

# KEVLAR DP-01에 關하여

美國듀폰트(株) 日本支社

製品監督 勅使河原 博(著)

元豐産業(株)타이어工場 開發課(譯)

## 〔I〕序言

工業用纖維分野에서 極히 最近에 紹介된 DUPONT社의 KEVLAR는 그 物性과 研究開發로 獨特한 位置에 있다.

全世界에서 注目을 받고있는 케블라는 現在 日本의 主要 타이어 메이커에서도 評價가 되고있다. 本誌에서는 케블라가 타이어用 補強纖維로써 使用될 경우에 있어서 가장 重要한 物性과 性能에 關하여 記述하기로 하고 또 케블라는 現在 타이어用 못지않게 他用途의 고무工業用 製品等에서도 널리 테스트 되고 있다.

또한 今年(73年) 7月 16日자로 듀폰트社는 FIBER-B의 登錄商標를 正式으로 케블라라고 命名했다. 케블라는 듀폰트社의 高強度物性を 가진 芳香族系高分子製品(工業用途) 그룹에 붙여진 登錄商標로써 現在 이들 製品類의 俗稱化學名을 FEDERAL TRADE COMMISSION(聯邦商業委員會)에 申請中이므로 正式化學名이 될때까지는 假稱(化學製品名)으로 DP-01이 붙여져 있다.

이 工業用纖維 케블라의 最初의製品은 FIBER-B로써 現在까지 고무工業用製品의 補強材, 특히 라디알 타이어의 벨트材로써 販賣되고 있으며 그 第二의 製品은 플라스틱補強纖維用으로써 設計된 케블라 49(舊稱 PRD-49)이다. 用途로써는 現在 主로 航空機, 宇宙關係製品의 複合材로써 美國및 歐洲 市場에서 널리 採用되고 있다. 將來는 레저用品, 스포츠用品, 電氣機材로써도 用途가 넓혀질 것으로 생각된다.

드 너 에	타	용	途
1000	950	타이어用	
1500	950	타이어用	
1500	956	工業用고무製品	

1000	960	케이블 및 코오드用
1500	960	COATED
15000	960	FABRIC 帆布等

## 〔II〕케블라의 特性

케블라의 가장 重要한 特性은 表-1에 記錄된 것과 같이 高強度, 高모듈러스인 有機纖維로써 良好한 熱的安定性과 高温에 있어서의 強度및 모듈러스의 保持性이 있다.

表-1 케블라의 特性

- 有機纖維  
密度; 1.44
- 高強度  
絲; 21 G/D  
코오드; 17~19 G/D
- 高모듈러스  
絲; 480 G/D  
코오드; 400 G/D
- 耐熱特性  
高温中에서 모듈러스 및 強度의 保持와 熱的安定性이 優秀하다
- 耐屈曲성이 良好
- 方法安定性(濕, 熱)
- 耐藥品性
- 纖維加工性に 優秀하다

熱 및 濕中의 치수安定性은 優秀하다. 耐藥品性은 좋으며 나이론과 거의 같다. 케블라는 또 纖維加工性に 優秀하고 現保有纖維加工設備機材로써 加工할 수 있으며 特別한 問題는 없다. 從來의 나이론이나, 폴리에스터 纖維加工技術이 그냥 應用된다.

〔Ⅲ〕 絲(YARN)의 物性

케블라絲의 物性明細는 他타이어 코오드絲와 比較해서 表-2에 나타내었다. 直線強度는 레이용의 約4倍로써 나이론, 폴리에스터의 2倍이다. 모듈러스는 나이론의 10倍以上, 레이용이나 폴리에스터의 約4倍이다. 따라서 케블라는 他 타이어코오드絲에 比하여 引掛強度가 優秀하다. 圖-1과 表-2에 記述된 物性커브가 描寫되어 있다.

表-2 絲의 物性

	케블라	T-68 Dacron*	T-714N	레이용
直線強度(G/D)	22	9.2	9.2	5.4
破斷時伸度(%)	4	15	18	11
모듈러스(G/D)	480	115	45	125
引掛強度(G/D)	12	6.3	6.8	3.9
Loop破斷時伸度(%)	2	9	12	7

(注) \*뉴폰트社 登錄商標

(圖-1) YARN STRESS-STRAIN CURVES

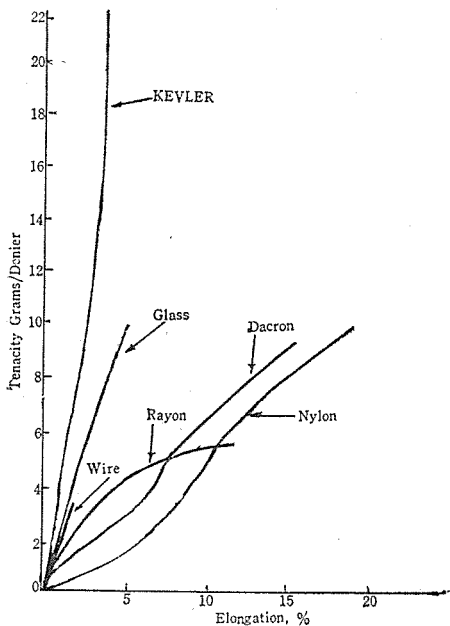
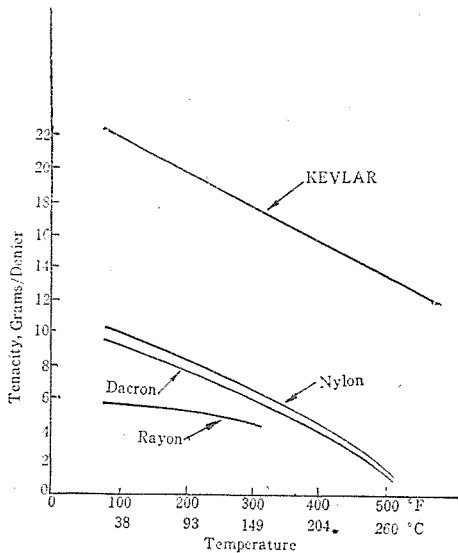


圖-2 및 圖-3에 나타난 것과같이 從來의 타이어코오드 纖維에서는 400°F(204°C)~500°F(260°C)의 溫度中에서 顯著한 物性低下가 나타났으나 케블라는 有效한 強度및 모듈러스를 保持하고있다.

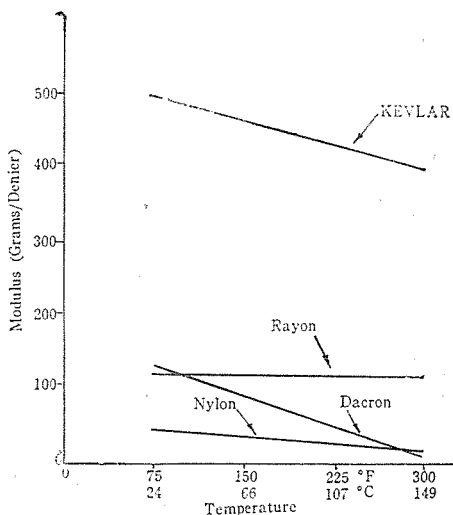
〔Ⅳ〕 靛핑 코오드의 物性

優秀한 絲物性은 浸漬코오드에서도 卓越하다(表-3

(圖-2) EFFECT OF TEMPERATURE ON TENACITY



(圖-3) EFFECT OF TEMPERATURE ON MODULUS



벨트코오드, 表-4 카아카스코오드 参照). 上記資料를 토대로 타이어 設計者는 케블라의 物性を 充分히 維持시켜 理想的인 코오드 및 타이어를 設計할 수 있을 것이다.

〔Ⅴ〕 케블라의 타이어 性能

1) 屈曲性能

別記레이터(参照-1)에서 考察하면 케블라 타이어가 카아카스에 使用될경우 疲勞性에는 問題없을 것으로 思料된다.

表-3 浸漬코오드의 物性比較(벨트 코오드)

試驗項目	品別	케블라	스틸	글라스	레이용
드니에		4,500	17,500 (0.025)	3,650	3,650
絲 構造		1500/3	1×5× 0.0098	75/5/0	1650/2
Twisting No.		6.5	—	—	9.5
破斷強度(LB)		180	139	79	31.5
直線強度(G/D)		18	3.6	9.8	3.9
破斷伸度(%)		4	2.1	4.8	15
모듈러스(G/D)		350	230	260	50
引掛強度(G/D)		8	2.0	3.6	1.8
結節強度(G/D)		8.3	2.4	1.5	2.0
initial Growth*(%)		0.47	0.16	0.51	3.5
Creep(%) (30分후의 신장 증가율)		0.02	0.01	0.03	1.4
收縮(160°F. %)		0	0	0	0
接着力(LB)2플라이 1'' 幅140°C		40	35	33	40

\* 1 GPD, 30 Secs., 24°C

表-4 浸漬코오드의 物性(카아카스 코오드)

試驗項目	品別	케블라	레이용	Dacron*	나이롱
드니에		3,150	3,650	2,150	2,600
Twisting No.		8.0	9.5	6.6	6.6
破斷強度(LB)		110	31.5	34	50.5
直線強度(G/D)		16	3.9	7.2	8.7
破斷時伸度(%)		5	15	15	21
모듈러스(G/D)		300	50	65	32
引掛強度(//)		6.5	1.8	3.2	4.5
initial Growth(%)		0.5	3.5	1.8	4.4
Creep(%)		0	1.4	0.3	0.4
收縮(160°C%)**		0.2	0	6.0	6.8
接着強度(LB)		35	35	35	35

(注) \* 듀폰트社의 登錄商標 \*\* 表-3에 準함.

2) 라디알 타이어의 트렛드 壽命

케블라의 라디알타이어의 트렛드 壽命은 거의 스틸 벨트 타이어나 同等한 程度라고 생각된다. 最近에는 圖-4에 나타난 數値보다 좋은 結果로 되어있다. 이것은 타이어나 設計의 改良에 依한 것으로 今後 進歩가 期待되고 있다.

3) 타이어나 테스트의 結果

(듀폰트社內 테스트)

乘用車用 라디알타이어의 바이어스벨트 타이어나 테스트를 듀폰트社에서 實施하여 그 概要를(參照-2)에 나타냈다.

4) 市場테스트

듀폰트社內 테스트 다음으로 重要한것은 實際 市場

에서의 테스트 結果로서 別記(參照-3)으로 概要를 나타낸다.

(參照-1) 케블라의 屈曲性能

4플라이바이어스 타이어나

- 코오드 撚絲數(720/2) ..... 8.0
  - 浸漬코오드破斷強度(LB) ..... 51.2
  - 浸漬코오드破斷強度(타이어에서 剝離後  
(LB) ..... 50.8
  - 코오드強度로쓰率(%) (屈曲테스트中)\* ..... 9
  - 他纖維코오드強度로쓰率(屈曲테스트中)  
나이롱의 경우 ..... 1-10
  - T-68 DACRON의 경우 ..... 10-20
- (注) \* 動的變形 21%, 荷重 18PSI를 加한 走行타이어(3,000마일 테스트 DRUM 走行)테스트.

(參照-2) 社內테스트 結果

- 케블라의 벨트코오드 普通乘用車용라디알 타이어나 벨트 纖維使用重量比; 1:5(케블라/스틸).
- 케블라 性能
  - 스틸의 90%-100% 트렛드壽命
  - 세파레이손 抵抗은 스틸보다 크다.
  - 耐衝擊性이 높다.
  - 乘車感(振動, Hush-Ness)는 스틸보다 若干 良好.
  - 타이어나 加工(칼렌더어나, 플라이컷트, 빌딩)이 보다 容易하다.
- 普通乘用車용 바이어스 벨트타이어 纖維使用重量比; 1:5(케블라/스틸)  
1:4(케블라/글라스파이버)
- 케블라 性能
  - 트렛드 壽命은 글라스 및 스틸과 거의 同一한 程度
  - 세파레이손 抵抗은 좋다
  - 險路上에서도 코오드 剝傷은 없다(글라스는 問題가 있다)
  - 乘車感이 若干 스무우드

(參照-3) 市場의 테스트

라디알 타이어나 使用纖維比; 1:5

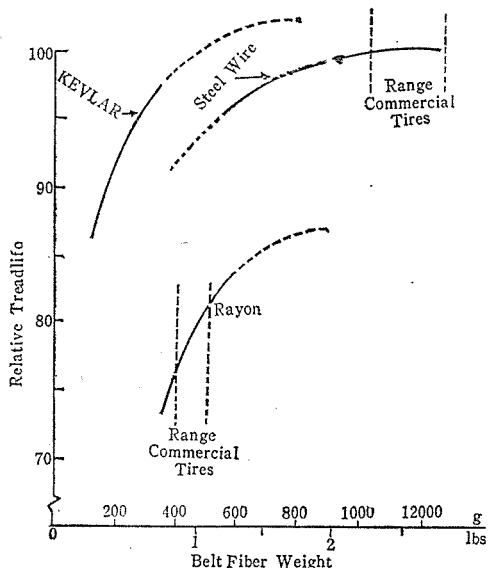
	폴리에스터/ 스틸	폴리에스터/ 케블라	케블라/ 케블라
트렛드壽命(相對)	100	80-105	90-110
耐久度(벨트 EDGE의 세파레이손)			
高速테스트	100	110	—
險路테스트(哩)	3,400	8,000	—

乘車感; 스틸보다 若干 스무우드

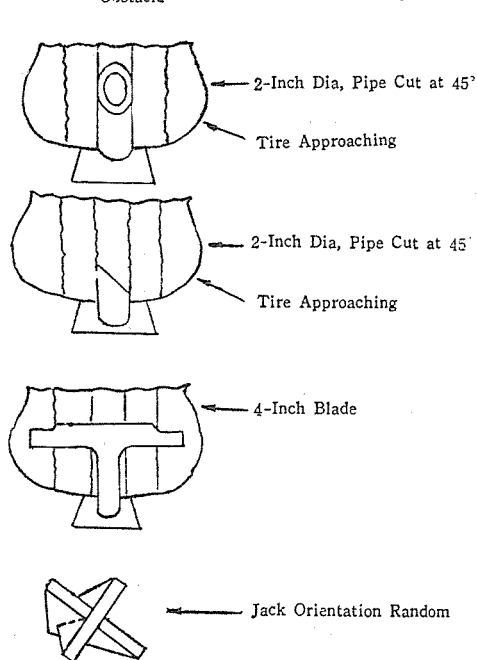
라이어스 벨트 타이어 使用纖維比; 2:5  
 트래트壽命; 글라스보다 크고 스틸의 90-100%  
 벨트절傷; 케블라는 發生하지 않는다(글라스는 發生)  
 道路 테스트 및 DRUM 테스트; 글라스와 거의 同一한 程度  
 乘車感; 글라스 스틸과 거의 同一한 程度

[VI] 耐久力 및 冒險 테스트에서의 케블라 性能

(圖-4) RADIAL TIRE TREADLIFE



(參照 -4) OBSTACLES USED IN CUT TESTS



1) 切斷 테스트

듀폰트社 社内 테스트의 하나로써 嚴格한 條件에서 耐久力 및 障害物 테스트가 實施되어 그 테스트 및 結果 資料를(參照-5) 및 (參照-6)에 나타냈다. 亦是 이 試驗에서 타이어에 使用한 障害物의 種類와 排列의 詳細를(參照-4)에 실어 놓았다.

2) 耐衝擊性

테스트데이터(參照-7)을 根據로하여 케블라가 벨트 (參照-5) 切斷 테스트 使用타이어: FR 78-14 라디알타이어, 폴리에스터 카아카스

障害物	條件	벨트種類	切斷의 發生時點
○ 切斷과이프 進行方向에 直角	20MPH (젓은 타이어)	케블라 스틸	2.25인치 4.5 "
○ 切斷과이프 進行方向에 平行	20MPH (젓은 타이어)	케블라 스틸	1.5 " 1.75 "
○ Blade 4인치 幅	60MPH (젓은 타이어)	케블라 스틸	4.5~5 ' 4.5~5 "
○ 1.75인치 Jack	50回通過 (1回通過의 積數18個)	케블라 스틸	走行可能(코오드 31) " ( " 9)
○ 2.25인치 積	25回通過 (1회 통과 積數 18個)	케블라 스틸	走行可能(코오드 35) " ( " 49)

(參照-6) 切斷後의 壽命保持能力 테스트

타이어: FR78-14 라디알 타이어  
 폴리에스터 카아카스 使用  
 切斷테스트 條件: Blade 幅 4인치  
 스피드 60MPH 準備한 젓은 타이어 Blade 傾角 60°  
 結果 切斷後의 性能 테스트

타이어	切斷깊이	D.O.T.* 高速度	D.O.T. 耐久性
스틸	벨트까지 (0.5인치)	不合格 (트래트 Chunk 發生)	不合格 (트래트 Chunk 發生)
케블라	벨트까지 (0.5인치)	合格	合格 117% (128%에서 失敗)
스틸	홈까지 (0.36인치)	不合格	不合格
케블라	홈까지 (0.36인치)	合格	合格 117% (158%에서 失敗)

(注) \*美國運輸省 規格

타이어에 4.7(스틸):1(케블라)의 代替比率로서 使用 하여도 耐衝擊性能은 스틸 타이어보다 優秀하다고 생각된다.

3) 損傷의 回復性과 補修性

(參照-8)의 데이터에서 判斷하면 케블라 타이어는

(參照-7) 耐衝擊性 테스트

테스트條件 : 스피드..... 60MPH  
 플런저徑..... 3/4인치  
 // 앵글..... 60°  
 膨脹..... 24PSI폴드 (30~32 PSI 핫트)  
 溫度..... 135°F~150°F  
 積載量..... T.R.A. 積載量基準  
 테스트位置(앵글)... 앞 및 뒷 部分

타이어構造 카아카스/ 벨트	코오드破斷強度 (LB)	重量換算比 스틸LB/케 블라	不合格時의 플런저 높이 /인치
폴리에스터/스틸	34/134	—	4.4
폴리에스터/케블라	34/121	4.7	> 5.3
케블라/케블라	121/121	6.4	5.1

코오드構造  
 스틸..... 5×0.0098  
 케블라..... 1,500/2  
 폴리에스터..... 1,000/2

(參照-8) 損傷의 回復性과 補修性(使用타이어 ;  
 F78-14라디알 2플라이 폴리에스터 카아카스)

損傷狀況	損傷 받은 후의 테스트		
벨트* 플런저 높이	타이어當 받은상처	D.O.T 高速度	D.O.T 耐久性能
스틸 4½"	1 (使用不能)	補修失敗	補修失敗
케블라 5½"	1 (//)	"	"
스틸 4"	4	테스트成 功	117% 파쓰/ 168% 不能
케블라 5"	4	"	117% 파쓰/ 168% 不能

\* 重量比 : 케블라/스틸 (1 : 4.7)

5" 높이의 플런저에서 4箇所의 損傷을 받지 않으면 안되는 D.O.T.規格을 파쓰했다. 한편 스틸타이어는 4½" 높이의 플런저 테스트에 파쓰되지 않았다. 따라서 케블라 타이어도 스틸타이어도 플런저어 높이를 各各 失敗하는 높이에서 ½"程度 낮게하면 充分히 D.O.T. 테스트 規格에 合格한다.

4) 돌자갈 코오스에서의 벨트性能

케블라 벨트타이어의 性能을 確認하기 爲하여 荷重 테스트는 돌자갈 코오스에서 實施했다. 그 結果(參照-9)에서 보는바와 같이 우리들이 추천한 使用比率(스틸과 FIBER-B의 代替重量比)에서 險路耐久力은 스틸보다 優秀한것이 實證되었다.

(參照-9) 돌자갈(Cobble-Stone)코오스에서의 벨트 性能

테스트條件 ; FR78-14 라디알타이어  
 케블라/스틸使用比率(1 : 4.7)  
 速度 15~30 M.P.H.  
 400LAP/日 (LAP當 100呎)

結果 ; 3,200~5,200 LAP에서 스틸타이어는 세파레 이손 發生, 테스트續行不能

○ 케블라 타이어 5,600 LAP까지 到達(테스트 中止)

(參照-10) 코오너링 消耗度試驗

테스트條件 ; TRACK直徑 75呎의 圓周  
 速度 15 M.P.H.

테스트對象—앞 타이어外側

結果 :  
 타이어種類 LAP回數와 솔더어 FABRIC 까지의 消耗

폴리에스터/스틸	150-扇形消耗發生
폴리에스터/케블라	600-平滑面保持
폴리에스터/레이용	300- "
레이용/스틸(市販製品)	50-扇形消耗發生

5) 苛酷한 코오너링에 依한 消耗程度

타이어테스트에 있어서 코오너링 性能은 하나의 要點이다. 一般的으로 合纖벨트는 스틸 벨트보다 扇形消耗도 적고 耐久性이 優秀하다. 이것은 別記(參照-10) 테스트에서도 充分히 實證되었다.

6) 振動傳達方法

各種 타이어코오드材를 짜맞추어서 振動의 傳達程度를 테스트한 結果 下記(參照-11)와 같이 케블라 코오드를 벨트로 使用한 경우가 스틸코오드를 벨트로 또는 케블라 코오드를 카아카스로 使用한때 보다 속크의 吸收性이 良好한 것을 알았다.

(參照-11) 타이어코오드材를 짜 맞추어서 振動의 傳達程度를 테스트

試驗條件 : FR78-14라디알 타이어使用

휠DRUM테스트(타이어上에 갈고리 2箇,  
 66" 徑 鐵製테스트 휠使用)  
 車體는 크라이슬러(리브軸의) 스피드 30~  
 70M.P.H.

結果 ;

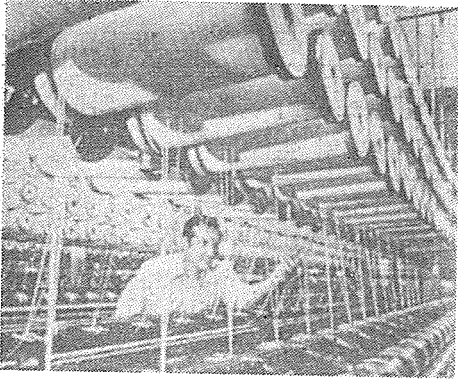
타이어코오드材 (카아카스/벨트)	30마일때의 加速度
폴리에스터/스틸	1.84
케블라/스틸	1.6
폴리에스터/케블라	1.5
케블라/케블라	1.5

[VII] 結 言

타이어메이커에 依한 市場 테스트 및 듀폰트社의 社內테스트를 根據로 케블라 타이어 코오드 纖維의 概略을 記述하면.....

1) 타이어用 補強纖維로써 尺寸安定性이 優秀, 強度, 모듈러스 屈曲抵抗性을 함께 갖춘 대단히 유니크한 性

< 34 P로 계속 >



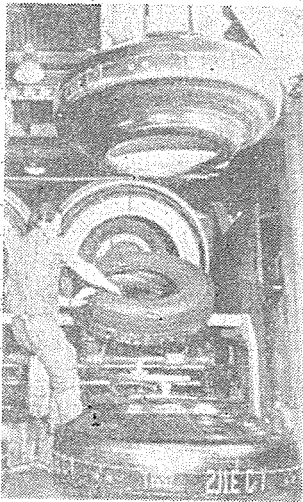
去年的 農機用 타이어, 오토바이用 타이어의 需要增大

美國에서는 요즘 數年來 強馬力の 新型農耕機의 開發에 따라 農機購入 量이 繼續되고 있었으나 今年은 이들 農機裝着 타이어(과암타이어)의 交換의 時期이기도하므로 補修用 과암 타이어의 需要가 相當히 伸長할 것으로 보여지고 있다. GY社에 依하면 1本の 小賣價格이 1,000弗 以上이나 하는 大型과암타이어를 包含하여 去年的 全美 과암타이어의 賣上은 거의 3億弗에 達했다고 한다. 또 去年的 美國에 있어서의 오토바이用타이어의 販賣總數는 220萬本에 達했다고 同社에서는 보고있다.

(77.5 日本 月刊 타이어誌)

T.B. 타이어의 生産은 38%의 伸長

産業界의 活潑한 “움직임”을 反映해서 美國의 트럭用



타이어의 需要는 大幅의 伸長이 豫想되고 있다. 美國 最大의 라디알타이어의 메이커인 GY社에 依하면 今年의 同國의 트럭타이어의 生産量은 1976年을 38%나 上廻하는 4,000萬本에 達할 展望. (寫眞은 美國버저지니아州 단빌에 있는 GY 工場으로서 트럭用 라디알타이어가 프레스 機로 加硫加工되고 있는 곳)



<8p.에서 계속>

質을 가진 素材이다.

- 2) 타이어 耐久性 및 유니폼어터를 助長한다.
  - 3) 타이어當의 使用重量이 스틸에 비해 보다 낮다(標準乘用車當의 使用重量이 1kg以下)
  - 4) 트래트壽命(消耗耐久性)은 스틸 타이어 및 글라스펠트 타이어와 거의 같은 程度이다.
  - 5) 重車輛 타이어의 카아카스用纖維로써도 有望하다.
  - 6) 從來의 加工技術로써 타이어 生産이 容易하다(補充加工設備을 必要로 하지 않는다).
- 現在 美國, 歐洲 및 日本의 主要 타이어메이커는

케블라 纖維에 注目하여 乘用車, 트럭/버스用, 特殊産業用車輛, 航空機用타이어 코오드로써 開發計劃을 세우고 있다. 이들 開發計劃 및 商業베이스用 타이어에 使用되는 量의 確保를 爲해 듀폰트社는 現在 早急히 增産設備을 計劃中에 있다.

本資料만이 아니고 今後 더욱더 많은 製品의 情報, 經驗이 集積되어 케블라가 타이어코오드 뿐만아니라 그외의 用途에도 널리 利用될것을 바라마지 않는 바이다.

(1973. 8 日本 化纖月報)