

# 直交表에 의한 多特性値의 實驗計劃 考察

趙 載 崐

한양대학교 대학원 공업경영학과

(1975. 10 受理)

## 1. 研究의 必要性 및 目的

製品品質의 特性에 따른 多特性値의 分析은 實驗의 再現性과 普遍性만 保證될 수 있다면 그에 따른 效果가 크다.

本研究에서는 工場實驗에서 製造要因을 바꾸어 目標로 하고 있는 結果에 어떻게 영향을 미치고 있는가를 發見하기 위해 EPR(Ethylene Propylene Rubber)의 試驗生産 結果에 따른 「데이터」를 綜合分析했다. 分散分析의 綜合的인 方法의 하나로 直交表에 의해 多特性値를 應用分析함은 앞으로 高度의 技術과 優秀한 品質의 維持를 위해서 반드시 活用할 價値가 있다고 생각된다.

따라서 本研究의 目的은 直交表를 利用한 實驗에서 單一特性値로서 特性値에 미치는 영향을 要因과 水準의 變動에 의해 檢定하였으나 多特性値를 擇하였을때 結果에 대한 綜合的인 分析方法과 보다 合理的인 檢定 및 推定方法을 만들어 比較分析하여 綜合的인 結論을 얻는데 있다.

## 2. EPR의 製法

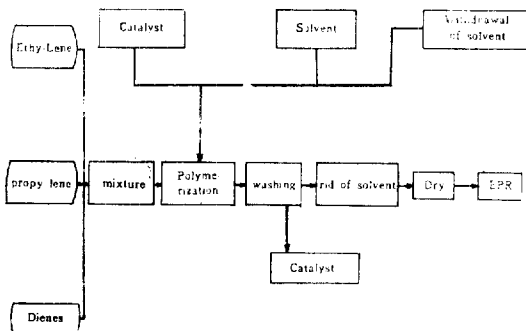


Fig. 1. Operation process of EPR.

## 3. Dicne類의 混合比에 대한 特性要因圖

(Fig.2 참조)

## 4. 試驗片

試驗片<sup>(9)</sup>은 KSM 6581, 고무의 物理 試驗方法에 따라 아령형 제2호형을 擇하여 實驗하기로 했다.

試驗片 規格은 다음 Fig. 3과 같다.

단위 : mm

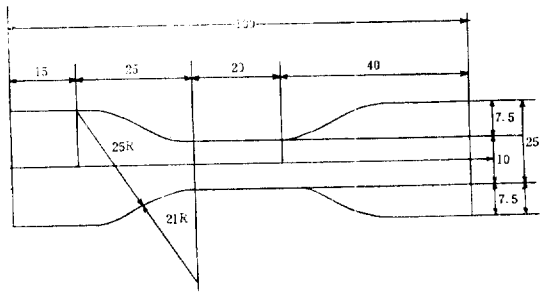


Fig. 3. Specification of test piece No. 2.

## 5. 因子와 水準(Factors and Levels) <sup>(11)</sup>

8개의 因子에 各因子는 2水準으로 取했다.

A : 抗氧化劑의 量(Quantity of anti-oxidant)

A<sub>1</sub> : 2phr(Parts per hundred parts resin)

A<sub>2</sub> : 3phr

B : 可硫劑의 量(Quantity of vulcanizing agent)

B<sub>1</sub> : 2phr

B<sub>2</sub> : 4phr

C : 파라핀의 量(Quantity of paraffin)

C<sub>1</sub> : 5phr

C<sub>2</sub> : 7phr

D : 可硫時間(Vulcanizing time)

D<sub>1</sub> : 20분

D<sub>2</sub> : 30분

E : 促進劑의 量(Quantity of Accelerator)

E<sub>1</sub> : 0.1phr

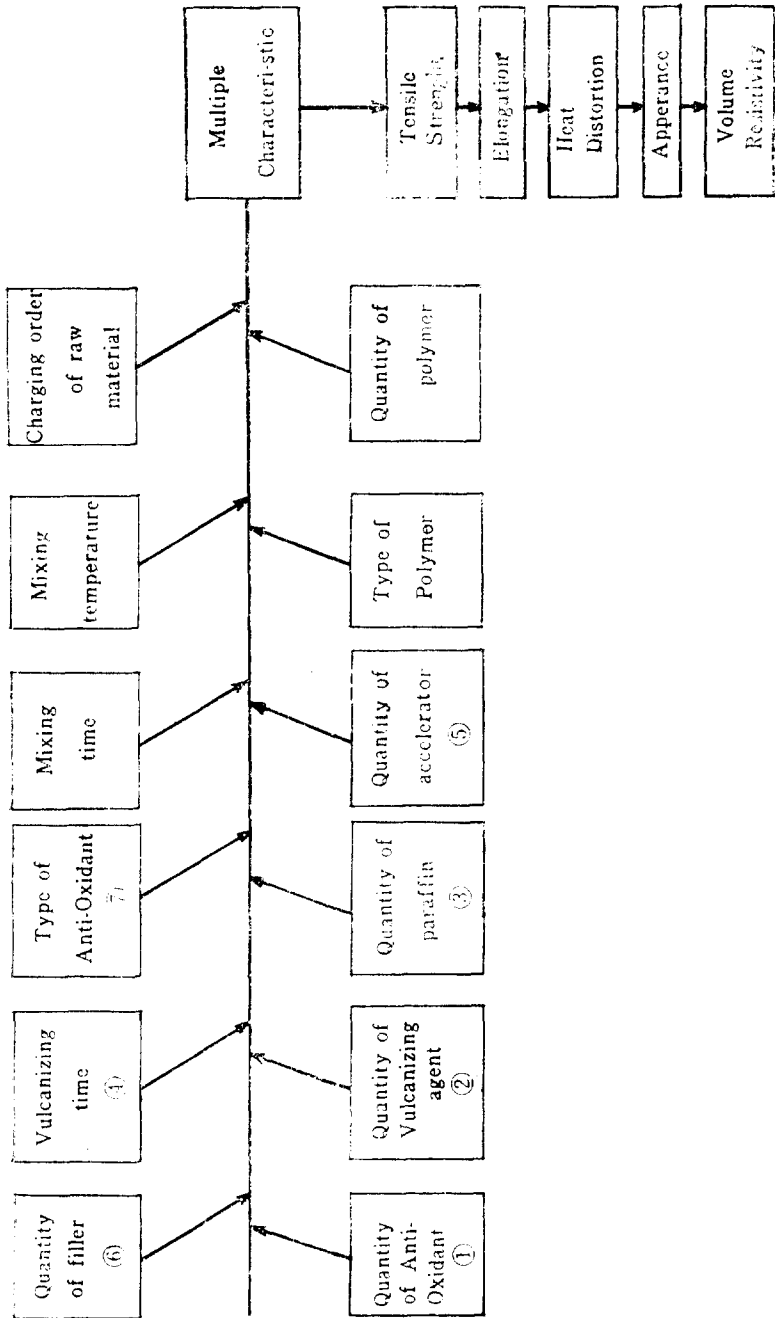


Fig. 2. Characteristics diagram.

- $E_2$  : 0.2phr
- F : 充填劑의 量(Quantity of filler)
- $F_1$  : 30phr
- $F_2$  : 50phr
- G : 抗酸化劑의 種類(Type of anti-oxidant)
- $G_1$  : Phenol Series
- $G_2$  : Amine Series

- 이밖에 다른 因子들은 固定시키기로 했다.
- ① 폴리머(Polymer)의 種類(Type of polymer)
  - ③ Polymer의 量(Quantity of polymer)

6. 試驗의 設計<sup>(12,1)</sup>

이 製品의 製品品質의 多特性値는 各 實驗에서 測定할 수 있는 重要한 特性이 5種類이다.

- ① 引張強度(Tensile Strength)
- ② 伸率(Elongation)
- ③ 熱變形(Heat distortion)
- ④ 外觀(Appearance)
- ⑤ 抵抗力(Volume resistivity)

이 중에서 電氣的으로 測定할 수 있는 것은 抵抗力이다. 또한 이 實驗에서는 制御因子(Control factors)

사이에 交互作用은 없는 것으로 했다.

그래서 直接生産工程인 ① 引張強度와 ② 伸率에만 交互作用이 있는 것으로 했다.

因子의 酸化處理는 標示因子(indicative factor)로써  $H_1, H_2$ 로 表示했고  $H_1$ 은 酸化前,  $H_2$ 는 酸化後로 區分하였다.

直交配列表는  $L_8(2^7)$ 을 使用하여 7個의 因子는 直交配列表안에 配置하고, H는 直交配列表 밖에 配置하였다.

酸化後 引張強度와 伸率測定은 1組로 하였고, 120°C에서 168時間을 維持하였다.

引張強度와 伸率의 測定에서 6個의 試驗片(Test pieces)은 酸化前에 3個, 酸化後 3個로 測定하였고, 熱變形 2個, 抵抗力 1個로 測定하였다.

實驗配置後 實驗을 行한 實驗結果가 Table 1에 나타나 있다. 이 「데이터」에 의해 結果에 대한 分析을 하기로 한다.

7. 分散分析

直交表에서  $L_8(2^7)$ 에 의한 多特性의 實驗配置 및 實驗結果는 Table 1과 같다.

Table 1. Layout and Results.

No.	Factors							Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )		Elongation (%)				Heat distortion (%)		Appearance			Volume resistivity ( $\times 10^{14}$ ohm-cm)
	A	B	C	F	D	G	E	Before oxidation	After oxidation	Before oxidation	After oxidation	Before oxidation	After oxidation			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	2.0 2.0 2.0	2.4 2.1 2.1	430 430 450	430 400 400	22.1 6.4	1 2 0	24.0					
2	1	1	1	2	2	2	2	1.9 2.1 1.6	1.9 2.2 2.4	500 600 450	430 400 430	6.8 6.3	2 1 0	7.5					
3	1	2	2	1	1	2	2	1.6 2.0 1.7	1.3 1.9 1.8	400 500 430	280 380 350	13.7 7.5	0 0 3	23.3					
4	1	2	2	2	2	1	1	1.9 2.1 1.8	2.1 2.1 2.3	550 600 550	550 550 550	12.7 11.7	0 0 3	13.3					
5	2	1	2	1	2	1	2	1.9 2.2 2.1	2.1 2.3 1.9	500 580 530	450 450 400	6.7 18.2	0 2 1	27.0					
6	2	1	2	2	1	2	1	1.9 1.8 1.7	2.0 1.9 2.1	550 450 430	480 400 450	9.3 6.2	2 1 0	15.0					
7	2	2	1	1	2	2	1	2.1 2.1 1.9	2.0 2.3 2.1	550 550 500	500 530 530	16.6 9.1	0 2 1	27.1					
8	2	2	1	2	1	1	2	1.9 2.1 1.9	1.6 1.5 1.3	500 450 500	350 330 400	5.9 6.1	0 0 3	25.6					

Table 2. Analysis of Variance (Tensile strength)

Source	Degree of freedom	Sum of Square	Mean of Square	F	S'	$\rho(\%)$
A	1	0.75△	0.75			
B	1	21.33	21.33	9.33**	18.40	6.5
C	1	2.08△	2.08			
D	1	48.00	48.00	16.38**	45.07	15.9
E	1	27.00	27.00	9.22**	24.07	8.5
F	1	6.75	6.75	3.52	3.82	1.3
G	1	4.08△	4.08			
e <sub>1</sub>	0	0.00	0.00			
T <sub>1</sub>	7	110.00				
H	1	4.08△	4.08			
A×H	1	12.00	12.00	4.10*	9.07	3.2
B×H	1	18.75	18.75	6.40*	15.82	5.6
C×H	1	1.33△	1.33			
D×H	1	14.08	14.08	4.80*	11.15	3.9
E×H	1	18.75	18.75	6.40*	15.82	5.6
F×H	1	0.00△	0.00			
G×H	1	5.33	5.33	1.82	2.4	0.8
e <sub>2</sub>	0	0.00	0.00			
T <sub>2</sub>	15	184.33				
e <sub>3</sub>	32	99.34	3.10			
T <sub>3</sub>	47	283.67			283.67	100
e'	38	111.66	2.93		138.05	48.7

Table 4. Analysis of Variance (Heat Distortion)

Source	df	ss	ms	F	S'	$\rho(\%)$
A	1	517.56△	517.56			
B	1	10.56△	10.56			
C	1	280.56△	280.56			
D	1	742.56△	742.56			
E	1	3,277.56△	3,277.56			
F	1	7,788.06	7,788.06	3.60	5,622.16	14.75
G	1	1,278.06△	1,278.06			
e <sub>1</sub>	0	0.00				
T <sub>1</sub>	7	13,894.94				
e <sub>2</sub>	8	24,216.50	3,027.1			
T <sub>2</sub>	15	38,111.44			38,111.44	100
e'	14	30,323.36	2,165.9		32,489.28	85.25

Table 3. Analysis of Variance (Elongation)

Source	df	ss	ms	F	S'	$\rho(\%)$
A	1	21.33△	21.33			
B	1	27.00△	27.00			
C	1	21.33△	21.33			
D	1	884.08	884.08	64.39**	870.35	34.18
E	1	310.08	310.08	22.58**	296.35	11.64
F	1	52.08	52.08	3.79	38.35	1.50
G	1	14.08△	14.08			
e <sub>1</sub>	0	0.00	0.00			
T <sub>1</sub>	7	1330.00				
H	1	507.00	507.00	36.93**	493.27	19.37
A×H	1	1.33△	1.33			
B×H	1	0.00△	0.00			
C×H	1	0.00△	0.00			
D×H	1	6.75△	6.75			
E×H	1	216.75	216.75	15.79**	203.02	7.97
F×H	1	0.75△	0.75			
G×H	1	0.75△	0.75			
e <sub>2</sub>	0	0.00	0.00			
T <sub>2</sub>	15	2,063.14				
e <sub>3</sub>	32	483.33	15.10			
T <sub>3</sub>	47	2,546.67			2,546.67	100
e'	42	576.65	13.73		645.33	25.34

Table 5. Analysis of Variance (Appearance)

Source	df	ss	ms	F	S'	$\rho(\%)$
A	2	0.42△	0.21			
B	2	19.91	9.96	18.11**	18.81	39.19
C	2	1.76△	0.88			
D	2	0.42△	0.21			
E	2	1.76△	0.88			
F	2	2.44	1.22	2.22	1.34	2.79
G	2	3.78	1.89	3.43*	2.68	5.58
e <sub>1</sub>	0	0.00	0.00			
e <sub>2</sub>	32	17.51	0.55			
T	46	48.00			48	100
e'	40	21.87	0.55		25.17	52.44

Table 6. Analysis of Variance (Volume Resistivity)

Source	df	ss	ms	F	S'	$\rho$ (%)
A	1	88.44	88.44	29.87*	85.48	22.33
B	1	31.21	31.21		28.25	7.38
C	1	3.92 $\Delta$				
D	1	21.12	21.12		18.16	4.74
E	1	2.00 $\Delta$				
F	1	200.00	200.00	67.56*	197.04	51.47
G	1	36.12	36.12		33.16	8.66
T	7	382.81			382.81	100
e'	2	5.92	2.96		20.72	5.42

Table 7. Summary (○ 5% Significant level)  
(⊕ 1% Significant level)

Factor	Level	Tensile Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Heat distortion (%)	Appearance	Vol resist × 10 <sup>14</sup> Ωcm
A: Quant of antioxidant	2 Phr A <sub>1</sub> H <sub>1</sub>	1.90				17.0
	A <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	○2.05				
	3 Phr A <sub>2</sub> H <sub>1</sub>	1.97				
A <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1.93				○23.7	
B: Quant of vulcanizing agent	2 Phr B <sub>1</sub> H <sub>1</sub>	1.93				
	B <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	○2.12			⊕	
	4 Phr B <sub>2</sub> H <sub>1</sub>	1.93				
B <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1.86					
C: Quant of paraffin	5 Phr C <sub>1</sub>					
	7 Phr C <sub>2</sub>					
D: Vulcanizing time	20 min. D <sub>1</sub> H <sub>1</sub>	1.88				
	D <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	1.83	424			
	30 min. D <sub>2</sub> H <sub>1</sub>	1.98				
	D <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	○2.14	⊕509			
E: Quant of accelerator	0.1 Phr E <sub>1</sub> H <sub>1</sub>	1.94	⊕503			
	E <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	2.13	481			
	0.2 Phr E <sub>2</sub> H <sub>1</sub>	1.92	495			
	E <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1.85	388			
F: Quant of filler	30 Phr F <sub>1</sub>			12.54		○25.4
	50 Phr F <sub>2</sub>			⊕8.13		15.4
G: Type of antioxidant	Phenol G <sub>1</sub>					
	Amine G <sub>2</sub>					○
H: Oxidation	Before H <sub>1</sub>		⊕499			
	After H <sub>2</sub>		434			

8. 結果의 要約

分散分析後 有意的인 因子와 水準을 Table 7에 要約했다. 品質과 原價面에서 概觀하여 보건대 가장 좋은 最適配合比는 A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, E<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>으로 생각된다.

이 配合比下에서 各 特性値의 平均은 다음과 같이 推定되었다.

1) 引張強度(Tensile Strength)

$$\begin{aligned} \hat{\mu} &= \bar{T} + (\bar{A}_1 - \bar{T}) + (\bar{B}_1 - \bar{T}) + (\bar{D}_2 - \bar{T}) + (\bar{E}_1 - \bar{T}) \\ &= \bar{A}_1 + \bar{B}_1 + \bar{D}_2 + \bar{E}_1 - 3\bar{T} \\ &= 1.97 + 2.03 + 2.06 + 2.03 - 3 \times 1.96 = 2.21 \end{aligned}$$

2) 伸 率(Elongation)

$$\begin{aligned} \hat{\mu} &= \bar{T} + (\bar{D}_2 - \bar{T}) + (\bar{E}_1 - \bar{T}) = \bar{D}_2 + \bar{E}_1 - \bar{T} \\ &= 509 + 492 - 467 = 534 \end{aligned}$$

3) 熱變形(Heat distortion)

$$\hat{\mu} = F_2 = 8.13$$

4) 抵抗力(Volume resistivity)

$$\begin{aligned} \hat{\mu} &= \bar{T} + (\bar{A}_2 - \bar{T}) + (\bar{T}_1 - \bar{A}) = A_2 + F_1 - \bar{T} \\ &= 2.37 + 25.4 - 20.4 = 28.7 \end{aligned}$$

○要約의 意義

- 1) 特性値에 미치는 因子(Factor)와 水準(Level)의 影響을 組合하여 把握할 수 있다.
- 2) 有意한 要因에 대한 水準平均을 容易하게 求할 수 있다.
- 3) 各水準에 따라 特性値에 미치는 影響을 水準平均과 比較 檢討가 容易하다.
- 4) 1回の 實驗計劃으로 많은 特性値의 要因分析을 綜合할 수 있다.
- 5) 特性値의 技術的인 條件을 綜合하여 工場生産에 考慮해야 할 많은 問題들의 措置가 可能하다.

9. 結 論

分散分析表를 綜合한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 이 實驗의 結果 最適配合比로 부터 推定된 多特性値 平均의 大多數는 要求品質의 範圍안에 있고, 實際生産이 可能하다는 것이 明確하게 되었다.
2. 誤差分散의 分析結果, 새로운 殘留誤差中 Ve'보다 Ve''가 檢出力이 좋으나 交互作用을 考慮하여 Ve'를 사용한 結果 分散分析의 F檢定, 寄與率에 큰 影響을 미치지 않고 있음이 確實하다.
3. 多特性値의 最適條件 推定에서 實測值( $\bar{x}$ )는 母平均( $\mu$ )의 信賴限界 範圍內에 있고 確認實驗의 回數를 2배로 했을 때에도 平均値( $\bar{x}$ )의 信賴限界 範圍內에 있게 되었다.
- 이 最適條件을 考慮하여 工場生産을 하면 滿足할 수 있는 製品生産이 可能하며 또한 各特性値에 滿足할 수 있는 製品生産도 可能하다.
4. 累積分析의 結果에서 可硫劑의 量은 外觀上 有意

의이었다. 이것은 技術的인 豫測과 合致한다.

다른 有意的 因子인 抗酸化劑의 種類는 確實하지 않지만 抗酸化劑의 各量間에 交互作用이 存在할지도 모른다는 것을 暗示한다.

이 結果 다음 實驗에서 이들 交互作用이 따로 計算될 수 있도록 實驗計劃을 遂行해야 한다.

- 5. 多特性値의 分析은 確實히 綜合的인 效果가 있다.

引用文獻

- 1. 田口玄一：直交表によるおりつけ (2), 實驗計劃法 pp.112~132 (1974)
- 2. 日本規格協會：直交表による計劃, 品質管理使覽, pp.299~318 (1974)
- 3. 三浦新：標準化と品質管理 pp.59~62 (1972)
- 4. Fisher R.A. and F. Yates: Statistical Table for Biological, Agricultural and

Medical Workers, Stechert-Hanfer Inc., New York (1964)

- 5. 手法小委員會：品質管理誌, Vol. 23, No.5 pp. 85~94 (1972)
- 6. 手法小委員會：品質管理誌, Vol. 23, No.6 pp. 58~62 (1972)
- 7. 田口玄一：品質管理誌, Vol. 22, No. 1 pp. 59~61 (1971)
- 8. 李覽五：合城고무와 配合, 새한文化社 (1972)
- 9. KSM 6581 : 고무의 物理 試驗方法
- 10. KSC 2401 : 絶緣抵抗試驗方法
- 11. 田口玄一：“品質管理誌” Vol 22, No1, pp.59~63 (1971)
- 12. Cooper. B.E.: The Extention of Yates 2<sup>n</sup> Algorithm to any complete Factorial Experiment Technometrics, Vol. 10, No.3, pp. 575~577(1968)