

레저용 사격 소음에 대한 주관적 반응

On the subjective response caused by impulse sounds
produced by leisure shooting

김득성[†] · 장서일*

Deuk-Sung Kim and Seo-Il Chang

Key Words : Impulsive Noise(충격성 소음), A-weighted Sound Exposure Level(ASEL, A보정 단발소음노출레벨), Subjective response(주관적 반응).

ABSTRACT

This research presents a laboratory study about an subjective response of impulsive sound caused by leisure shooting. The sources are sampled from outdoor noise and their levels range from 40 to 75 dB at the interval of 5dB. The noise unit is based on A-weighted sound exposure level (ASEL; L_{AE}). To make equal ASEL of outdoor noise, finite impulse response (FIR) filter is applied to the originally sampled source to include the effect of distance attenuation. The evaluation method of the jury test adopted a Semantic Difference(SD) Method. In the result of the jury test for impulsive noise, the mean response rating expressed a linear relation and %HA(percent highly annoyed) displayed a exponential growth relation.

1. 서론

충격성 소음에는 여러 음원들이 존재한다. 흔히 접할 수 있는 음원들이 있는가 하면, 쉽게 접할 수 없는 특수 환경에서만 발생하는 음원들이 있다. 전자의 경우는 건설공사장에서 사용되는 브레이커, 향타기와 폭약 발파 작업에서 발생하는 충격성 소음이 포함된다. 이 음들은 실생활에서 어노이언스를 유발하는 주된 음원들이다. 후자의 경우, 레저용이나 군사용으로 사용되는 총포류 소음 등이 있으며, 이러한 소음은 일반인들이 쉽게 접할 수 없는 경우이다.

기존의 공사장 관련 청감실험 결과¹⁾에서는 레벨이 증가함에 따라 발파소음이 더 높은 주관적 반응을 나타냈다. 하지만, 총포류 관련 실험은 국외의 경우와는 달리 국내에서는 거의 연구되지 않고 있다. 국내의 경우, 교통(도로, 철도, 항공기)소음²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾이나 실내 소음⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ 등과 같은 실생활과 직접 관련된 연구들이 주를 이루고 있으며, 설문 조사와 청감실험들이 대다수를 차지하고 있다. 총포류 소음과 관련된 국외 연구결과¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾들을 살펴보면, 총포류(충격성) 소음에 대한 피험자들의 어노이언스 반응, 교통소음과의 관계 및 보정치(penalty) 그리고 적합한 가중곡선 선택 등의 다양한 연구들이 발표되고 있다.

본 연구에서는 총기류 충격성 소음에 대한 주관적 반응을 예측해보고자 레저용 사격(22~48구경 및 엽총) 소음을 대상으로 청감실험을 실시하였다. 기존 연구 결과(낮은 레벨에서 소형 총포류 소음이 더 어노이언스하며, 레벨이 증가할수록 중·대형 총포류의 소음이 더 성가심¹³⁾)와 청감 실험 결과를 비교·분석하였고, 전체적인 경향성을 제시하였다.

충격성(Impulsive) 소음은 “소리의 세기가 매우 빠른 속도로 증가하고 지속시간이 짧은 소음”으로 정의¹⁶⁾하며, 주관적 평가(%HA) 또한 교통 소음에 대한 평가¹⁷⁾(A-보정 L_{eq} , L_{DN} 또는 L_{DEN})와는 다른 단위인 ASEL(A-weighted Sound Exposure Level)로 평가한다. ASEL은 단일 소음이벤트에서 발생된 전체 소음 에너지를 나타내며, 시간에 따라 변하는 단일 소음 이벤트 레벨의 전체 소음 에너지와 같은 에너지를 가지는 소음레벨이 1초 동안 유지되는 연속소음레벨로서 정의¹⁸⁾한다. L_{Aeq} 와 ASEL과의 관계¹⁹⁾는 측정시간 동안의 L_{Aeq} 에 $10\log(T)$ 를 더하여 구할 수 있다. 본 연구에서는 기존 연구 결과¹¹⁾를 참조하여, ASEL을 충격성 소음의 물리적 단위로 사용하였다.

또한, 소리에 대한 속성은 라우드니스, 노이즈니스 그리고 어노이언스로 구별되며, 어노이언스가 음향학적 인자들 뿐만 아니라 비음향학적 인자들의 영향을 받는 가장 포괄적인 개념으로 사용²⁰⁾된다. 하지만 일반인이 세 가지 속성을 정확히 구별하는 것은 거의 불가능하다. 일본과 영국에서는 노이즈니스와 어노이언스의 의미를 비슷하게 사용하

† 서울시립대학교 환경공학과 대학원
E-mail : kgrz@naver.com
Tel : (02) 2210-2986, Fax : (02) 2210-2877

* 서울시립대학교 환경공학부

며, 독일과 영국에서는 라우드니스와 어노이언스의 의미를 유사하게 사용한다는 연구 결과²⁰⁾²¹⁾도 발표되었다.

기존 연구 결과²²⁾²³⁾에서는 서로의 음질 인덱스를 동일하게 맞추기 위한 보정(calibration) 과정을 실시하여 라우드니스와 노이즈니스 그리고 어노이언스를 명확히 구별할 수 있었다. 따라서 세 가지 음질 속성을 보정 등과 같은 과정을 거치지 않고 직접 구별하기는 힘들 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 기존 연구들²⁰⁾²¹⁾에서 정의된 내용과 결과에 따라 기초 단위인 ‘라우드니스’ 개념을 채용하였다. 이는 기존 연구들²⁰⁾²¹⁾에서도 지적한 바, 청감실험으로 어노이언스를 표현하기 힘들기 때문이다. 또한, 상위 개념으로, %HA (percent highly annoyed)를 사용하였는데, 이는 11점 척도의 경우, 상위 27%, 7점 척도의 경우 상위 29%에 응답한 사람들의 비율²⁴⁾이다.

본 연구는 폭발성 충격소음에 대한 주관적 평가와 관련된 연구의 일환으로, 총기류 소음을 이용하여 음원 레벨에 따른 주관적인(%HA) 평가를 실행하였다. 본 연구는 실외 소음과 실내 소음(단일 및 이중창 TL 적용)에 대한 실험을 실시하였으며, 이 논문에서는 실외 소음에 대한 주관적 반응 결과(SD 방법)만을 제시하였다.

2. 음원 특성 및 실험 방법

2.1 음원 특성 및 청취 레벨

청감실험에 사용되는 음원은 흔히 레저용으로 사용되는 엽총(구경 : 12 게이지, Clay Pigeon Shooting(ClayPS)) 및 권총(구경 : 22, 35, 38, 48) 등 5개의 음원을 사용하였다. 음원은 경기도 화성시와 서울 잠실(실내)에 위치한 사격장에서 측정하였다. 측정은 Dummy(HEADacoustics, HMS III, Binaural) 장비를 사용하였으며, Sampling Rate 은 48kHz, Resolution은 24bit로 설정하여 녹음하였다.

Figure 1은 대상음원의 시간 이력 특성을 보여준다. 진폭의 크기는 다르지만, 패턴은 음원 모두 비슷하다. Figure 2는 대상음원 주파수 특성과 청취레벨(40~75ASEL)의 주파수 특성을 나타낸 것이다. 주파수 특성을 보면, 모두 고주파 성분을 다량 포함하고 있는 것을 알 수 있다.

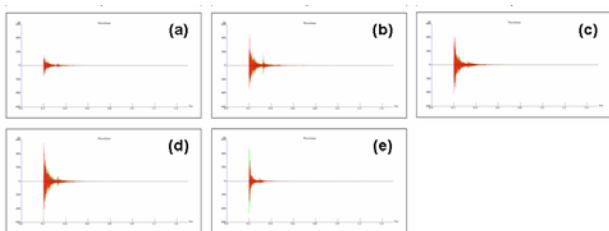


Figure 1. Time histories of leisure guns classified by a caliber : (a) Pistol-22, (b) Pistol-35 (c) Pistol-38, (d) Pistol-48, (e) Clay Pigeon Shooting.

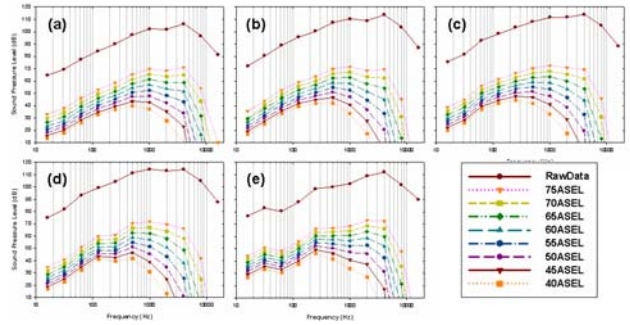


Figure 2. Frequency feature of original and listening sources : (a) Pistol-22, (b) Pistol-35 (c) Pistol-38, (d) Pistol-48, (e) Clay Pigeon Shooting.

청감실험에 사용되는 음원은 Figure 2에 제시된 40~75ASEL에 해당하는 음원을 사용한다. 청감 레벨의 제작 과정은 다음과 같다.

- ① 옥외 소음 전파 감쇠량(계수)을 계산할 수 있는 ISO 9613-1²⁵⁾과 -2²⁶⁾를 이용하여 주파수에 따른 감쇠계수(지향지수, 기하학적 확산, 공기흡음 및 지반 영향에 의한 감쇠인자 고려, 구조물 효과 및 기타효과 영향 배제) 계산
- ② ①과정에서 계산된 감쇠계수들을 청취 레벨별로 FIR(Finite Impulse Response) 필터 제작
- ③ 레벨별로 제작된 FIR 필터를 원음원에 적용시킴 (레벨 오차 발생시 반복 시행)

FIR 필터는 위상차가 발생하지 않는 중요한 특성을 가진 필터로, 청취음원 제작에 적절한 필터이다.²⁷⁾ FIR 필터는 T-DAS(MTS사) 프로그램으로 제작하였고, 음원은 Sound Quality 3.7(MTS사) 프로그램으로 제작하였다.

제작된 청취레벨은 레벨 간격 5dB(A), 레벨 수 8개, 청취음원 6개(대상음원+기준음원(Pink-Noise)) 등으로 총 48개(5×8(대상음원)+1×8(기준음원))이다. 기준음원으로 사용된 Pink-Noise는 FIR 필터를 사용 않고 제작된 원음을 사용하였고, 이 음원은 기준음원으로 사용하는 것이기 때문에 화면 제공 여부와는 상관없이 실행하였다.

2.2 실험 장소, 방법 및 피험자들

실험은 청감실에서 실행하였다. 청감실의 제원 및 사양은 AES(Audio Engineering Society) 기준²⁸⁾ 및 SAE (Society of Automotive Engineers) 가이드라인²⁹⁾과 비교하여 Table 1에 정리해 놓았다. Table 1에 제시된 기준 또는 가이드라인은 서로 대상이 다르지만, 청감실이나 청감 실험을 위해 필요한 권고사항들이다. 실험에 사용된 청감실은 두 기준에 대부분 만족하고 있기 때문에, 청감실험에 적당한 장소로 판단된다.

음은 3가지 방식으로 들려주었다. 첫 번째 방식은 청취 레벨이 낮은 음(40ASEL)부터 높은 음(75ASEL)으로 들

려주어(Bottom-Up(BU) 방식) 소리를 평가하도록 하였다. 두 번째 방식은 청취레벨을 고려하지 않고 모든 음을 랜덤(Random(R) 방식)하게 들려주고 소리를 평가하도록 하였다. 마지막 방식은 청취레벨이 높은 음부터 낮은 음으로 들려주며(Top-Down(TD) 방식) 소리를 평가하도록 하였다. 이는 기존 실험결과¹⁾에서 음원을 들려주는 방식에 따라 피험자들의 반응이 서로 다르게 나타났기 때문에, 다른 음원에서도 동일한 특성을 보이는지 확인하고자 기존 실험 방법과 동일하게 실시하였다.

Table 1. Comparison of the characteristic between listening room and AES standard²⁸⁾ or SAE guideline²⁹⁾.

항 목	AES	SAE	청감실
Test 공간 면적(m ²)	20 이상	-	19.7
최소 천장 높이(m)	2.1	-	2.445
체적(m ³)	50~150	-	63.4 ^{비고3)}
NRC ^{비고3)}	-	-	0.835
배경소음	dB(A)	35 이하	22.6
	dB(C)	50 이하	45.4
	NCB ^{비고4)}	-	20 이하
NR(dB) ^{비고5)}	-	-	20
측정 장비	Type 1 or 0	-	Type 1
온도	-	72~75° F ^{비고2)}	22~24° C
습도	-	45~55%	45~55%
공기순환	-	-	흡배기시설
실험 장비	스피커	헤드폰 권장	헤드폰 사용

- 비 고 : 1. 체적은 컨트롤 룸(15.3m³) 체적을 포함한 값임.
 2. 72~75° F는 22.2~ 23.9° C에 해당함.
 3. NRC=Noise Reduction Coefficient
 4. NCB=Balanced Noise Criterion³⁰⁾
 5. NR=Noise Reduction.

실험평가는 SD(Semantic Differential)²⁹⁾ 방법을 사용하였다. SD 방법은 일반적으로 서로 상반되는 반의어(형용사구)를 사용하고, 서로 상반되는 형용사구 사이에 적절한 부사어를 삽입하여 그 음의 크기나 척도를 구성한다. 일반적으로 사용되는 척도는 5점, 7점, 11점 척도들이 많이 사용된다. 본 연구에서도 7점 척도를 사용하여 주관적 평가를 실행하였다. Figure 3은 본 연구에서 사용된 7점 척도 평가 단계를 나타낸 것이다.



Figure 3. Semantic Differential Scale (7 point).

피험자들에게는 실험하기 전 기초 설문조사와 청력검사를 실행하였다. 실험에 참여한 총 인원수는 78명(여자 : 23명, 남자 : 55명)이며, 실험 대상 평균연령은 22.3세(18~30세)였다. 헤드폰(이어폰) 착용에 대한 질문에서는 58명(74.4%)이 항상 착용을, 20명(25.6%)이 미착용하는 것으로 응답했다. 또한, 총포류 소음을 들어본 경험에 대한

결과는 34명(43.6%)이 직·간접적으로 들어본 적이 있는 것으로 응답했다. 실험에 참여한 피험자들의 청력검사 결과는 모두 정상청력으로 판명되었다.

실험은 총 인원을 두 그룹(Odd와 Even-Group)으로 나누어 실험 설계를 달리하였다. Odd 그룹은 실내에서 실외로 나가는 구조로 실험을 설계하였고, Even 그룹은 실외에서 실내로 들어오는 구조로 실험을 설계하여 음에 대한 주관적 반응을 평가하도록 하였다. 이는 기존 연구¹³⁾에서 피험자들의 반응 편중을 예방하기 위해 사용되었다. 따라서 주관적 반응의 최종적인 결과는 두 설계방법의 결과를 통합하여 제시할 것이다.

총 실험시간은 약 3시간 정도로 이틀에 걸쳐 진행하였다. 실험인원은 한 번에 3 또는 4명씩 그룹을 지어 동시에 참여하였다. 음원은 헤드폰을 통해 재생하였고, 현장감을 주기 위해 현장 사진을 대형 PDP로 제공하고, 실험 과정 모니터는 개인별로 별로 제공되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 실험결과(대상소음)

충격성 소음(레저용 사격 소음) 청감실험의 주관적 평가 결과는 반응 평균 평가치(mean response rating)와 6점(매우)과 7점(엄청나게) 척도를 선택한 피험자들의 퍼센트를 나타낸 %HA를 제시하였다.

Figure 4와 5는 3가지 방식(BU, R, TD)에 따라 Odd와 Even 그룹의 반응 평균 평가치와 %HA 결과를 나타낸 것이다. 두 그룹의 결과를 보면, 전체적으로 실내에서 실외로 나가는 형식으로 실험 설계된 Odd 그룹이 실외에서 실내로 들어오는 형식으로 설계된 Even 그룹보다 더 높은 반응을 나타내고 있다. Figure 6은 위의 결과들을 보다 자세히 살펴보기 위해, 3가지 방식을 종합하여 단일 곡선으로 나타낸 것이다. 이 결과는 Odd와 Even 그룹 간, 반응 평균 평가치와 %HA의 차이를 확실히 보여주고 있다.

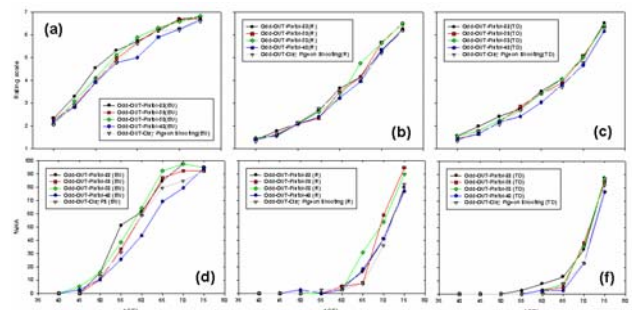


Figure 4. Mean response rating and %HA results of Odd-Group according to three test methods in the outdoor condition, as a function outdoor ASEL : (a) BU-rating, (b) R-rating, (c) TD-rating, (d) BU-%HA, (e) R-%HA, (f) TD-%HA

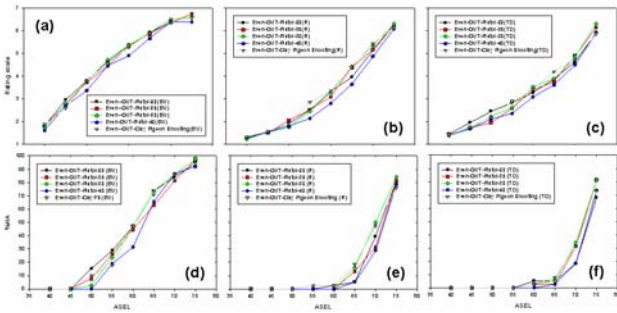


Figure 5. Mean response rating and %HA results of Even-Group according to three test methods in the outdoor condition, as a function outdoor ASEL : (a) BU-rating, (b) R-rating, (c) TD-rating, (d) BU-%HA, (e) R-%HA, (f) TD-%HA

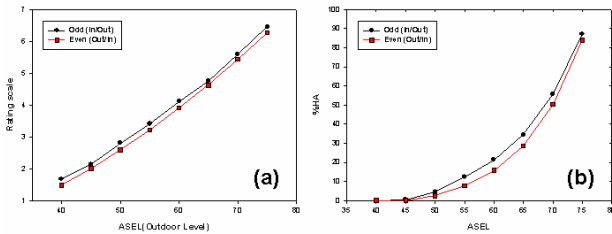


Figure 6. Comparison of Odd and Even-Group : (a) mean response rating, (b) %HA.

Figure 6의 결과를 살펴보면, 레벨마다 오차는 있으나, 반응 평균 평가치는 약 0.175 (0.128~0.215, 1ASEL) 정도이고, %HA는 약 4.4(2.0~5.8, 45ASEL 이하 제외) 정도 차이를 나타냈다. 이처럼 설계 방식에 따라 대상소음에 대한 주관적 평가는 달라질 수 있다는 것을 나타낸다.

Figure 7은 테스트 방법에 따른 주관적 반응의 차이를 나타낸 결과로, 두 실험 그룹(Odd와 Even-Group)의 결과를 종합하여 테스트 방법에 따라 단일곡선으로 나타낸 것이다. 이 결과에서도 3가지 테스트 방식(BU, R, TD)에 따라 주관적 평가가 달라질 수 있다는 것을 나타내고 있다. 랜덤(R 방식)하게 들려주거나, 큰 소리부터 작은 소리(TD 방식)로 들려주는 경우보다 작은 소리부터 큰 소리(BU 방식)로 들려줄 경우 소리에 더 예민해 짐을 알 수 있다. 테스트 방법에 따른 결과는 BU>R≥TD 순이었다.

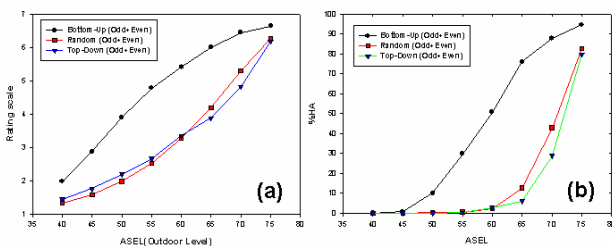


Figure 7. Single curves classified by the three test methods : (a) mean response rating, (b) %HA.

위의 결과들에서 테스트 방식이나 실험 설계 방법에 따라 결과의 차이가 나타날 수 있다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 편중현상을 보완하기 위해서 두 그룹의 주관적 반응 결과(테스트 방법 및 설계 방식)를 통합하여 단일 곡선으로 제작하였다.

다음 Figure 8은 이렇게 통합된 결과를 음원별로 반응 평균 평가치와 %HA 결과를 제시한 것이다. 실험결과는 실험 대상 음원 중 60ASEL까지는 22구경(5.6mm) 권총의 소리가, 60ASEL 이상부터는 38구경(9.7mm) 권총의 소리가 주된 소음임을 나타내고 있다. 이 결과를 기존 연구¹³⁾ 결과(실외 소음, 소음레벨이 작을수록 구경이 작은 총포류의 소리가 어노이언스에 큰 영향을 미치며, 소음레벨이 증가할수록 구경이 큰 총포류의 소리가 어노이언스의 주된 음원으로 작용)와 비교해 보면, 레벨이 낮을 경우에는 일치하지만, 레벨이 높을 경우에는 예상과는 다른 결과를 나타냈다. 이러한 차이는 기존 연구¹³⁾에서 사용된 음원의 구경은 7.6mm부터 155mm까지 다양한 구경으로 실험한 결과를 제시하고 있는 반면, 본 연구에서 사용된 음원은 레저용으로 사용되는 권총에 한정되었기 때문으로 판단된다. 또한, 기존 연구에 사용된 총포류들은 확실한 주파수 특성(저주파 성분과 고주파 성분 등)을 가진 반면, 본 연구에서 사용된 총기류의 주파수 특성은 거의 비슷하다는 점도 작용한 것으로 보인다. 본 연구의 결과와 기존 연구의 결과는 향후 군사격장 소음을 대상으로 청감 실험 결과와 비교해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

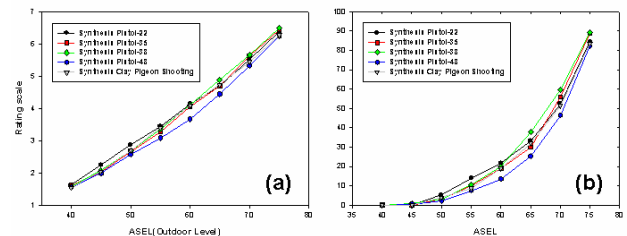


Figure 8. Synthesis result classified by the sources : (a) mean response rating, (b) %HA.

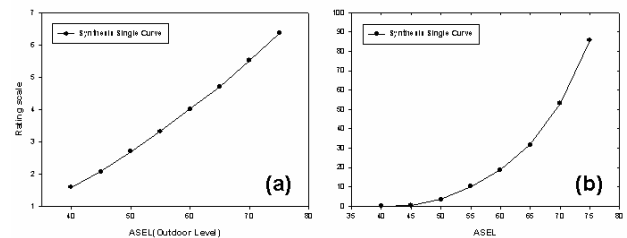


Figure 9. Integrated single curve : (a) mean response rating, (b) %HA.

Figure 9는 위의 음원별 결과들을 레벨별로 종합하여 단일 곡선(반응 평균치와 %HA)으로 나타낸 결과이다. 주

관적 반응의 평균값은 레벨 증가에 따른 선형적인 관계가 성립되는 반면, %HA는 지수적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 이 결과는 기존 연구 결과¹⁾에서도 확인한 바 있다.

Figure 10과 Figure 11은 위의 결과를 개별적으로 회귀분석을 실시한 결과를 나타낸다. 반응 평균치는 선형적인 관계를 나타내며, R분산분석(ANOVA, F(df₁, df₂, p)) 결과는 $F^2=0.9995$, $F(1, 6, <0.0001)=998.34$ 로 유의하게 분석되었다. %HA 분석에서는 지수함수적인 특성을 나타내어, 지수 성장(Exponential Growth) 함수와 기존¹⁾에 사용된 S자 형(Sigmoid) 함수로 분석하였다. 선택기준은 결정계수(R^2)가 높고, 방정식을 이루고 있는 상수들의 유의 수준(p) 5%를 만족하고 F-test의 값이 큰 함수를 선택하였다. 위의 기준에 따라 지수 성장 함수를 이용하여 회귀 분석했다. 결과는 $R^2=0.9995$, $F(2, 5, <0.0001)= 5038.19$ 로 유의하게 분석되었다.

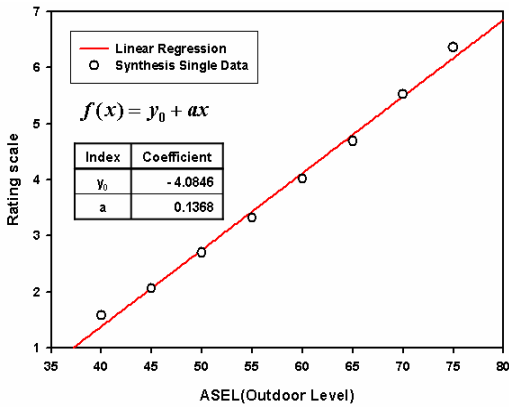


Figure 10. Regression curve of mean response rating

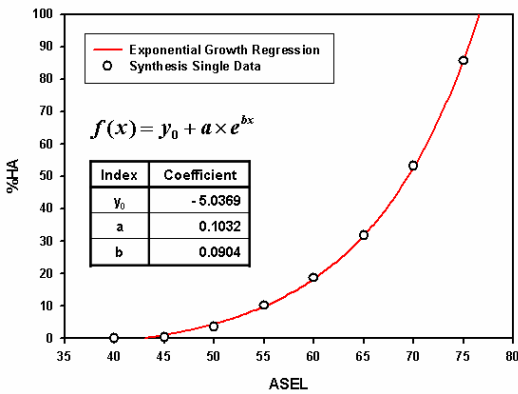


Figure 11. Regression curve of the %HA

위의 결과들은 향후 연구(충격성 소음 음원의 주관적 반응 평균치 비교 및 보정치 산정 등)에 활용할 계획이다.

3.2 기준음원 결과(Pink-Noise)

Figure 12는 레저용 사격 소음 청감실험에 사용된 기준

음원(핑크노이즈)의 결과이다. 이 실험은 기존 실험¹⁾에서 대상음원 평가에 영향을 주는 것으로 판단하여 별도로 실험하였다. 음은 랜덤하게 들려주었고, SD(7 point scale) 방법으로 평가하였다.

결과는 위에 제시된 결과들과 비슷한 추이를 나타내고 있다. 반응 평균치는 선형적인 특성을 나타내고 있으나 그 결과는 대상음원 반응 평균치와는 큰 차이를 나타낸다는 것을 알 수 있다. %HA의 경우, 대상음원들의 결과는 지수 함수 곡선으로 나타났으나 기준음원의 경우에는 S자형(sigmoid) 곡선으로 나타났다.

이 결과는 향후 실험들의 기준음원 결과치와 비교해보고 기준음원을 대상으로 서로 다른 음원의 평가치를 서로 비교해 볼 수 있는 인덱스 개발에 사용될 예정이다.

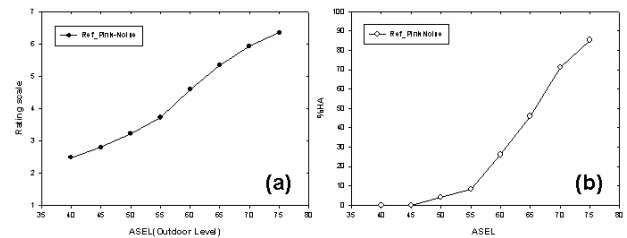


Figure 12. Reference sound (Pink-Noise) : (a) mean response rating, (b) %HA.

3.3 설문 결과

본 연구는 청감실험과 함께 설문조사도 함께 실행했다. 그 중에서 한 테스트가 끝날 때마다 피험자들이 대상음원을 듣고 어떤 기준으로 평가했는지와 제공된 화면의 영향에 대한 설문을 실시하였다. 설문 답변은 BU, R, TD의 3가지 테스트가 끝날 때마다 각각 한 번씩 체크하고, 위의 3가지 테스트가 모두 끝났을 때 전체적인 판단 기준에 대해 체크하도록 하였다. 항목은 총 8개이며, 이 중 본인의 판단 기준이 된 항목을 최대 2개까지 선택할 수 있도록 하였다. 설문은 소리의 속성과 직접적 관련이 없는 8개의 항목으로 구성되어 있으며, 기타 항목을 제외한 7개 항목의 빈도 결과와 %는 Figure 13에 제시해 놓았다.

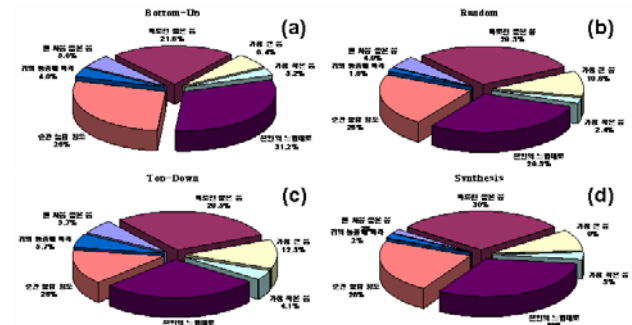


Figure 13. Individual estimation reference for source.

개인마다 평가기준으로 삼는 이유는 다양했지만, “바로 전 들은 음으로”, “본인의 느낌대로”, “순간적인 놀람 정도로”의 3항목이 전체의 72.1~83.8%의 비율을 차지하여, 충격성 소음의 청감 실험시 주된 음원 평가 기준으로 확인되었다. 이는 복수 응답(최대 2개)을 허용한 결과이기 때문에 이중 하나의 주된 선택 기준을 구별해 내기란 상당히 어려운 일이다. 이 결과는 어떤 평가기준으로 개인마다 음을 평가하는지를 알아보기 위한 과정으로, 라우드니스, 노이즈니스, 어노이언스와 같은 소리의 특성은 고려하지 않았다. 이 결과를 바탕으로 향후 실험 설계시 적용할 예정이며, 소리의 특성부분도 고려할 예정이다.

청감실험에 제공된 화면의 효과에 대한 설문은 하루 실험이 종료된 이후 평가하도록 하였다. 화면은 실험 시작부터 종료시까지 연속 제공하였다. 설문은 “전혀 영향을 주지 못했다(1)”부터 “매우 큰 영향을 주었다(5)”까지 총 5개의 항목들로 구성되어 있다. 평가는 제공된 화면이 대상음원의 소음을 평가하는데 어느 정도 영향을 주었는지 5가지 항목들 중 선택하도록 하였다. 그 결과는 Figure 14에 제시해 놓았다. 설문결과는 “어느 정도 영향을 주었다”가 43.6%로 가장 높았으며, “조금 영향을 주었다”가 29.5%, “꽤 영향을 주었다”는 20.5% 순이었다. 이를 점수로 환산해보면, 평균이 2.9점 정도로 기준점 3점(어느 정도 영향을 주었다)보다 낮았다. 이는 화면 제공에 따른 효과가 크지 않다는 것을 암시하는데, 더 자세한 내용은 화면 제공 여부에 따른 주관적 반응 차이를 다룬 다른 논문³¹⁾에서 언급할 예정이다.

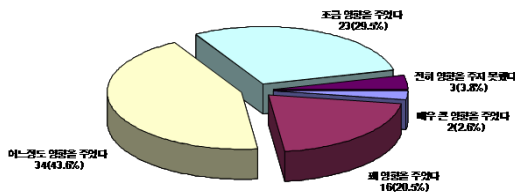


Figure 14. Effect of provided pictures

4. 결 론

레이저용 사격 과정에서 발생하는 총기류 소음에 대하여 실제 소음을 대상으로 주관적 반응에 대한 청감실험 결과는 다음과 같다.

1. 실험 설계 방식(Odd 대 Even-Group)에 따라 반응 평균치와 %HA 결과는 달라질 수 있다.

1-1. 실내에서 실외로 나가는 형식의 실험 설계 방식(Odd)이 실외에서 실내로 들어오는 형식의 실험 설계 방식(Even)보다 더 높은 반응치를 나타냈다.

- 반응 평균 평가치 : 약 0.175 (0.128~0.215,

1ASEL) 정도

- %HA : 약 4.4%(2.0~5.8, 45ASEL 이하 레벨 제외) 정도

2. 3가지 테스트 방법에 따라 반응 평균치와 %HA의 결과에서도 차이를 나타냈다.

2-1. 특히, BU와 R 또는 BU와 TD 방식 간의 차이는 현저히 나타났다. 이는 작은 소리부터 큰 소리로 들려줄 경우 소리에 더 예민해 질 수 있음을 암시한다.

2-2. 테스트 방법에 따른 결과는 BU>R≥TD 순이었다.

3. Odd와 Even 그룹과 3가지 테스트 방법을 모두 통합하여 음원별로 비교해 보면, 반응 평균치와 %HA 결과에서 40~60ASEL까지는 22구경(5.6mm), 60~75ASEL까지는 38구경(9.7mm) 권총의 소리가 주된 소음원으로 평가되었다.

4. 5개의 음원을 통합하여 단일 곡선으로 나타낸 결과는 반응 평균치의 경우, 선형적으로, %HA의 경우, 지수적으로 증가하는 경향을 나타냈다.

4-1. 회귀분석 결과, 반응 평균치는 선형 방정식($f(x)=y_0+ax$)으로 표현되며, $R^2=0.9995$, $F(1, 6, <0.0001)=998.34$ 로 유의한 것으로 분석되었다.

4-2. %HA는 Exponential Growth 방정식($f(x)=y_0+a*\exp(bx)$)으로 표현되며, $R^2=0.9995$, $F(2, 5, <0.0001)=5038.19$ 로 유의하게 분석되었다.

5. 음에 대한 피험자들의 평가 기준은 8가지 항목들 중 “바로 전 들은 음으로”, “본인의 느낌대로”, “순간적인 놀람 정도로”의 3항목이 전체의 72.1~83.8%의 비율로, 충격성 소음의 청감 실험시 주된 음원 평가 기준인 것으로 나타났다.

6. 화면에 대한 설문 결과는 평균 점수가 3점 미만으로 어느 정도 영향은 주지만, 효과는 크지 않는 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 과학재단 특정기초과제 “폭발성 충격소음의 생성 및 전파 시뮬레이션과 위해성 분석” (R01-2006-000-10301-0)을 수행하면서 얻어진 결과이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1) 김득성 외 3명, 2007, “충격성 소음에 대한 성가심 반응

- 건설공사장 소음을 중심으로 -, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집.

2) 허덕재 외 2명, 2007, "도심교통소음의 노출시간에 따른 라우드니스 및 어노이언스의 주관적 반응에 대한 연구", 한국소음진동공학회논문집, 제17권3호.

3) 송치문 외 3명, 2006, "교통소음의 음질 특성에 따른 불쾌도 감성변화에 대한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.

4) 이기정 외 4명, 2006, "국내 항공기 소음 성가심 조사 설계 시 고려해야 할 변수에 관한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.

5) 임창우 외 3명, 2005, "한국인의 민간 항공기 소음에 대한 불쾌감 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.

6) 이수갑 외 3명, 2005, "한국인의 교통소음에 대한 불쾌감 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집.

7) 이기정 외 3명, 2005, "도로소음과 항공기소음의 성가심 반응 비교 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집.

8) 박현구, 김선우, 2007, "교통소음으로 인한 실내소음레벨과 주관반응 분석 - 항공기, 도로교통 및 철도소음을 중심으로", 한국소음진동공학회논문집, 제17권5호.

9) 류종관, 전진용, 2006, "공동주택 복합 생활소음의 통합 평가등급", 한국소음진동공학회논문집, 제16권10호.

10) 전진용 외 2명, 2005, "청감실험을 통한 생활소음의 평가척도 및 기준 설정", 한국소음진동공학회논문집, 제15권8호, pp.904-910, 2005

11) Vos. J. et al., 2003, "On the assessment of shooting sounds: Loudness-level weightings versus A- and C-weighted sound exposure levels(L)", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 114(4).

12) Schomer, P., D.. 2001, "Evaluation of loudness level weightings for assessing the annoyance of environmental", J. Acoust. Soc. Am, Vol 110(5).

13) Vos, J. 2000, "On the annoyance caused by impulse sounds produced by small, medium-large, and large firearms", J. Acoust. Soc. Am, Vol 109(1).

14) Buchta, E., Vos, J. 1998, "A field survey on the annoyance caused by sounds from large firearms and road traffic", J. Acoust. Soc. Am, Vol 104(5).

15) Vos, J. 1990, "On the level-dependent penalty for impulse sound", J. Acoust. Soc. Am, Vol 88(2).

16) Karl D. Kryter, 1994, "The Handbook of Hearing and the Effects of Noise - Physiology, Psychology, and Public Health", Academic Press.

17) Miedema, H. M. E., Oudshoorn C. G. M., 2001, "Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence

Intervals", Environmental Health Perspectives, Vol. 109(4).

18) Noise Advisory Council, 1978, "A Guide to Measurement and Prediction of The Equivalent Continuous Sound Level", HMSO, London, p. 4.

19) Nelson, P. M., 1987, "Transportation Noise Reference Book", Butterworths, pp. 2/16~2/17.

20) Izumi., K, 1986, "On the measurement of annoyance in the laboratory - 5 case studies to validate the simulated environment method -" Technical Report of Noise, the Acoustical Society of Japan, N86-10-2.

21) Namba, S., Kuwano, S., and Schick, A., 1986, "A cross-cultural study on noise problem?", Journal of the Acoustical Society of Japan, (E) 7, pp. 279~289.

22) Berglund, B., Berglund, U. and Lindvall, T., 1976, "Scaling loudness, noisiness, and annoyance of community noises", J. Acoust. Soc. Am, Vol 60(5).

23) Berglund, B., Berglund, U. and Lindvall, T., 1974, "Scaling loudness, noisiness, and annoyance of aircraft noises", J. Acoust. Soc. Am, Vol 57(4).

24) Schultz, T. J., 1978, "Synthesis of social surveys on noise annoyance", J. Acoust. Soc. Am. 64(2), pp. 377~405.

25) ISO 9613-1, 1993, "Attenuation of sound during propagation outdoors - Calculation of the absorption of sound by the atmosphere."

26) ISO 9613-2, 1996, "Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - General method of calculation."

27) Steven W. Smith, "The Scientist & Engineer's Guide to Digital Signal Processing(1st Ed.)", California Technical Pub, 1997.

28) AES20-1996, 1996, "AES recommended practice for professional audio - Subjective evaluation of loudspeakers", Audio Engineering Society Standard, New York.

29) Otto, N. and Amman, S. et al., 1999, "Guidelines for Jury Evaluations of Automotive Sounds", SAE 1999-01-1822, SAE Noise and Vibration Conference, May 1999, Traverse City, MI, USA.

30) Baranek, L. L., "Balanced noise-criterion(NCB) curves", J. Acoust. Soc. Am. 86(2), pp. 650~664, 1989.

31) 김득성, 장서일, 이연수, 2008, "화면 제공에 따른 주관적 반응의 차이 - 레저용 사격 소음을 중심으로 -, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.