

# 옵셋 인쇄기계 동력규모 변화에 따른 소음 영향 평가

## The Noise Influence Assessment according to the Change of the Offset Type Print Machine's Power

구진회\*·권명희\*·이우석\*·이재원\*·박형규\*·김삼수\*·  
윤희경\*·이규목\*·정대관\*·서충열\*

Jinhoi Gu, Myunghee Kwon, Wooseok Lee, Jaewon Lee, Hyungkyu Park, Samsu Kim,  
Heekyung Yun, Kyumok Lee, Daekwan Jung and Chungyoul Seo

(Received June 25, 2014 ; Revised August 18, 2014 ; Accepted August 18, 2014)

**Key Words** : Print Machine(인쇄기계), Regression Analysis(회귀분석), Sound Power Level(음향파워레벨)

### ABSTRACT

Nowadays, the needs to revise the classification criteria for noise emission facilities have been suggested by the related industries. Because there existed many reasonable factors in the criteria regarding the noise emission facilities. And the noise emission facility classification criterion of the print machine changed from 50 HP to 100 HP in 2013. But the increasement of the noise emission facility classification criterion of the print machine can cause adverse effects like the bigger noise. So, in this paper, we measured the print machine's sound power level according to the changes of the print machine's power to assess the adverse effects. The measurement method applied with KS I ISO 9614-2(1996). The correlation between the sound power level and the power of print machines was analyzed by regression analysis. In this paper, we found that the sound power level of the print machines can increase about 1.3 dB in the condition of that the power of print machine increases from 50 HP to 100 HP. And we found that the sound power level of the print machines can increase about 1.0 dB for a increasement of 1,000 SPH(sheet per hour) of printing speed. The noise emission characteristics of print machine stued in this paper will be useful to design the noise reduction plan in the future.

### 1. 서론

현행 소음·진동관리법에서 규정하고 있는 소음 배출시설 분류 기준은 오래전('90년대 초)에 분류되어<sup>(1)</sup> 관련 산업계에서 분류 기준의 합리화에 대한 요구가 오랫동안 제기되어 왔다<sup>(2)</sup>. 특히, 옵셋 인쇄

기계의 경우 인쇄기술의 발달에 따라 인쇄방법 및 부속기계 등이 다양화됨에 따라 동력규모가 크게 변화하였다. 이러한 실정을 고려하여 최근 옵셋 인쇄기계의 소음배출시설 분류 기준 상향 조정(50마력→100마력) 필요성에 대한 의견이 '07년 이후 관련 업계에서 제기되어 왔다. 이러한 인쇄기술의 발달에 따른 동력규모 확대 변화 요구에 따라 '13년 11월

† Corresponding Author ; Member, National Institute of Environmental Research  
E-mail : scy12s@korea.kr  
Tel : +82-32-560-8329  
\* National Institute of Environmental Research

‡ Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

에 읍셋 인쇄기계에 한해 소음배출시설 분류기준이 50마력 이상에서 100마력 이상으로 상향 조정되었다. 이러한 규제완화는 설치 허가 또는 신고 대상이 되는 일부 인쇄기계가 주택지역 등에 규제 없이 설치 시 주변지역에 소음피해를 발생할 수 있어 역효과에 대한 검토가 선행적으로 고려되어야 한다. 본 연구에서는 이와 같은 법 개정에 있어서 인쇄기계의 동력규모(마력) 변화에 따른 소음 발생량 변화 분석을 통하여 소음배출시설 분류 기준 합리화(상향 조정)의 적정성을 평가하고자 한다. 그러기 위해 먼저 소음 발생량(음향파워레벨) 실태조사를 통해 인쇄소음의 현황을 파악하고 인쇄기계의 소음배출시설 규제기준의 상향 조정(50마력→100마력)에 따른 주변지역 소음 영향을 평가하였다. 인쇄소음 측정은 서울 등 국내 주요 인쇄시설 밀집지역을 중심으로 하였으며, 측정 단위는 소음원(인쇄기계)의 총 소음발생량을 나타내는 음향파워레벨로 하였다. 소음 측정 결과 총 26대의 인쇄기계 음향파워레벨을 산정하였으며, 마력, 인쇄속도 정보와 음향파워레벨간의 상관관계 분석을 통해 인쇄기계 동력(마력) 및 인쇄속도 변화가 소음 발생량 변화에 미치는 영향을 평가하였다. 이 연구에서 도출된 인쇄기계 동력규모 변화에 따른 소음발생량 변화 평가는 향후 소음저감방안 수립을 위한 기초자료로 활용을 기대할 수 있다.

## 2. 음향파워레벨 측정 및 현황

### 2.1 국내 인쇄사업소 운영 현황 조사

먼저 인쇄기계의 음향파워레벨 측정에 앞서 사전 시장조사를 통해 국내에 가장 많이 설치되어 있는 인쇄기계를 이 연구의 음향파워레벨 측정 대상 인쇄기계로 선정하였다. 수도권 인쇄사업소를 중심으로 인쇄기계 설치현황을 사전조사 한 결과 읍셋 인쇄기(70%), 마스터 인쇄기(25%), 윤전기(5%) 순으로 많이 설치되어 있는 것으로 나타났으며 가장 많이 설치되어 있는 읍셋 인쇄기계\*를 소음 조사 대상으로 선정하였다.

### 2.2 음향파워레벨 측정방법 및 산정

인쇄기계의 음향파워레벨 측정은 KS I ISO



(a) Master print machine



(b) Offset print machine



(c) Rotary print machine

Fig. 1 Three kinds of print machine

9614-2(스캐닝에 의한 측정) 방법을 준용하였으며<sup>(3)</sup>, 서울 주요 인쇄사업소를 중심으로 26대의 읍셋 인쇄기계에 대하여 음향파워레벨을 측정하였다. 측정 시 인쇄기계 작동조건은 KS I ISO 9614-2(스캐닝에 의한 측정) 규격에 따라 ‘통상의 사용상태에서의 음의 발생이 최대가 되는 인쇄속도’로 하였으며, 인쇄기계 음향파워레벨 측정면은 인쇄기계를 중심으로 앞, 뒤, 좌, 우, 천정 면으로 구분(총 5개)하여 음향파워레벨을 측정하였다. 각 측정면에 대한 음향파워레벨 측정 시간은 측정의 정밀도를 높이기 위하여 최소 3분 이상으로 하였다.(KS I ISO 9614-2는 20

\* 읍셋 인쇄기계는 인쇄판에서 직접 피인쇄물에 인쇄를 하지 않고 증개구실을 하는 고무인쇄드럼에 1차 인쇄한 다음 고무인쇄드럼에서 피인쇄물에 2차 인쇄하는 방식의 인쇄기계

초 이상 권고) 인쇄 중 종이 가 걸려 인쇄기계 작동이 멈추거나 종이에 잉크 찍힘 없이 종이만 순환되거나 하는 등 비정상적인 인쇄 작동이 있는 경우는 측정 데이터에서 제외하였다. 이렇게 하여 측정된 각 측정면(앞, 뒤, 좌, 우, 천정 면)의 음향파워레벨 측정값은 다음 식 (1)의 음향파워레벨 산출 식에 따라 최종 음향파워레벨이 산정되었다.

$$L_W = 10 \log \left( \sum_{i=1}^5 \frac{P_i}{P_0} \right) \text{dB} \quad (1)$$

여기서,  $P_i$  :  $i$ 번째 측정 면의 부분 음향파워레벨  
 $P_0$  : 기준 음향파워레벨( $10^{-12} \text{ W/m}^2$ )

### 2.3 음향파워레벨 현황

이 연구에서 측정 한 읍셋 인쇄기계 음향파워레벨은 Fig. 2와 같으며, 좌측과 우측 그래프는 각각 생산년도에 따른 인쇄기계 동력규모 및 음향파워레벨을 나타낸다. Fig. 2에서 인쇄기계 동력규모(마력) 및 소음발생량(음향파워레벨, dB(A))은 2000년 이전 생산제품의 경우 각각 25~49마력, 95.8~101.7 dB(A)로 나타났고 2000년 이후 생산제품의 경우 55~100마력, 92.1~101.9 dB(A)로 나타나 과거에 비해 인쇄기계 동력규모는 2배가량 높아졌으나 소음발생량은 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다. 이는 읍셋 인쇄기계의 동력규모 증가는 2000년 이전에 대부분 2~5색도\*의 인쇄기계가 생산된 반면 2000년 이후에는 인쇄기술 발달로 4~6색도(색상 및 화소 증가)의 인쇄기계가 생산된 것에 기인한다. 또한, 인쇄 기능 다양화(건조 및 코팅 등) 등의 영향으로 동력규모가 증가하였지만 그럼에도 불구하고 소음발생량은 큰 변화가 없는 것으로 나타났는데 이는 읍셋 인쇄기계의 구조적인 특성에 기인하는 것으로 분석된다. 즉, 읍셋 인쇄기계의 인쇄 프로세스를 보면 인쇄판에서 직접 피인쇄물에 인쇄를 하지 않고 중개 구실을 하는 고무인쇄드럼에 1차 인쇄한 다음 고무인쇄드럼에서 피인쇄물에 2차 인쇄하는 방식으로 인쇄가 이루어져 종지와 인쇄판 간의 마찰에 의한 소음 발생량이 적은 특성이 있다. 이러한 특성으로 인해 비록 동력규모는 증가하였으나 인쇄기계의 저소음

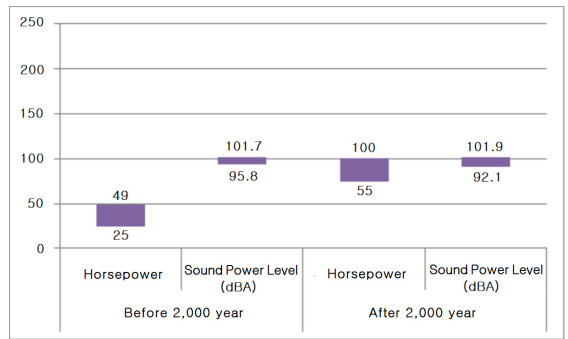


Fig. 2 Comparison of sound power level and the horsepower of print machine

인쇄기술 발달로 소음발생량 증가는 제한적으로 나타나고 있다.

## 3. 읍셋 인쇄기계 소음배출시설 규제 완화에 따른 소음 변화 고찰

### 3.1 회귀분석

이 연구에서는 소음배출시설 분류 기준 완화에 읍셋 인쇄기계 소음 발생량 증가에 어떠한 영향을 주는지를 회귀분석을 통해 검토하였다.

먼저 회귀분석은 총 26대의 읍셋 인쇄기계 음향파워레벨 및 마력(HP), 인쇄속도(SPH, sheet per hour) 정보를 토대로 하였다. 회귀분석에 사용된 프로그램은 MathWorks社(사)의 Matlab 7.0의 신호처리 패키지(signal processing toolbox)를 이용하였다. 먼저 회귀모델은 식 (2) 및 (3)과 같이 선형 모델(linear model)과 비선형 모델(nonlinear model)로 설계하였으며,<sup>(4)</sup> 각 회귀모델의 계수( $b_0, b_1, b_2$ )를 산정 후 회귀모델의 적절성에 대한 평가 지표로 사용되는  $R^2$ (결정계수, coefficient of determination) 값을 각 모델별로 산정·비교하여  $R^2$ 값이 큰 모델을 우수한 회귀모델로 선정하였다<sup>(5)</sup>.

선형 모델:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 \quad (2)$$

비선형 모델:

$$y = b_0 + b_1 \log(x_1) + b_2 x_2 \quad (3)$$

\* 색도는 인쇄기계가 몇 가지 색을 이용하여 인쇄하는지를 나타내며 일반적으로 4색도, 5색도, 6색도를 가장 많이 사용하며 최근 10색도 인쇄기계도 일부 사용함

여기서,  $y$ : 인쇄기계 음향파워레벨 실측값  
 $b_0, b_1, b_2$ : 각각 상수, 마력(HP), 인쇄속도(SPH, sheet per hour)  
 $x_1, x_2$ : 각각 마력 및 인쇄속도에 대한 실측값

Table 1은 인쇄기계 음향파워레벨의 선형 회귀 모델과 비선형 회귀모델에 대한 결정계수( $R^2$ )를 나타낸다. 선형 모델과 비선형 모델의  $R^2$ 값을 비교한 결과 Table 1과 같이 비선형 모델의  $R^2$ 값이 0.713으로 선형 모델의  $R^2$ 값 0.492보다 크게 나타나 이 연구에서는 식 (3)과 같은 비선형 회귀모델을 인쇄기계의 음향파워레벨 회귀모델로 선택하였다. 이는 인쇄기계의 음향파워레벨이 기계 동력규모(마력, HP) 증가에 대해 비선형적으로 증가하는 경향과도 일치한다. 회귀모델의 결정계수값(0.713)은 비교적 작은 수치로 나타났는데 이는 현장에서 실제로 가동중인 인쇄기계의 음향파워레벨 정보를 토대로 비선형 회귀모델이 설계되어 여러 가지 외부요인(사용 횟수 차이에 따른 감가상각 등)에 의한 것으로 분석된다.

식 (3)에서 회귀변수  $b_0, b_1, b_2$ 는 Matlab 7.0의 signal processing toolbox에서 제공되는 LMS(least mean square) 방법(회귀모델의 예측값과 실측값 간 오차의 제곱합이 최소화 하도록 회귀변수  $b_0, b_1, b_2$ 를 찾는 알고리즘)을 이용하여 도출하였다. Table 2는 이 연구에서 도출된 회귀변수  $b_0, b_1, b_2$ 를 나타내며 각각 76.768, 4.197, 0.001로 도출되었다. 최종 인쇄기계 음향파워레벨 회귀모델은 ' $y = 76.768 + 4.197 \times \log(x_1) + 0.001 \times x_2$ '와 같으며 이

**Table 1** The comparison of the  $R^2$  value between the linear model and the nonlinear model

Coefficient of determinant	Linear model	Nonlinear model
R2	0.492	0.713

**Table 2** The regression parameters( $b_0, b_1, b_2$ ) and coefficient of determinant derived by the nonlinear regression model.

$b_0$	$b_1$	$b_2$
76.768	4.197	0.001

회귀 모델의 음향파워레벨 예측을 위한 마력 및 인쇄속도 적용구간은 각각 25.0~101.9 마력, 6,500~13,500 SPH(sheet per hour)이다. 또한, 이 회귀 모델의 95 % 신뢰도로 추정하는 오차범위는  $\pm 3.2$  dB(A)이다.

### 3.2 인쇄기계 동력 변화에 따른 소음발생량 (음향파워레벨) 변화 평가

이 연구에서 도출된 비선형 회귀모델  $y = b_0 + b_1 \log(x_1) + b_2 x_2$ 에서 ' $b_0$ '는 상수로써 76.768로 일정한 값을 가지며 ' $b_1 \log(x_1)$ ' 항은 인쇄기계 동력 변화에 따른 음향파워레벨의 변화를 나타내고 ' $b_2 x_2$ ' 항 인쇄기계의 인쇄속도 변화에 따른 음향파워레벨 변화를 나타내는 항이다. 따라서 도출된 회귀모델의 동력변화를 나타내는 항 ' $b_1 \log(x_1) = 4.197 \log(x_1)$ '으로부터 인쇄기계의 소음배출시설 분류 기준 변화에 따른 소음발생량 변화를 평가하였다. 즉, 인쇄기계 소음배출시설 분류 기준이 50마력('13.11월 이전)에서 100마력('13.11월 이후)으로 2배 상향 조정되면 100마력 이내의 인쇄기계는 지자체 신고 또는 허가 없이 주거지역에 설치 가능하게 되고 이에 따라 기존 50마력 인쇄기계가 100마력 인쇄기계로 교체 시 인쇄기계 소음발생량(음향파워레벨) 증가는 약 1.3 dB( $=4.197 \log(100) - 4.197 \log(50)$ )로 나타났다. 또한, 회귀모델의 인쇄속도 변화를 나타내는 항 ' $b_2 x_2 = 0.001 \times x_2$ '으로부터 인쇄속도가 1,000 SPH(sheet per hour)씩 증가할 때마다 음향파워레벨은 약 1.0 dB( $=0.001 \times 1,000$ (SPH)) 증가할 것으로 나타났다. 통상, 오프셋 인쇄기계의 인쇄속도가 10,000~13,000 SPH임을 고려할 때, 동일한 인쇄기계라 할지라도 작동되는 인쇄속도에 따라 최대 3.0 dB 가량 소음발생량에 차이가 있을 수 있음을 나타낸다. Table 3은 이 연구에서 도출된 인쇄기계 음향파워레벨 회귀모델로부터 동력규모 및 인쇄속도 변화에 따른 음향파워레벨 변화를 나타낸다. 동력규모 변화는 50마력에서 100마력으로, 인쇄속도 변화는 3,000 SPH 변화로 가정하였다. Table 3으로부터 동력규모가 50마력에서 100마력으로 변화 시 음향파워레벨 증가는 통상적인 인쇄기계 인쇄속도 차이에 따른 음향파워레벨 차이(3 dB) 대비 1/2수준 이하로 낮음을 알 수 있다.

**Table 3** The comparison of the change of sound power level caused by the changes of horsepower and print speed(SPH)

Nonlinear regression model	Change of horsepower( $x_1$ ) from 50 HP to 100 HP	Change of print speed( $x_2$ ) for 3,000 SPH
$y = 76.768 + 4.197 \log(x_1) + 0.001(x_2)$	1.3	3.0

따라서 읍셋 인쇄기계의 소음배출시설 분류 기준 증가(50 마력→100 마력)에 따른 소음발생량 증가 (1.3 dB) 영향은 통상적인 인쇄속도 차이에 따른 소음 차이에 비해 매우 작아 소음배출시설 분류 기준 완화에 따른 주변 지역 소음 영향은 매우 제한적일 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

이 연구에서는 읍셋 인쇄기계 소음배출시설 분류 기준(소음진동관리법 시행규칙 별표1)이 50마력 이상에서 100마력 이상으로 상향 조정 시 이에 따른 인쇄기계 소음발생량 변화를 회귀분석을 통하여 고찰하였다.

먼저 서울 등 국내 주요 인쇄시설 밀집지역을 중심으로 중소 인쇄업소에서 가장 많이(약 70% 가량) 사용되는 읍셋 인쇄기계의 동력규모 및 음향파워레벨을 조사한 결과, '00년 이전 생산제품의 경우 각각 25~49마력, 95.8~101.7 dB(A)로 나타났고 '00년 이후 생산제품의 경우 55~100마력, 92.1~101.9 dB(A)로 나타나 과거에 비해 인쇄기계 동력규모는 2배가량 높아졌으나 소음발생량은 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다. 이는 인쇄 기능 다양화(건조 및 코팅 등) 및 색도 증가 등의 영향으로 동력규모가 증가하였지만 읍셋 인쇄기계의 인쇄기술 발달(인쇄관에서 직접 피인쇄물에 인쇄를 하지 않고 중개구실을 하는 고무인쇄드럼에 1차 인쇄한 다음 고무인쇄드럼에서 피인쇄물에 2차 인쇄하여 종이와 인쇄판 간의 마찰에 의한 소음발생량이 적음)로 소음 발생이 저감되었기 때문이다. 이러한 조사 결과는 읍셋 인쇄기계의 경우 소음배출시설 분류 기준이 오래 전('90년대 초)에 규정되어 현재의 실정에 맞는 기준 합리화가 필요하며 읍셋 인쇄기계의 소음배출시설

분류 기준 상향 조정 필요 및 당위성에 대한 근거로써 의미를 갖는다.

읍셋 인쇄기계의 소음배출시설 분류 기준 상향 조정에 따른 소음 발생량(음향파워레벨) 변화를 회귀분석을 통하여 고찰한 결과 기존 읍셋 인쇄기계를 50마력에서 100마력 인쇄기계로 교체 시 약 1.3 dB 가량 소음 발생량(음향파워레벨)이 증가하는 것으로 나타났다. 통상적인 인쇄과정에서의 인쇄속도 변화(3,000 SPH)에 따른 소음 발생량 변화가 약 3.0 dB 가량 된다는 것을 고려할 때, 소음배출시설 분류 기준 상향 조정에 따른 소음발생량 증가는 매우 제한적일 것으로 평가된다. 따라서, 국내 인쇄시설 설치·운영 실정을 고려할 때 읍셋 인쇄기계의 소음배출시설 분류기준 합리화(50 마력→100 마력)는 적정한 것으로 판단된다.

#### References

- (1) Noise and Vibration Management Act, 2013, The Ministry of Environment, p. 125.
- (2) Gu, J. H., 2013, Study on a Applicability of the Low Noise Labeling System for a Construction Machinery, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 23, No. 11, p. 983.
- (3) KS I ISO 9614-2(Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity-part 2: Measurement by scanning), 1996, International Standard Organization.
- (4) Raymond H. Myers, 2000, Classical and Modern Regression with Applications, Duxbury Press, Second Edition.
- (5) Lay, D. C., 2005, Linear Algebra And Its Applications, Addison-Wesley Press, Third Edition.



**Jinhoi Gu** received a master's degree in mechanical engineering at University of Inha in 2005. He is a senior researcher in National Institute of Environment Research.