

# Parameter Design에 의한 Prototype 콜라머신 설계상의 문제해결

전 태보\*

## A Parameter Design Approach to Solve Some Inherent Problems of a Pilot Cola Machine

Tae Bo Jeon\*

### Abstract

A study to analyze and solve inherent problems of a pilot cola machine has been presented in this paper. The product considered in this study involves at least 16 variables(factors) which simultaneously affect the product performance. For this multi-variate statistical problem, we first carefully examined their relationships and selected four variables considered as the most important. We have taken Taguchi's parameter design approach, specifically the  $L_8(2^7)$  orthogonal array, and determined the optimal levels of the selected variables through the analysis of the experimental results. Finally, we conclude this study with providing general comments drawn from the analysis and verification experiments.

### 1. 서 론

ABC社는 미국 동남부에 본사를 둔 산업용 기기, 군사설비용 제품 및 부품, 컴퓨터기기 및 기타 다양한 가전제품등을 생산하는 대기업으로 60년대 설립이래 현재는 자국 및 해외에 10여개의 자회사를 가지고 있다. 최근 이 회사는 신 개발품인 가정용 콜라제조기를 수주에 의하여 생산하고 있으며 머지않은 장래에 본격

적으로 시장에 내놓으려는 계획을 가지고 있다. 일반적인 콜라의 수요량과 이 제품의 저렴한 가격에 비추어 시장성이 기대되는 제품으로 평가되고 있다. 그러나 본 제품의 시판에 앞서 가장 중요한 콜라의 농도와 맛을 내는데 있어 몇가지 재기되는 문제점을 해결해야 하는 입장에 있다. 본 연구는 시작품인 이 제품을 prototype단계에서 고려되는 문제점을 규명하며, 여러 변수들이 관련되는 통계적인 문제로서

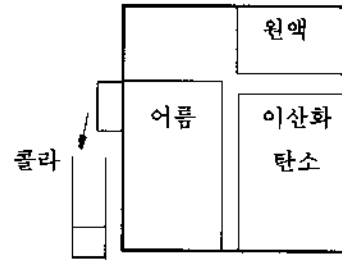
\* 강원대학교 산업공학과 교수

Taguchi(1986)의 파라미터 설계(parameter design)를 이용한 방법으로 해결책을 찾는 연구이며 이 과정에 수반된 방법론을 소개함을 그 목적으로 한다.

본 연구의 수행을 위하여 제 2절에서는 고려되는 제품의 개략적인 소개 및 문제의 특성분석을 통한 구체적인 목적함수를 설정하고, 제 3절에서는 설정된 목적함수에 영향을 미치는 변수들 및 이들의 관계를 규명하므로써 적절히 실험을 설계한다. 이렇게 설계된 바탕으로 제 4절에서는 실험을 실시하며 얻어진 결과분석을 행하고 이를 토대로 본 제품의 최적설계를 얻는다. 마지막으로 제 5절에서는 본 연구를 통한 종합적인 결론을 맺는다.

## 2. 제품소개 및 문제설정

본 제품과 관련하여 콜라는 코카콜라 회사에서 제공하는 원액을 중심으로 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ), 물( $\text{H}_2\text{O}$ ), 그리고 이들의 조합을 돕는 냉각기능 등에 의해 순간적으로 제조된다. 따라서 조그만 가정용인 본 제품의 기능상 주요 구성품은 원액을 담고 있는 통과 이산화탄소통 등이고 이들이 컵을 대는 스위치에 의해 물과 함께 노즐을 통해 동시에 분사된다. 원액통과 이산화탄소통 등은 필요시 구입해 갈아 끼울 수 있도록 설계되어 있다. 그리고, 물은 가정의 부엌 수도에 의해 공급받으며 냉각기능을 위해 설치된 얼음통 역시 가정의 냉장고에서 만들어진 얼음과 함께 갈아 끼울 수 있도록 되어 있다. 이같은 기능을 고려하여 고안된 제품의 개략적인 모양은 [그림 1]과 같다. (편의상 기타 부품 및 기능에 대하여는 설명을 생략한다.)



[그림 1] 콜라 제조기의 구성도

현 prototype 단계에서 가장 문제되는 사항은 이 제품을 이용해 콜라를 가끔 한잔씩 뽑는 경우나, 짧은 시간에 여러 잔을 뽑을 경우의 처음 한 두잔은 맛에 있어 보통 콜라와 같이 전혀 문제가 없으나 그 다음 몇잔째 부터는 매혹 큰 차이를 보인다는 점이다. 따라서 본 연구의 궁극목표는 여러 잔을 뽑을 경우도 균일한 콜라의 맛을 낼 수 있도록 그 해결책을 강구하고 필요시 설계상의 변경을 피하여 보다 안정된 제품으로서 시장에 나서도록 하는 것이다.

이 문제에서 설정되어야 할 목적함수는 콜라의 맛이다. 그러나, 콜라의 맛이란 주관적이고 정성적인 특성을 내포하므로 이 자체를 목적함수로 설정하는 것이 용이하지 않음으로, 보다 객관적인 수행평가기준(performance measure)을 설정함이 필요하다. 이에 대하여 스위치를 누를 경우 일정시간(보통 6초)동안 노즐을 통해 나오는 i) 물의 양, ii) 이산화탄소의 양, 그리고 iii) 원액의 양 등이 특정 조건을 만족 할 경우 정상적인 맛을 낸이 과거의 경험과 분석을 통해 알려졌다. 이들에 대한 최적조건 및 현재의 상황은 다음(도표 1)과 같다.

〈도표 1〉 주요 3 수행평가기준

평가기준	Desired Spec.	현상
물의 量	165 ± 4.2ml	161.7 ml
이산화탄소 量	3.4ml 이상	3.3 ml 미만
원액 量	33 ± 0.84 ml	37.4 ml

이 도표에서 원액은 실온(20 °C)에서 측정 한 설탕(당분)의 퍼센트(%)로서 무게 또는 量으로 측정되나, 제조된 상태로 공급받는 관계로 이를 목적함수로 둘 경우 이에 미치는 인자들을 규명하기 어렵다. 다행히 도표에서 알 수 있듯이 본 제품은 물과 1대 5의 비율로 혼합되도록 설계되어 있으며 이에 는 문제가 되지 않음이 밝혀졌다. 따라서 본 연구에서는 이를 제외한 물과 이산화탄소의 양을 주된 연구 대상으로 삼는다. 우선 물의 경우는 원하는 이상치(nominal value) 165ml로 부터 일정한 한계를 갖으므로 품질특성 분류상 望目特性(nominal the best)에 해당한다. 반면 이산화탄소는 결과치가 3.4ml 이상으로 높을수록 좋으며 실제로는 상한선이 없으므로 望大特性(larger the better)에 해당한다. 그리고 위 도표의 마지막 행에 보인 “현상”은 최근 몇 차례의 실험에서 관측된 결과들의 평균치(average)로서 실제로 이를 중심으로 편차(variability)가 매우 크다.

이상의 고려로 본 연구의 주된 목적은 이제 이들 2가지 수행평가기준들에 수반된 여러 인자 또는 요인(factor)들에 대하여 실험을 통한 통계적인 분석을 행하여 이들의 최적수준(optimal levels)을 결정하는 것으로 귀착된다. 이 과정에서 특히 고려된 사항은 이들 2가지 수행평가기준들 각각의 i) 평균을 원하는 이상치에 적합시키는 것과, ii) 매회 안정된(robust) 결과를 얻도록 이들의 편차를 최대한으로 줄이는 것이다.

### 3. 요인설정 및 실험설계

다음 단계는 앞절에서 설정한 수행평가기준들을 대상으로 실험을 실시하기 위한 설계과정이며 본 절에서는 수반되는 인자들을 찾고 이들을 중심으로 관계규명 및 중요인자들의 선정을 통하여 실험을 설계하는 과정을 논한다.

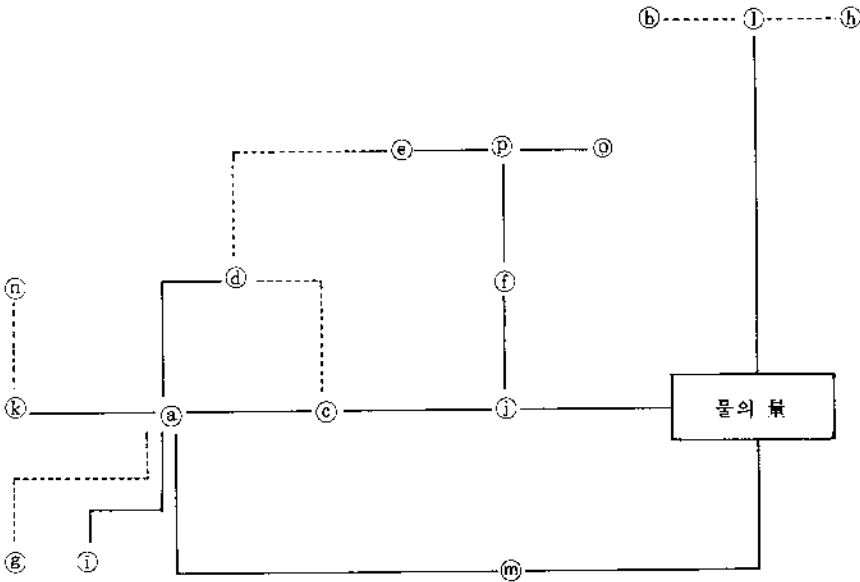
#### 3.1. 요인(factor)설정

상술한 평가기준들에 영향을 미치는 인자들을 찾고 이들간의 관계를 규명하기 위하여 과거의 경험과 설계상의 분석을 토대로 총 16종의 인자들을 수집하였으며 이들은 다음과 같이 나열된다.

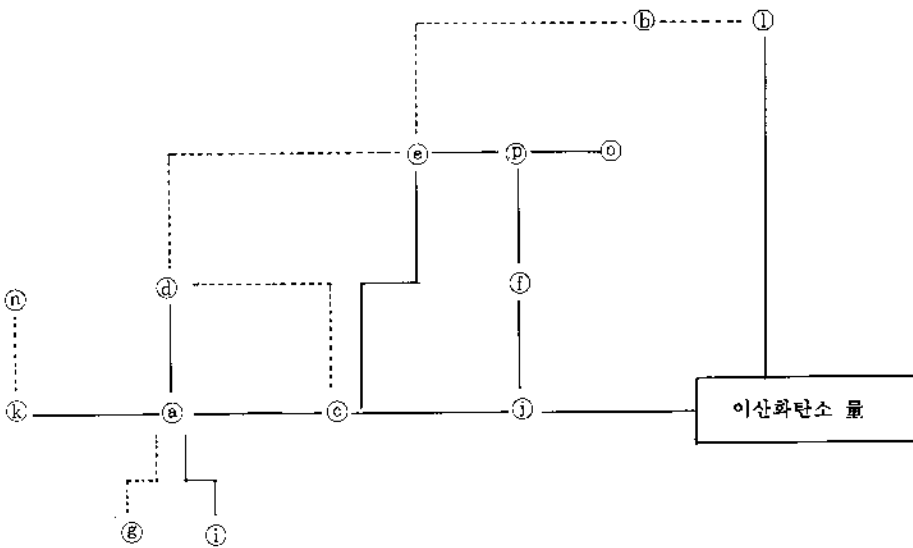
- Ⓐ Regulator Pressure
- Ⓑ Orifice Depth
- Ⓒ Sintered Disk Performance
- Ⓓ Two Speed Valve
- Ⓔ Carbonator Water Level
- Ⓕ Carbonator Temperature
- Ⓖ Regulator to CO<sub>2</sub> Bottle Fit
- Ⓗ Leaks in Water Flow Path
- Ⓘ Leaks in CO<sub>2</sub> Flow Path
- Ⓢ Carbonation Level of the Water
- Ⓚ CO<sub>2</sub> Bottle Pressure
- Ⓛ Diameters and Length of the Flow Path
- Ⓜ Delay Time of the Dispenser Actuation
- Ⓝ CO<sub>2</sub> Weight in CO<sub>2</sub> Bottle
- Ⓞ Time
- Ⓟ Room(outside) Temperature

이 인자들이 물과 이산화탄소 量에 미치는 관계를 분석하는 것이 필요하며 이들간의 개략

적인 관계를 분석, 규명하여 네트워크 형태로  
도시한 것이[그림 2와 3]에 나타나 있다.



[그림 2] 물의 량(Water Flow Rate)에 미치는  
인자들간의 관계



[그림 3] 이산화탄소 량(Carbonation)에 미치는  
인자들간의 관계

이들 그림에서 원내의 문자는 인자를 나타내는 기호이고 실선은 인자들간에 강한관계 그리고 점선은 다소 약한관계가 있음을 의미한다. 이상의 인자들의 나열과 도시된 그림으로부터 우리는 인자들의 관계를 정성적이지만 쉽고 명확히 이해할 수 있다.

그러나 16가지의 인자들 모두를 대상으로 실험한다는 것은 기술상 매우 어려우므로 이들에 대해 개략적인 실험을 통한 추가적인 분석을 실시한 결과 영향이 강한 일부 인자들이 선택되었으며, 기타 인자들의 영향은 상대적으로 미미하거나 어느 인자들은 그들을 특정 수준으로 설정하기 어려우므로 분석에서 제외되었다. 그리하여 최종적으로 다음의 4인자가 선택되었으며 기타 인자들은 외부배열(outer array)또는 노이즈(noise)로 처리하기로 한다.

- R - Regulator Pressure
- S - Sintered Disk
- T - Two Speed Valve
- O - Orifice Depth

3.2. 실험설계 (Experimental Design)

이들 4인자들을 이용하여 실험을 행하기 위하여 본 연구에서는 각 인자에 대하여 특정 2수준(level)씩을 선택하였다. 각 인자가 취할 수 있는 영역과 본 연구에서 선정된 수준들을 다음 도표에 도시하였다.

인 자	범 위	Low	High
R	47-53psi	47	53
S	Low-High	Low	High
T	36-44psi	36	44
O	2.035-2.025"	2.035	2.025"

이들에 대한 자세한 설명은 피하기로 하고

단지 R은 원액, 이산화탄소, 그리고 물의 혼합을 돕기 위하여 압력을 가하는 부품이고, T는 제품 내부의 특정부위에 전달되는 압력이다. 그리고 S(Sintered Disk)는 이산화탄소의 비율을 높일 수 있도록 물방울 (burbles)을 생성하는 역할을 한다. 이때 물방울의 크기를 정량적으로 파악한다는 것은 어려우며 경험자의 육안 평가에 의하여 큰 방울이면 전체 표면적이 작아지므로 낮은(low)수준으로 반대로 작은 방울이면 높은(high)수준으로 간주한다.

네 인자에 대하여 각각 2수준씩 고려하였으므로 총 16(=2<sup>4</sup>) 조합(treatment combination)이 계산된다. 그러나 실험상의 비용, 시간상의 문제점 및 인자들간 高次的 교호작용(interaction effect)이 무시될 수 있다는 가정하에 본 연구에서는 1/2부분실험법(fractional design)을 적용하여 총 8 조합을 고려하는 L<sub>8</sub>(2<sup>7</sup>)직교배열(orthogonal array)을 채택하였다. 또한 순수 오차(pure error)를 포함하기 위하여 각 조합당 4개씩의 관측지를 얻도록 실험을 설계하였다. (실험계획 및 파라미터 설계에 대하여는 Montgomery(1976), Kacker(1985), Taguchi(1986), Phadke(1989), 박성현 (1990)등이 좋은 설명을 보이고 있다.) L<sub>8</sub>(2<sup>7</sup>) 직교배열을 이용하기 위해서는 4개의 주효과(main effect) 외에 3가지 교호작용이 추가되어야 한다. 가능한 낮은 차의 교호 작용을 포함시키기 위하여 인자들간의 관계를 검토한 결과 RS, RT, ST등이 포함되었다. 이상의 설명을 바탕으로 설정된 모델및 가정은 다음과 같다.

$$Y_{ijklm} = R_i + S_j + RS_{ij} + T_k + RT_{ik} + ST_{jk} + O_l + \epsilon_{ijklm}$$

단,  $\epsilon_{ijklm}$  — NID(0,  $\sigma^2$ )  
 $i, j, k, \ell = 1, 2$   
 $m = 1, 2, 3, 4.$

이 식에서  $Y$ 는 종속변수로서 물의 양 또는 이산화 탄소의 양을 나타내며,  $i, j, k, l$  등은 각 인자의 수준을 나타내는 첨자, 그리고  $\epsilon_{ijklm}$ 은 오차항으로 동일한 독립분포(IID: identically independent distribution) 또는 독립된 정규분포(NID: normally independent distribution)를 따름을 가정한다. 4개의 주 인자와 3개의 교호작용 등 총 7가지 효과(effect)들을 이 도표에 배열하는 것은 Taguchi(1986)의 선형그래프(linear-graph)나 상호관계도표(interaction table)을 이용하면 가능하다. 본 연구에서는 이들을 R, S, RS, T, RT, ST, O의 순서로 <도표 2>에 배열하였다.

<도표 2> 이산화탄소 량에 대한 실험결과

t.c	R	S	RS	T	RT	ST	O	yijklm				$\eta_{dB}$
1	-	-	-	-	-	-	-	3.10	3.52	3.25	2.90	10.0180
2	-	-	-	+	+	+	+	3.10	3.35	3.35	3.05	10.1125
3	-	+	+	-	-	+	+	3.20	3.40	3.52	3.35	10.5309
4	-	+	+	+	+	-	-	3.40	3.52	3.35	3.35	10.6370
5	+	-	+	-	+	-	+	3.35	3.30	3.35	3.15	10.3289
6	+	-	+	+	-	+	-	3.60	3.55	3.35	3.15	10.6249
7	+	+	-	-	+	+	-	3.52	3.52	3.40	3.45	10.8101
8	+	+	-	+	-	-	+	3.45	3.22	3.40	3.35	10.5052

\* t.c : 조합(treatment combination)

+, - : 각 인자의 수준(High, Low)

이 도표에서  $Y_{ijklm}$  ( $m=1,2,3,4$ )는  $m$ 번째 얻어진 이산화탄소의 양을 나타내며  $\eta_{dB}$ 는 S/N 비율(signal-to-noise ratio)를 의미한다. 앞서 언급한 바와 같이 이산화탄소의 양은 望大特性에 해당하여  $\eta_{dB}$ 는 공식

$$\eta_{dB} = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{m=1}^4 \frac{1}{Y_{ijklm}^2} \right]$$

## 4. 결과분석 및 최적수준 결정

앞절의 실험설계에 입각하여 이산화탄소의 양과 물의 양에 대하여 총 32회의 실험을 실시하였다. 얻어진 실험결과 및 분석에 대하여는 편의상 이들을 구분하여 설명하며 최종적으로 인자들의 최적수준을 결정한다.

### 4.1. 이산화탄소의 량

우선 이산화탄소의 양에 대한 실험결과는 다음 <도표 2>와 같다.

에 의해서 계산되었다.

다음 <도표 3>은 조합당 계산된 <도표 2>의  $\eta_{dB}$ 를 바탕으로 각 인자의 수준별 S/N 비율의 합을 계산하여 정리한 반응도표(response table)이다.

<도표 3> 물의 양에 대한  $\eta_{dB}$  반응도표

	R	S	RS	T	RT	ST	O
L	41.2984	41.0843	41.4458	41.6879	41.6790	41.4891	42.0900
H	42.2691	42.4832	42.1217	41.8796	41.8885	42.0784	41.4775
차이	0.9707	1.3989	0.6759	0.1917	0.2095	0.5893	-0.6125

예로 S와 RT의 계산과정을 살펴보면

$$S_L = 10.0180 + 10.1125 + 10.3289 + 10.6249 = 41.0843$$

$$S_H = 10.5309 + 10.6370 + 10.8101 + 10.5052 = 42.4832$$

그리고

$$RT_L = 10.0180 + 10.5309 + 10.6249 + 10.5052 = 41.6790$$

$$RT_H = 10.1125 + 10.6370 + 10.3289 + 10.8101 = 41.8885$$

으로 쉽게 계산된다. 이 도표들의 결과를 분석하여 볼 때 먼저 S와 R의 수준이 증가할수록 이산화탄소의 양이 크게 증가하고 동시에 이산화탄소의 안정성에도 이들이 큰 비중을 차지하며 이들의 높은 수준에서 좋은 결과가 예측된다. 그리고 O는 이산화탄소에 대한 영향이 S와 R보다는 상대적으로 약하나 무시할 수는 없고 이산화탄소의 평균과 편차의 관점에서 낮은 수준이 바람직하다. 이상을 바탕으로 인자별 적정수준은 우선  $R_H, S_H, O_L$ 이라고 결론지을 수 있다.

그러나, T는 그의 영향이 다른 것들에 비해 미미하며, 도표상의 결과로는 높은 수준이 더 좋은 것 같으나 실제로는 낮은 수준인  $T_L$ 이 다소 유리하다. 이를 규명하기 위하여 참고로 다음 도표는 고려된 3가지 교호작용중 T와 관련된 두 교호작용들에 대하여 해당되는 인자별 각 수준에 대하여 S/N비율을 계산한 결과이

다. 이 도표의 "\*"로 표시된 값들이 최적임을 감안할때 RT와 ST의 결과로 부터 위의 결론이 옳다 하겠다. 즉 T 자체로는  $T_H$ 가 유리하나 이보다 강한 영향을 갖는 R 및 (특히) S와의 교호작용을 고려하여 낮은 수준을 택한 결과이다. (그러나, T는 그의 영향이 미미하므로 어느 수준을 택하든 엄밀한 의미에서 큰 차이는 없다.)

	$T_L$	$T_H$		$T_L$	$T_H$
$R_L$	20.5489	20.7495	$S_L$	20.3496	20.7374
$R_H$	21.1390*	21.1301	$S_H$	21.3410*	21.1422

#### 4.2. 물의 량

물의 양에 대해서도 비슷한 실험 및 분석이 가능하나 물의 경우는 이산화탄소와 달리 望目特性에 해당하므로 평균과 편차의 두 측면에 대하여 각각 분석이 필요하다. 즉, 평균에 대한 영향의 지표로서는  $S_{m dB}$ 를 사용하고 편차에 대하여는  $\eta_{dB}$ 를 사용하며 이들은 다음의 공식을 따른다.

$$S_{m dB} = 10 \log_{10} [n \cdot \bar{y}^2]$$

$$\eta_{dB} = 10 \log_{10} \left[ \frac{n \bar{y}^2 - S^2}{n S^2} \right]$$

이들 식에서  $\bar{y}$ 는 조합당 관측치들의 평균이며  $S^2$ 은 이들의 편차제곱을 의미한다. 이러한 바탕하에 얻어진 실험 및 계산결과를 정리하면 다음 도표 4) 와 같다.

〈도표 4〉 물의 양에 대한 실험결과

t.c	R	S	RS	T	RT	ST	O	$y_{ijkln}$				$S_{m\delta B}$	$\eta_{\delta B}$
1	-	-	-	-	-	-	-	162.4	156.1	159.9	163.3	50.1260	33.9420
2	-	-	-	+	+	+	+	163.8	163.0	162.2	164.1	50.2790	45.6299
3	-	+	+	-	-	+	+	158.8	158.5	157.7	157.9	50.0061	49.7942
4	-	+	+	+	+	-	-	156.2	159.6	155.2	154.9	49.9095	37.2149
5	+	-	+	-	+	-	+	173.0	171.8	172.0	175.3	50.7828	40.6530
6	+	-	+	+	-	+	-	171.9	174.0	171.0	172.7	50.7513	42.6355
7	+	+	-	-	+	+	-	169.0	167.2	167.5	168.0	50.5229	46.5609
8	+	+	-	+	-	-	+	169.9	168.6	169.3	168.8	50.5860	49.2930

이제 평균과 편차 각각에 대하여 다시 반응도표를 작성하여 분석하였다. 우선 평균에 미치는 영향을 분석하기 위하여 각 인자의 수준

별  $S_{m\delta B}$ 의 반응도표를 계산한 결과는〈도표5〉와 같다.

〈도표 5〉 물의 양에 대한  $S_{m\delta B}$  반응도표

	R	S	RS	T	RT	ST	O
L	200.3206	201.9391	201.5139	201.4378	201.4694	201.4043	201.3097
H	202.6430	201.0245	201.4497	201.5258	201.4942	201.5593	201.6539
차이	2.3224	-0.9146	-0.0822	0.0880	0.0248	0.1550	0.3442

여기서 네 인자들의 수준변화로 인해 물의 양을 변화시키는 영향을 크기 순서대로 나열하면 R, S, O, T이다. 특별히 R과 S의 수준에 따라 양이 매우 민감하게 변함을 알 수 있으며 이들과 각각 양·음의 상관관계를 갖는다. 이

와 달리 O와 T는 큰 영향을 미치지 않는다.

다음으로 안정성 즉 편차에 대한 지표인 S/N비율을 분석하기 위하여 역시 인자의 수준별 반응도표를 계산한 결과는〈도표6〉과 같이 도시된다.

〈도표 6〉 물의 양에 대한  $\eta_{\delta B}$  반응도표

	R	S	RS	T	RT	ST	O
L	166.5810	162.8604	175.4258	170.9501	175.6647	161.1029	160.3533
H	179.1424	182.8630	170.2976	174.7733	170.0587	184.6205	185.3701
차이	12.5614	20.0026	-5.1282	3.8232	-5.606	23.5176	25.0168



물의 안정성의 관점에서는 S와 O의 영향이 특별히 큰 반면 R은 다소 약한 영향을 미치며, T는 이 경우에도 미미한 영향을 갖는다. 그러나, 각 인자별 수준결정에 있어서는 다소 주의 를 요한다. 즉, (도표 6)에 의하면 모든 인자들의 높은(high)수준에서 좋은 결과가 기대되나 T의 경우는 R 및 S와의 교호작용들을 다시 아래 도표와 같이 검토해 볼 때 RT와 ST에 있어서 서로 상반된 결과, RT의 경우는  $T_{II}$ 가 최적이나 ST의 경우는  $T_I$ 가 최적, 임이 감지된다. 그러나 T는 모든 인자들 중 영향이 가장 약하고 반면 S가 R보다 안정성에 더 중요하므로  $T_I$ 가 선정되어 최종적으로는  $R_{II}$ ,  $S_{II}$ ,  $O_{II}$ ,  $T_I$ 를 최적수준으로 결정된다.

R \ T	$T_I$	$T_{II}$
$R_I$	83.7362	82.8448
$R_{II}$	87.2139	91.9285*

S \ T	$T_I$	$T_{II}$
$S_I$	74.5950	88.2654
$S_{II}$	96.3551*	86.5079

한가지, R은 평균에 대한 영향은 매우 크나 편차에 대하여는 그 영향이 다소 작으므로 이의 수준을 변경할 경우 편차보다는 평균에 보다 큰 변화를 가져와 소위 조정인자 (adjustment factor)의 특성을 가진다는 점이다. 이는 R의 수준을 변화시켜 가면서 추가적인 실험 및 분석으로 이의 최적수준을 결정할 필요가 있음을 의미한다.

이제까지의 실험 및 분석과정을 바탕으로 인자별 최적수준은 다음과 같이 결정하였다. 우선 인자 T는 다른 인자들과의 교호작용 및 이들의 강한 영향으로 그 자체로는 높은 수준이 유리함에도 불구하고 낮은수준이 전반적으로 더 좋은 결과를 보이므로  $T_I$ 를 택하였다. 또한 R은 물의 양에 있어 조정인자로서 그의 수준이 변해도 편차보다는 평균에 보다 큰 영향을 미치는 인자이다. 그러나 이산화탄소의 안정성

의 차원에서 이의 수준을 53(psi)로 선택하였다. 마지막으로 이산화탄소의 물의 양을 동시에 고려할 경우 O의 수준결정에 혼선이 빚어 지나  $O_{II}$ 를 선정하였다. 이는 물의 양에 대한 안정성(stability)이 중요하고 동시에 이산화탄소에 대하여는 S와 R보다 그의 영향이 작기 때문이다. 따라서 최종적으로 본 제품의 최적 설계를 위한 최종적인 인자별 최적 수준은

- Regulator Pressure : 53psi
  - Orifice Depth : 2.025"
  - Sintered Disk : High
  - Two Speed Valve : 36psi
- 이다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 가정용 콜라머신과 관련하여 그의 수행능력을 높이는 연구를 수행하였다. 최종 결정된 인자들의 최적수준 및 이들 근방에서 추가적인 테스트 실험을 실시한 결과 종합적인 결론은 다음과 같이 요약된다. 첫째로, 좋은 성능을 가진 Sintered Disk가 매우 중요함이 판명되었다. 이의 수준에 있어 조그만 변화가 이산화탄소 양에 큰 차이를 가져다 주며, 물의 양에 있어서도 평균뿐 아니라 편차에 있어서 큰 변화를 초래할 수 있다. 그러므로, 매우 높은 수준인 정밀한 Sintered Disk의 품질상태가 본 제품의 성능상 요구되나 불행하게도 이 부품의 납품업체의 제조과정에 대한 분석 및 개선이 수반되어야 한다는 결론이며 실제로 납품업체에서 이의 제조과정이 매우 복잡하다. 둘째로, Regulator Pressure는 조정인자의 특성을 갖는다는 결론이다. S와의 관계로 볼때 일반적으로 높은 수준(53 psi이상)의 압력이 좋

아 다른 값들에 대한 검토가 요구되나 이 역시 납품업체의 의해 공급되며 안전(safety)상의 문제로 임의의 수준으로 제조함에는 한계가 있다. 마지막으로, Orifice Depth와 Two Speed Valve에 대하여는 O의 영향이 복잡하며, T는 S와도 큰 상관관계가 있으므로 계속적인 연구, 예를들면 3수준의 실험계획이 필요하다.

참고로 본 연구에서 고려된 인자들은 제어인자(control variable)들로 간주되었으나 실제로 이들의 수준을 임의로 변경하는 것이 대부분 불가능하다. 즉, 이들은 납품업체에서 제조되어 공급되며 본 제품의 부품들로서 이들의 기능도 인자이기 보다는 반응변수(response variable) 또는 종속변수들이며 본 연구에서는 개략적인 방법으로 이들의 수준을 측정하여 사용하였다.

## 참고문헌

1. Kackar, R. N. (1985) : Off-Line Quality Control, Parameter Design, and the Taguchi Method, Journal of Quality Technology, vol. 17, no. 4, pp. 176-188.
2. Montgomery, D. C. (1976) : Design and Analysis of Experiments, John Wiley and Sons, Inc.
3. Phadke, M. S. (1989) : Quality Engineering Using Robust Design, Prentice Hall.
4. Taguchi, G. (1986) : Introduction to Quality Engineering, Asian Productivity Organization.
5. 박성현 (1990) : 응용실험 계획법, 영지문화사.