oil-extended BR	188	164	161

Table V Recipes and Test Data

Tread Recipe Identification		A	B	C	D	G	J
Polymer Blend		1823/ 1500	1608	1608/ O. E. BR	1608/ Non. OE. BR	1608/ OE. BR	1608/ OE. BR
Blend Ratio, % R. H. C.		85/15	100	70/30	70/30	50/50	30/70
Ingredients, phr	Cost/lb						
SBR 1823 <sup>(1)</sup>	.1330	207.80	—	—	—	—	—
SBR 1500 <sup>(2)</sup>	.2300	15.20	—	—	—	—	—
SBR 1608 <sup>(3)</sup>	.1762	—	164.50	115.15	115.15	82.25	49.35
Oil-extended BR <sup>(4)</sup>	.1970	—	—	41.25	—	68.75	96.25
Non-oil-extended BR <sup>(5)</sup>	.1375	—	—	—	30.00	—	—
Zinc Oxide	.1500	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Stearic Acid	.1500	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Antioxidant <sup>(6)</sup>	.5700	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Antioxidant <sup>(7)</sup>	1.1500	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
ISAF Carbon Black	.0875	—	—	33.60	33.60	44.00	54.40
Processing Oil <sup>(8)</sup>	.0300	—	14.00	24.00	35.00	18.00	12.00
Primary Accelerator <sup>(9)</sup>	.7100	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Secondary Accel. <sup>(10)</sup>	1.0400	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sulfur	.0245	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Total		233.75	189.25	224.75	224.50	223.75	222.75
Specific Gravity Measured		1.145	1.127	1.142	1.134	1.135	1.129
Pound Cost, \$ <sup>(11)</sup>		.1494	.1754	.1596	.1584	.1640	.1641
Pound Volume Cost, \$		.1711	.1977	.1827	.1815	.1861	.1853
Total Carbon Black, phr		70.0	52.0	70.0	70.0	10.0	70.0
Total Oil, phr		43.75	26.5	44.0	43.75	43.0	42.0

## Compound Processing Properties

Compound Mooney, ML-4, 212°F	42.5	40.0	43.0	33.0	48.0	52.0
Mooney Scorch, ML, 280°F						
Minutes to 5 point rise	17.3	16.2	19.4	21.4	17.3	16.0
Minutes to 35 point rise	19.4	17.8	21.5	23.8	19.5	19.1
Cure Index	2.1	1.6	2.1	2.4	2.2	2.1
Garvey Die Rating (Die temp. 220°F)	14.5	14.5	15.5	15.0	14.0	13.0

## Vulcanizate Properties

	Min. Cured at 290°F						
Stress Strain							
Tensile Strength, psi	30	2985	3780	2805	2630	2630	2325
	45	3075	3780	2655	2715	2565	2370
Elongation, %	30	620	630	670	690	580	500
	45	610	600	590	630	530	500
300% Modulus, psi	30	1215	1170	885	810	1050	1085
	45	1245	1245	1020	970	1125	1125
Shore A2 Hardness.	45	57	59	58	58	59	58
Pico Abrasion Resistance Index (Average)	38	88	100	108	108	118	125
Goodrich Flexometer (.175" stroke, 55 lbs. load, 212°F)							
Delta T, °F	45	34	36	56	61	50	43
Permanent Set, %	45	7.7	8.3	13.4	14.0	10.6	8.1
Skid Resistance, British portable							
Glass, Dry	34	103	107	108	108	110	104
Wet	34	48	48	44	42	36	35

- (1) Ameripol 1823 Rubber-Goodrich-Gulf Chemicals, Inc.
- (2) Ameripol 1500 Rubber           "
- (3) Ameripol 1608 Rubber           "
- (4) Ameripol CB 441 Rubber       "
- (5) Ameripol CB 220 Rubber       "
- (6) AgeRiteResin D, R. T. Vanderbilt Co., Inc.
- (7) Santoflex 36, Monsanto Co. (Rubber Chemicals Dept.)
- (8) Sundex 4120, Sun Oil Co.
- (9) NOBS Special, American Cyanamid Co. (Rubber Chemicals Dept.)
- (10) Ledate, R. T. Vanderbilt Co, Inc.
- (11) 原價表는 配合品の 比較價이다. 定價表는 1965年 後半期에 많은 文獻에서 蒐集한 것이다.

〈中央工業研究所〉