製造環境의 作業遂行度 評價에 관한 硏究
A study on evaluation of work performance in manufacturing environment

김 길 동*
김 영 식**

Abstract

This paper is to appraise the effect of factory noise to work performance and quality.

Stamp printing, which are decomposed into work element, is used to compare with work performance according to the change of noise, and quality is studied to analyse the effect of product.

The noise in experiment is the noise of rotary press, and is used a variety of change.

1. 序 論

현대인은 교통소음, 근린소음, 공장소음등과 같은 다종다양한 소음 가운데서 생활하고 있다. 소음은 문화의 발달과 함께 확대되며, 문제시되고 있다. 오늘날, 공해문제가 대두되고, 인간성의 재인식의 기운 가운데서, 소음에 대하여도 환경조례등에 의한 규제가 정비, 실시되는 중이고 그 효과가 나타나고 있다.

소음은 餘他의 공해와는 달리 직접 인간이 感知할 수 있어 그에 대한 피해의식을 뚜렷이 느끼게 되며, 특히 공장 발생 소음은 주변지역 居住者 뿐만 아니라 근로자에 의해서도 많은 피해가 제기되고 있어 문제의 심각성은 날로 증대되고 있는 실정이다.

한편 공장에서 발생하는 소음이 내부 작업자의 육체 및 정신건강에 미치는 弊害에 대한 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다. 특히 열악한 환경의 中·小規模 공장들에서의 소음은 작업자들에게 소화불량, 청력감퇴, 감각둔화등의 신체적 피해와 성가심, 수면방해등의 심리적 피해의 문제를 야기하고 있는 것으로 보고되고 있다. 이는 작업자의 심리적, 정신적, 신체적인 피로와 스트레스를 가중시킴에 따라 최근들어 그 장해에 대한 진정이 점증되고 있는 실정이다 [1].

공장의 경우에는 소음의 피해를 받는 타건축물과 달리 일반적으로 騷音原이 되기 때문에 공장내의 소음이 우선 외부에 영향을 미치지 않도록 하는 것에 중점을 두어 왔으나 최근에 와서는 작업자 환경 개선이라는 관점에서 공장내부 소음방지 대책이 적극적으로 연구되고 있다.

공장소음에 대하여서도 작업원의 생리적 영향에 대하여 소음방지 대책은 여러가지로 연구되고 있는 시점이지만, 공장소음이 작업능률 및 품질에 어느 정도 영향을 주는가에 대한 문제는 아직 일반적 결론은 도출되어 있지 않다.

본 연구에서는 작업의 모델로서 스탬프 찍는 작업을 예로들어, 소음이 작업에 미치는 영향을 분석하였다. 스탬프 찍는 작업을 동작의 기본적 성질로하여 복수로 분할하고, 각각의 동작에 대하여 소음의 영향을 ;

* 忠淸專門大學 品質管理科 專任講師
** 舟成專門大學 工業經營科 兼任敎授

1) 그 동작을 행하는데 소요되는 시간 (이하 동작시간이라 부른다)에 관하여 고찰하고, 소음의 크기의 변화에 의한 작업능률에의 영향을 비교하는 것.
2) 그 작업을 행하는 것에 의해서 얻어지는 제품의 반영률에의 영향을 비교하는 것을 목적으로 한다.

2. 騷音에 關한 理論的 考察

2.1 소음의 영향[2]

소음이라는 용어로 부터 먼저 생각할 수 있는 말은 「귀찮다」와 「요란하다」이고 텔리비젼, 라디오, 會話等의 聽取妨害, 더 강한 音에는 難聽이라는 특이적인 영향을 미치고 있다는 사실이 알려져 있다. 이외에도 情緖妨害, 일상생활의 방해 혹은 胃腸障害등의 신체적 영향을 미치는 비특이적인 영향도 초래한다.

소음의 영향은 다음과 같이 구별할 수 있다 [3].

(1) 聽力에 미치는 영향

1) 一時性 聽力損失(Temporary Threshold Shift, TTS) : 어느 정도 큰 소음을 들은 직후에 일시적으로 일어나는 청력저하로 수초-수일간의 휴식 후에 정상청력으로 돌아오며 永久性 聽力損失을 예측하는 근거가 된다.
2) 永久性 聽力損失(Permanent Threshold Shift, PTS) : 소음성 난청이라고도 하며, 소음에 露出된 후 2일-3주 후에도 정상청력으로 회복되지 않는다. 소음이 높은 공장에서 일하는 노동자들에게 나타나는 직업병으로 4kHz 정도의 주파수에서 부터 난청이 진행된다.

(2) 作業障害(Task Interference)[2]

소음으로 인한 작업능률의 低下는 소음의 종류와 작업자의 성격, 작업의 종류에 따라 각기 다양한 樣相을 나타내며 일반적으로 다음과 같다.

1) 특정음이 없는 一定 騷音이 90dB(A)를 초과하지 않을 때는 작업을 방해하지 않는 것으로 보인다.
2) 불규칙한 폭발음은 一定 騷音 보다 더욱 危害하다. 불규칙한 폭발음이 90dB(A) 이하일지라도 작업을 방해한다.
3) 1,000-2,000(Hz) 이상의 고주파역 소음은 저주파역 소음보다 작업방해를 크게 야기 시킨다.
4) 소음에 대한 총 작업능률의 변화는 없는 것으로 보이나 큰 소음레벨은 작업능률의 가변성을 증가시킨다.
5) 소음은 총 작업량의 저하보다는 작업의 정밀도를 低感하기 쉽다.
6) 복잡한 작업은 단순작업보다 소음에 의해 나쁜 영향을 받기가 쉽다.

2.2 騷音의 評價方法[4]

소음대책의 효율적인 수립을 위해서는 이 대책의 효과가 얼마이며, 생활환경이 얼마나 개선되었나를 정량적으로 나타낼 수 있는 척도가 필요하다. 이 척도를 구하는 것이 소음의 평가법이며, 이에 사용되는 단위가 평가량이다. 그러나 소음에 대한 인간의 반응은 매우 복잡한 양상을 나타내므로 평가목적과 대상소음의 차이에 따라 많은 평가법이 제안되고 있다.

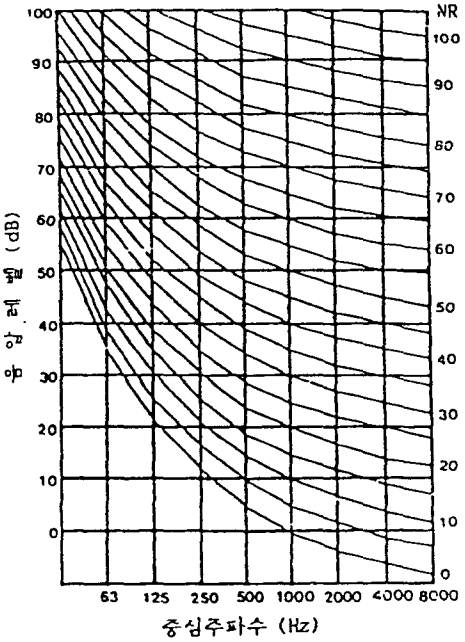
(1) NR(Noise Rating)[5]

소음을 청력장해, 회화방해, 시끄러움의 3가지 관점에서 평가하는 것으로 ISO(국제표준화기구)에서 제안된 것이 NRN(Noise Rating Number)이다.

NR에 의하여 청력장해 및 시끄러움에 관한 평가방법은 다음과 같다.

1) 청력장해에 관한 소음평가

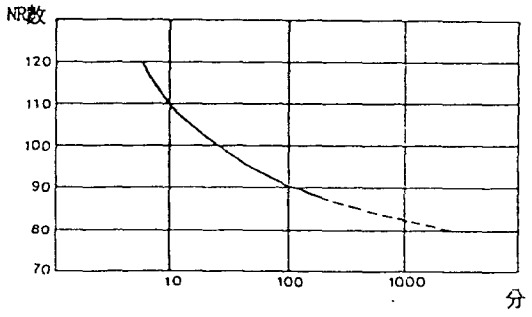
대상소음을 옥타브 분석하여 중심주파수 500, 1000, 2000Hz의 밴드레벨(dB)을 구한 후 각 밴드레벨을 <그림 1>의 NR곡선상에 기입하여 최대의 NR값을 취한다. 구하여진 NR값을 <표 1>에 근거하여 평가한다.



<그림 1> 소음 평정 곡선

<표 1> 소음의 청력 장해 한도 구분

騷音의 種別	永久的인 聽力妨害를 받지 않는 限界
연속 5시간/日 이상의 廣帶域 騷音	NR85 이하
5시간/日 이하의 廣帶域 騷音	<그림 2>에 의해 보정된 NR값 이하



<그림 2> 단시간 노출의 보정[6]

2) 시끄러움에 관한 騷音評價

대상소음을 옥타브 분석하여 각 밴드 레벨(dB)을 구한 후 각 밴드레벨을 <그림 1>의 NR곡선상에 기입하여 최대의 NR數를 구한 다음 <표 2>의 補正値를 가산하여 그 결과를 <표 3>에 근거하여 평가한다.

<표 2> NRN의 보정치

요 인	조 건	보 정
스펙트럼	순 음	+5
	광 대 역	0
피크펙타	충 격 성	+5
	비 충 격 성	0
반 복 성	연 속	0
	매시 10-60회	-5
	매시 11-10회	-10
	매일 4-20회	-15
	매일 1- 4회	-20
	매 일 1회	-25
습 관 성	습 관 안 됨	0
	다소 습관됨	-5
	상당히 습관됨	-10
시 간	야 간 에 만	+5
	주 간 에 만	-5
계 절	여 름	0
	겨 울	-5
암 소 음	조용한 교외	+5
	교 외	0
	주 택 지	-5
	공장근처 시가지	-10
	중공업 지대	-15

<표 3> 환경 소음의 주관적 평가

NR數	평 가
NR 20 - 25	매우 조용하다
NR 30 - 35	조용하다
NR 40 - 45	조금 시끄럽다
NR 50 - 55	시끄럽다
NR 60 이하	매우 시끄럽다

NR곡선이 특정 공간의 허용 소음 레벨을 결정하는 기준으로 사용될 수 있으며 室用途에 따른 장려 기준은 <표 4>와 같으며 실내의 소음대책을 세울 때는 이 값을 적용할 수 있다 [7].

<표 4> 각 室에서의 소음 표준

NR數	室의 종류
20 - 30	침실, 병실, T.V.스튜디오, 거실, 극장, 교회, 영화관, 콘서트홀, 작은 사무실, 도서관, 강의실, 회의실
30 - 40	큰 사무실, 상점, 대파아트, 조용한 레스토랑
40	知的 작업에 요구되는 평균적 한계
40 - 50	상당히 큰 레스토랑, 타이프가 있는 비서실, 체육관
50 - 60	상당히 큰 타이프실
60	통상 사무실의 평균적 한계
60 - 70	작업장

3. 實驗 方法

3.1 실험기구

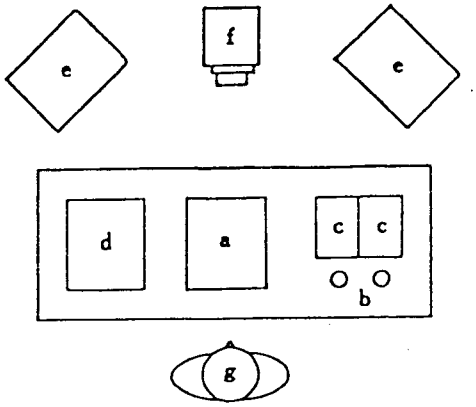
(1) 지시소음계[8] (측정범위 : 35-130 dB) : 1대
(2) 스테레오 장치 : 1 set
(3) 비데오 장치 : 1 set
(4) 실험용지 <그림 3> : A4 지에 3 * 3 cm면을 8행 6열, 計 48개 설정하고, 각 面 안에 중심선을 찍어야 할 스탬프의 색지정 (0 : 스탬프를 찍지 않는다, 1 : 적색, 2 : 청색을 기입하고 있다.
(5) 스탬프 2개. 직경 3cm의 원을 평행한 3줄 기선에서 4등분한 印形의 것.
(6) 스탬프 2개 (적, 청색)

실험기구의 배치는 <그림 4>와 같다.

1	2	0	2	2	1
0	2	1	1	1	2
0	1	2	2	1	0
2	1	2	0	1	2
2	2	1	1	2	0
1	2	0	1	1	2
1	0	2	0	1	2
2	1	2	1	1	1

<그림 3> 실험 용지

a : 실험용지
b : 스템프
c : 스템프臺
d : 완성품 두는 곳
e : 스피커
f : 비데오 카메라
g : 피실험자



<그림 4> 실험 장비

3.2 소음수준의 결정법

소음은 변화가 적은 윤전기의 흡을 카세트 테입에 수록하여 스테레오 장치로 부터 발생시킨다. 흡은 많고 적음이 불규칙으로 변화하기 때문에, 30분간 소음을 발생시켜, 도중 5분 단위의 지시소음계에 의한 소음을 측정하고 소음 레벨을 그 평균치로 한다. 난청을 일으키는 한계는 100dB로 하고 있으므로 [9], 100dB 보다 조금 적은 90dB을 최대치로 하여, 실험에 이용하는 소음수준을 5수준[암소음(54dB), 60, 70, 80, 90dB]으로 한다. 暗騷音[10] (Black Ground Noise : 이하 BGN으로 약칭한다)이란, 어느 장소에 있어서 특정의 흡을 대상으로 하여 고찰 할 경우에, 대상의 흡이 없을때의 그 장소에 있어서 소음을 대상의 흡에 대하여 암소음이라고 한다.

3.3 작업내용

실험에 이용되는 작업의 모델을 선정하는데 있어서, 다음 사항을 고려하여야 한다.

(1) 단순반복되는 동작에서 정확성을 요구하는 동작까지를 작업 중에 포함하고 있는 것.
(2) 제품에 나타난 결과를 평가할 수 있는 것. 여기에서는 완성품 중에 양품과 불량품의 판별이 용이한 것.
(3) 일반적으로 흔히 행하여지고 있는 작업일 것. 소음으로서는 윤전기의 기계소음 재생하여 이용한다.

요소작업 1 : 指定한 스탬프까지 손을 뻗어 스탬프를 쥔다.
요소작업 2 : 스탬프를 스탬프대 까지 운반하고 스탬프에 잉크를 묻히고 실험용지위에 운반한다.
요소작업 3 : 실험용지의 중심선과 스탬프의 중심선이 일치하도록 위치를 정하고 스탬프를 찍는다.
요소작업 4 : 스탬프를 소정의 위치에 두고 실험용지 중의 번호를 보고 "0"이면 찍지 않고, "1"이면 적색 스탬프를, "2"이면 청색 스탬프를 찍도록 한다.

1매의 실험용지가 완료되면, 완성품으로서 완성품을 놓는 장소에 둔다.

3.4 피실험자

피실험자는 학생 (22세, 남자) 2명으로서, 본 실험을 행하기 전에 충분히 작업에 숙달하도록 연습을 한다. 피실험자에게는 실험작업전은 항상 안정한 상태에 있도록 신경을 쓴다. 실험순서는 랜덤하게 행하고, 1인 1일 1실험조건의 작업을 행한다. 본 실험에 있어서 1실험에 필요한 시간을 30분으로 설정한다.

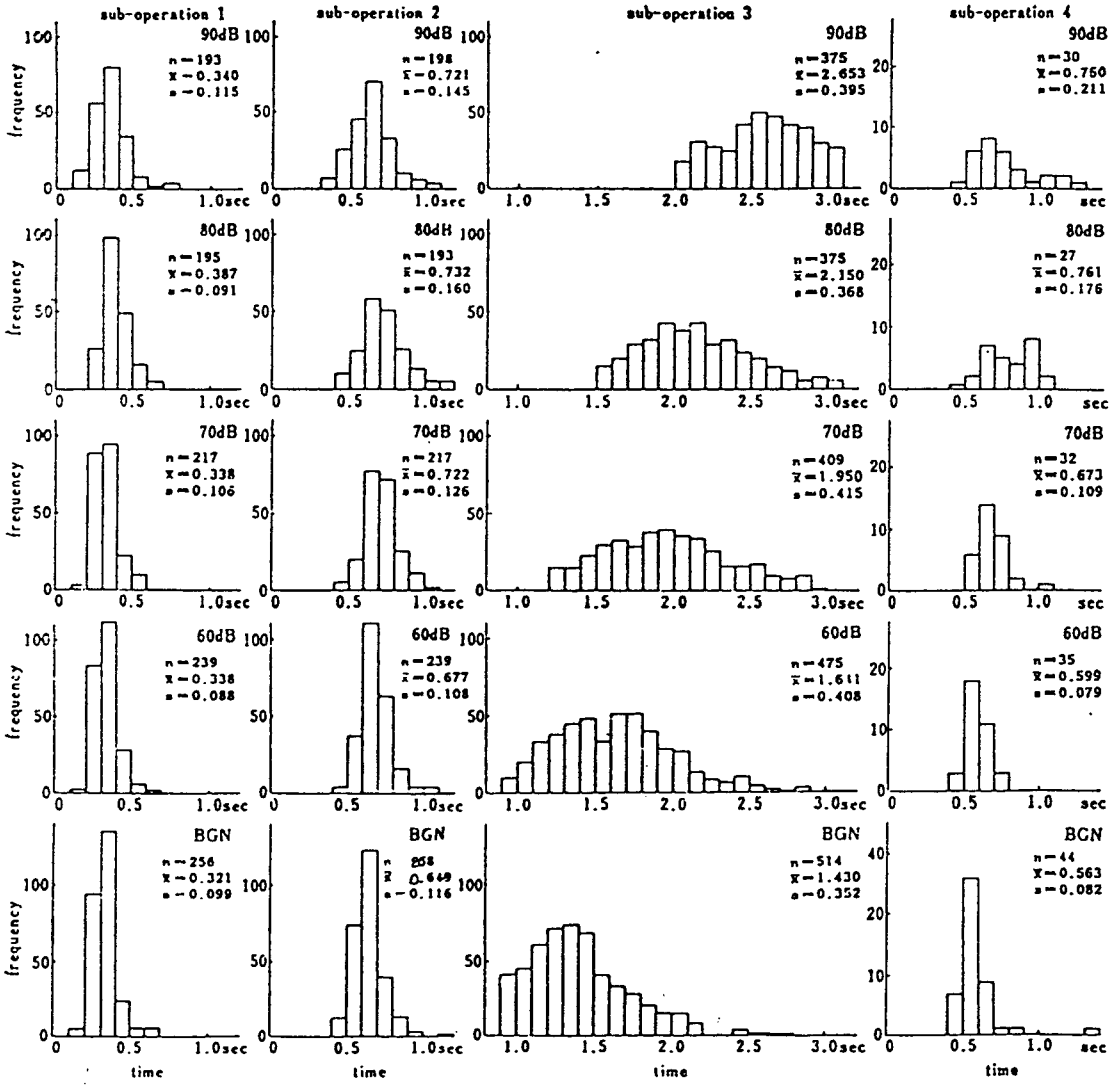
3.5 불량품 발생률의 분석

완성품에 있어서 품질의 양부의 기준으로서 아래와 같은 사항에 해당하는 것을 불량품으로 하고, 불량품의 발생률을 분석한다. 즉, (1) 지정면에서 보여준다. (2) 印字色의 오류 (3) 잘 찍히지 않는것
(4) 印字 중심선의 불일치

4. 實驗 結果 및 考察

각 요소작업에 대하여 소음수준을 변화시켰을때의 소요시간의 분포를 도시하면, <그림 5>와 같이 된다. 또한 그때의 평균시간과 표준편차의 변화를 도시하면 <그림 6>과 같이 된다. <그림 5,6>에서 다음과 같이 얻을 수 있다. 요소작업 1,2에 대하여서는 <그림 5,6>에서 잘 알 수 있듯이, 소음수준이 올라가더라도 소요시간의 평균치 및 찍어내는데는 큰 변화는 인정하지 않는다. (분산분석의 결과, 소음수준간에는 유의차가 없음). 요소작업 3에 대하여는 <그림 5,6>에서 알 수 있듯이, 소요시간의 결과는 소음수준이 올라가더라도 변화하지 않지만, 소요시간의 분포 <그림 5>를 보면 소음수준이 높게 됨에 따라 분포가 오른쪽 방향으로 이동하여 가는 모양이 잘 나타난다. 즉, 평균시간은 요소작업 1,2에 비교하여 크게 됨을 알 수 있다 <그림 6>.(분산분석의 결과 소음수준간은 유의수준까지는 가지 않지만, 소음수준간의 기여율을 구하면, 요소작업1,2의 그것들에 비교하여 상당히 커짐을 알 수 있다). 특히, 90dB에서는 평균치가 크게 되고 있다. 요소작업에 대하여서는 소음수준이 올라감에 따라 소요시간의 평균치는 거의 직선적으로 커지고 있다. 또한 분산은 BGN, 60, 70dB 에서는 그 정도 큰 변화는 아니지만, 80, 90dB에서는 크지않다(분산분석의 결과, 소음수준간의 위험율 1%에서 유의차가 있다).

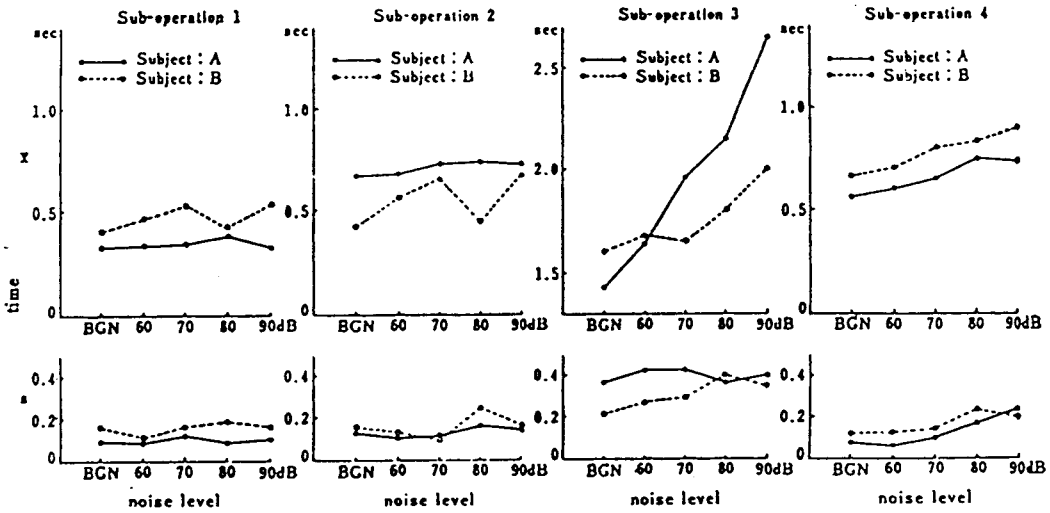
이상과 같이 "손을 펼치고", "움직이고", "잡는" 동작은 소음수준의 변화에 대하여 소요시간의 평균치도 분산도 영향을 받지 않는다고 생각된다. 요소작업3과 같은 실험용지중의 소정의 면의 중심선에



<그림 5> 소음 수준에 관한 요소 작업 시간의 변화

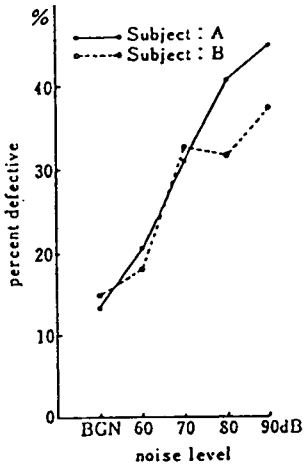
스탬프의 중심선이 일치되도록 찍는 요소동작은 "위치결정" 동작과 "찍는" 동작으로 분할되고 "찍는" 동작은 "움직이는" 동작이라고 생각할 수 있기 때문에 그 동작시간의 평균치도 분산도 소음레벨의 변화에 의한 영향을 받지 않는다고 생각된다. 따라서 요소작업3의 소요시간의 평균치가 소음 레벨의 변화에 의한 영향을 받고 있는 것은 실험용지 중의 중심선과 스템프의 중심선이 일치되도록 찍는것의 "위치결정" 동작에 필요한 시간이 길어지기 때문이라고 생각된다. 이와같이 생각하면 스탬프의 중심선에 일치하도록 찍는 "위치결정" 동작만으로는 그것에 필요한 시간이 측정될 수 없지만, "찍는다"고 하는 것은 "움직인다"는 동작과 조화시킨다는 것에 의하여 그 동작시간의 측정이 가능하도록 되었다.

이와같이 요소작업4에 관해서도, 스템프를 소정의 위치에 "움직이는" 동작과 스템프 색을 "판단한다"의 동작을 결부시켜서, 그 소요시간을 측정함에 따라, "판단한다"고 하는 동작의 소요시간의 평균과 분산의 변화 상태가 파악이 가능하다. 그 결과 요소작업4의 평균시간 및 분산이 소음레벨을 상승시킴에 따라서 커지지 않는 것은 "판단한다"고 하는 동작에 의하여 크게 영향을 받는다고 말할 수 있다. 그것은 소음레벨을 상승시키면 "판단하는" 시간이 더 많이 걸리는 동시에 분산도 커진다고 생각된다.



<그림 6> 소음 수준에 관한 평균 시간 및 표준 편차의 변화

또한, 소음 레벨과 불량품의 발생률과의 관계를 <그림 7>에 나타냈으며, 소음의 증대와 함께 불량품의 발생률이 커지는 것을 알았다.



<그림 7> 소음 수준에 관한 불량률의 변화

5. 結 果

(1) "손을 펼친다"는 동작, "움직인다"는 동작, "붙잡는다"는 동작에 관하여는 별로 소음의 영향은 받지 않는다.
(2) 스탬프를 소정의 위치에 찍는다고 하는 "위치결정" 동작에 관하여는, 소음레벨이 상승됨에 따라 동작시간의 평균치가 커지는 경향이 있다. 오히려, "위치결정" 동작이라고 하는 것은 소음의 영향을 받기 쉽다고 할 수 있다.

(3) 스템프를 찍을까라고 하는 "판단을 따르는" 동작에 대해서는 소음레벨이 올라감에 따른 동작시간이 커지는 것과 함께 분산도 커진다.
(4) 이상을 정리하면, "손을 펼친다"는 동작, "움직인다"는 동작, "붙잡는다"는 동작은 소음의 영향을 별로 받지 않지만, "위치결정" 동작, "판단을 따르는" 동작은 소음레벨이 올라감에 따라 동작시간이 커진다고 할 수 잇다. 이러한 것에서 위치를 정하도록 동작 또는 판단을 동반하듯이 동작을 포함한 작업은 소음의 영향을 받기 쉬울 것으로 생각되므로 소음 수준의 낮은 장소에서 작업하는 것을 희망한다 할 수 있다.
(5) 소음 수준이 올라 감에 따라 불량품의 발생률이 높게 된다.

參 考 文 獻

1. H.W.Lord & W.S.Gatley, H.A.Evensen, Noise Control for Engineers, McGraw-Hill Book Company, 1980, P.36.
2. 金聖繹, 騷音振動便覽, 東和技術, 1990, P.69, PP.77-78, PP.264-267.
3. K.Kroemer, H.B.Kroemer, K.E.Kroemer-Elbert, Ergonomics, Prentice Hall, P.210, 1994.
4. 李 鍵, 建築設計資料集成 I, 建友社, 1982, P.5.
5. ISO R 1996, Acoustic-Assessment of noise with respect to Community Response, 1971.
6. 金光文, 音響設計, 建築設計計劃씨리즈, 1987, PP.26-27.
7. 鄭一錄, 騷音振動學, 新光出版社, 1989, PP.68-69.
8. 日本工業標準調査會 : 普通騷音計 (JIS C 1502), 1-8, 日本規格協會, 1977.
9. 大島正光 : 疲勞の研究, P.286, 同文書院, 1979.
10. 日本工業標準調査會 : 騷音レヘルの測定法 (JIS Z 8731), 1-8, 日本規格協會, 1966.