

종사자 중심의 작업환경 소음 관리 방안 개발: 원자력발전소 사례

(A Development of an Environmental Noise Management Program focus
to the Employee's Auditory Integrity in Nuclear Power Plants)

강석호*, 이용희*

* 한국원자력연구원 계측제어·인간공학연구부

교신저자: 강석호(shkang@kaeri.re.kr)

요약

산업현장에서 종사자 건강의 중요성이 점차 부각되고 있다. 종사자들의 건강은 작업환경 평가를 통하여 보장하고 있지만, 개별적인 환경요소들의 제한치 만족만으로 관리하고 있어 인간공학적 측면에서 종사자 건강관리가 가능한 관리방안이 시급하다. 작업환경은 온·습도, 조도, 소음, 진동, 환기, 유기물 등에 대한 기준 만족 여부로 관리되나, 종사자 측면에서는 작업환경 요소들의 신체적/생리적 영향을 인간공학적으로 평가해야 한다. 본 연구에서는 소음관리의 개선방안으로 종사자의 청각관리 방안을 제시하였다. 소음 관리 기준이 만족되고 있음에도 불구하고 종사자들의 난청 호소가 발생하고 있는 경우를 대비하여, 청각부담 관리기준 제안 및 고소음 환경에 대한 보완적인 관리 항목을 포함하여 종합적인 관리 방안을 제시하였다. 특히, 청각관리를 위한 소음 측정 및 평가방법의 개선을 위해 새로운 척도를 제안하고 원전을 사례로 소음이 종사자의 청각에 미치는 영향을 관리할 수 있는 청각관리 지침(안)을 제시하였다. 기존의 작업 환경요소의 관리 방식을 보강하여, 종사자가 보다 좋은 환경에서 근무할 수 있도록 종사자 중심의 작업 환경 관리 프로그램을 구축할 수 있을 것이다.

1. 서론

최근 산업현장에서 종사자의 건강에 대한 관심이 점차 중요한 사항으로 부각되고 있다. 현재 시행되고 있는 작업환경 관리는 온·습도, 조도, 소음, 진동, 분진, 환기, 유기물 등으로 나누어 위험도를 평가하고 있다. 매년 1~2 회 정도의 요소별 측정으로 각각 물리적 제한치 만족하는가 여부로 관리하고 있지만, 항목별 순간평가에 의한 관리로는 한계점을 가지고 있다. 특히 종사자가 경험하

는 환경적 애로점을 반영한 정보 생산으로는 미흡하다. 종사자의 건강/작업능력 및 신체적 건전성 측면에서 작업환경 요소들을 평가한다면 보다 실질적인 관리가 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서는 소음을 대상으로 종사자 중심의 환경관리 방안을 제안하였다. 표 1 에서 보듯이 산업안전공단의 직업병 유병조건 (2007년) 중에서 소음성 난청이 차지하는 비율이 91.4%로 절대적으로 높게 나타나고 있어, 작업환경 중 소음 문제가 시급한 것으로 파악되었다.

표 1. 2007년도 직업병유소견자의 질병 종류

구분	전체	진폐증등	소음성 난청	유기화합 물 중독	산,알칼리, 가스상물질	금속· 중금속 중독	기타질환 ¹⁾
직업병 유소견자 (명, %)	전체	4,903 (100.0)	312 (6.4)	4,483 (91.4)	39 (0.8)	2 (0.04)	37 (0.8)
	특수 건강진단	4,459 (90.9)	125 (40.1)	4,229 (94.3)	39 (100.0)	2 (100.0)	34 (91.9)
	진폐 건강진단	441 (9.0)	187 (59.9)	254 (5.7)	-	-	-
	임시 건강진단	3 (0.1)	-	-	-	-	3 (8.1)
직업병 유소견자 반인원	전체	61.0	3.9	55.8	0.5	-	0.5
	특수 건강진단	55.8	1.6	53.0	0.5	-	0.4
	진폐 건강진단	1,280.5	543.0	737.5	-	-	-
	임시 건강진단	14.5	-	-	-	-	14.5

1: 진동, 이상기압, 유해광선 등에 의한 건강장해

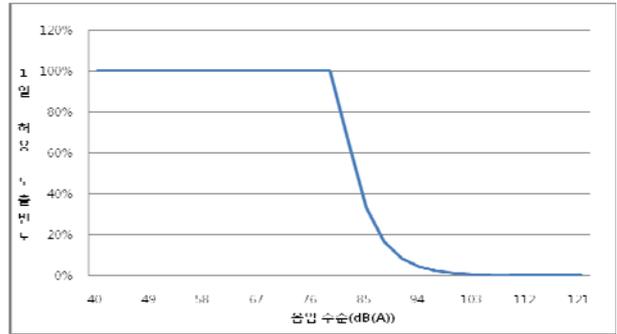


그림 2. 소음 수준별 1일 최대 노출 빈도 제한치

2. 연구 배경

2.1 작업환경 소음 측정

작업현장에서의 소음이란 배경소음을 의미하며, 배경소음은 주요 운전구역에서 임의의 두 지점 사이의 의사소통이 방해될 정도가 되어서는 안된다. 원전에서는 최적의 상태를 유지하기 위해서는 그림 1 에서 보는 바와 같이 의사소통 거리를 최소 1m 라고 할 때, 65dB(A) 이하를 제한 기준으로 권고하고 있다[5].

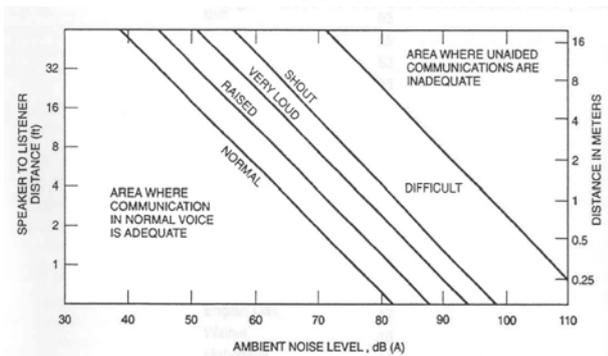


그림 1. 작업자간 거리별 권장 소음 수준 (NUREG-0700 Rev. 2)

그리고 그림 2 는 일반산업체 현장에서 1 일 소음노출의 제한치를 그래프로 나타낸 것이다. (노출 허용 1 일 시간을 상대적 비율로 표시함)

2.2 소음의 특성

소음의 종류에는 연속음, 단속음, 충격음이 있다. 연속음은 하루 종일 같은 크기로 발생하는 소음이 1 초에 1 회 이상 반복되는 경우의 음을 뜻하며, 단속음은 소음의 반복음이 1 초보다 간격이 클 때를 말한다. 충격음은 최대 음압 수준이 120dB 이상인 소음이 1 초 이상 간격으로 발생하는 것이며 충격음의 최대 허용기준은 140dB 이다. 작업장에서 근속연수와 평균 소음노출 시간이 오래될수록 소음성 난청이 걸릴 확률은 높아진다.

표 2. 소음성 난청 발생 위험율 (단위: %)

dB \ 년	5년	10년	20년	30년
80	0	0	0	0
90	4	10	16	18
100	12	29	42	44
110	26	55	78	77

난청에는 일시적 난청, 영구적 난청, 노인성 난청이 있다. 일시적 난청은 강렬한 소음에 노출되어 청신경 세포에 피로현상이 발생한 것으로 휴식을 취하면 회복되어 정상적으로 돌아온다. 영구적 난청은 청신경의 피로가 누적되어 신경세포가 비가역적인 변성을 일으키거나 파괴되는 현상으로 치료가 불가능하다. 한편 노인성 난청은 나

이가 많아짐에 따라 청신경이 퇴행성 변화를 일으켜 청력손실이 발생한 것을 말한다.

2.3 원전의 소음 관리 현황

원전의 소음작업환경의 문제점으로 현장제어반의 회전기기의 상시 소음, 충격 소음의 발생이 있으나 세밀한 대처가 미흡하다. 발전소의 운영 연수의 증가로 인하여 종사자의 연령이 증가하여 근속연수 및 소음의 평균노출시간도 늘어난 상황이다. 국내 원전의 주기적 안전성 평가(PSR)에서 파악한 결과에 따르면, NUREG-0700 및 KOSHA 등 제한치를 만족하고 노출시간도 관리하고 있다. 그러나 청각 및 소음 스트레스 호소자가 발생하고 있으므로 보다 세밀한 관리가 필요하다.

소음성 난청에 대한 유병률은 낮으나, 기존 건강검진으로 파악되지 않는 청각 애로점이 발생하므로, 기존의 소음 관련 평가 및 관리 방법으로는 한계점이 있는 것으로 보인다. 예를 들면, 원전 PSR 조사에서 나온 A 발전소 B 호기 제어반 소음은 표 3 과 같다. 현장 소음은 평균적으로 85dB 내외의 음압 수준이며, 현재는 종사자들의 하루 작업시간이 소음 노출 권장시간 안에 있어 법적인 문제가 없도록 관리되고 있는 것으로 평가되고 있다.

표 3. 원전 현장의 소음수준: 예시 (단위: dB(A))

제어반 명	소음(dB(A))	제어반 명	소음(dB(A))
FRF *****	98.8	5434*****	99.2
SDG *****	86.1	진공밀봉수*****	88.7
복수기 *****	90.4	순환수분배*****	87.8
36310*****	90	5434*****	99.2
64123*****	83.9	진공밀봉수*****	88.7
64132*****	87.7	배수계통*****	88
B/A *****	91.5	4325-*****	87.1
S/A *****	98.5	4560-*****	86.9

I/A *****	93.1	64115-*****	86.9
I/A *****	84	Excit. *****	88.5
67320*****	86.2	5141-*****	86.7
연료탱크 *****	86		

하지만 법적 제한치를 만족하고 있을지라도 수년 동안 지속적으로 현장에서 일하는 종사자들의 청각부담이 계속 누적되어, 청각의 손실이 진행됨을 예상할 수 있다. 따라서 고소음 작업현장에서 종사자들이 지속적으로 건강하게 근무할 수 있도록, 연령과 소음 특성 및 난청 위험율을 반영한 청각 부담률을 지표로 제안하고, 실무에서는 그 누적치를 개인별/작업별/사업소별로 관리하는 청각관리 프로그램을 제안하였다. 이는 소음 관련 작업관리의 연계, 보호장구의 특성화 개발, 소음원 차단 관리 등과 연계점을 포함한다.

2.4 소음 관련 측정 및 평가의 문제점 검토

현재 한 장소에서 음압, 총량 및 평균을 취하는 측정법은 충분하거나 보수적이지 않으므로, 구간별, 주파수 대역별, 작업별, 상황별로 세분화된 측정 방식으로 보완이 필요하다.

종사자의 건강관리, 근속연수에 따른 청각 애로 호소의 증가를 막기 위하여, 개인의 청각 관련 건강검진 방법의 강화, 청각 스트레스 측정 또는 단기소음(충격음 포함)에 의한 청각 손실 측정 및 누적 노출시간 평가가 추가로 필요하다.

청각 건강을 위협하는 시급한 난청 위험성에 대비하기 위하여 난청의 특성을 파악하여 일시적 난청, 영구 난청, 퇴행성 난청, 부분 난청 등으로 구분된 평가가 필요하다. 특히 청각 부담과 관련된 요소에 대한 실적 조사 평가와 일시적 청각 피로에 대한 회복, 누적총량의 한계, 최대 음압의 보수적 노출한도, 근속연수 및 연령 등 제한치 설정을 위한 별도의 연구개발이 필요하다.

3. 청각관리 프로그램(안) 개발

3.1 청각관리 프로그램(안) 구성

청각관리를 위한 기본 척도로 제안하는 청각위험률은 청각노출량과 비례하여 증가한다고 가정하였다. 청각노출량은 청각부담수준 x 노출시간으로 제안하고, 난청발생의 위험률을 가중치로 추가하였다. 산업안전공단의 난청유병률 실적을 반영하여 청각위험수준의 가중치를 표 4 와 같이 설정하였다. 음압수준과 근속연수와의 관계에서는 유병률이 없는 80dB 을 허용한계로 삼고(0 등급), 10dB 이 높아질 때마다 위험률이 증가하는 상위 등급으로 보았다. 또 근속연수가 증가할 때 마다 위험률이 변동하는 특성을 가중치에 반영하였다. 그러므로 제안된 청각관리를 위한 평가 기준은 현재 가용한 소음성 난청 발생 관련 위험도만을 반영한 것이다.

표 4. 청각 작업 위험 가중치(안)

등급 \ 년수	5년	10년	20년	30년
0 등급	0	0	0	0
1 등급	0.8	1	0.8	0.6
2 등급	1.2	1.45	1.05	0.73
3 등급	1.73	1.83	1.3	0.86
4 등급	N/A	N/A	N/A	N/A

*소음위험률가중치 = 소음성 난청 발생위험률 / 근속연수 x 소음별 위험률

3.2 청각관리 프로그램 관리 방안 및 지침

청각부담의 정도를 반영한 청각관리 프로그램은 실무에서 몇가지 추가적인 관리조치가 필요하다. 우선 개별 작업별로 청각 위험도 평가가 필요하다. 또한 현재의 소음 제한치 관리에 추가하여 사업소별/개인별로 누적노출소음의 총량관리, 개인별 건강(검진)관리와 연계 등이 필요하다.

작업별 청각부담률을 부여하기 위하여 측정 및 청각 부담 관련 요소 평가가 필요하다. 각 작업의 환경소음을 측정하여 청각 부담률을 부여하되, 부담률 결정에 종사자의 의견을 반영한다.

개인별 청각부담노출관리는 방사전 피폭관리 방식과 유사하게 소음에 대한 누적 노출 실적을 관리하여 종사자의 건강검진과 연계한다. 나아가 청각 노출 후 관리 절차로 청각 스트레스 설문/정밀검진 등의 후속관리도 연계하도록 한다.

사업소나 부서별 소음노출 총량관리는 아직 물리적 제한치 없이 최소화의 기본 원칙을 적용하되, 자발적인 관리 기준을 설정해야 한다. 지침에서 도출한 초기 출발점에 이후 실적 관리를 통해 사업소별 총량의 최소화, 개인별, 연령대별, 직종별 최소화를 작업관리 및 배치관리 등의 기초정보로 활용하도록 한다.

기존의 소음 관련 업무를 연계한 청각 건전성 관리프로그램의 예를 표 5 와 같이 제안하였다. 이들은 지속적인 관리체계가 필요하므로, 환경관리 및 건강관리와 밀접하게 연계된 업무 절차를 포함하는 지침으로 개발하여, 원전 인간공학 관리 프로그램(HFMP: Human Factors Management Program)의 일환으로 제시하였다.

표 5. 원전 청각 건전성 관리 프로그램(안)

항목	관리업무 현황	보완 또는 개선
점검	설문	설문(청각애로 요인 포함)
검진	의학적 검진	의학적 검진(세부추가 판단)
소음관리	소음기기 관리	작업별/부소별 관리
측정관리	물리적 측정관리	청각노출량 측정/애로점 평가

4. 결론 및 추후 과제

본 연구에서는 종사자 중심의 작업환경 관리 방안의 일환으로 청각 건전성 관리 프로그램의 형태로 전환하는 방안을 제안하였다. 최근에 사회적 현안으로 대두되었던 H사의 근로 사망사건

과 S 사의 백혈병 유병사건으로 볼 때, 아직 정확한 원인 규명이 되지 않은 상태이지만 산업 종사자들은 충분히 관리되지 않은 작업환경의 문제점을 겪고 있는 것으로 보인다. 인간공학적 측면에서 보면 개별 작업환경요소에 대한 물리적 관리기준의 만족만으로 작업환경과 관련된 위험을 관리하고 종사자의 건강을 보호하기에는 불충분하다 그러므로 물리적인 기준에 추가하여 종사자 중심의 작업환경 평가 기준 및 관리 방안을 포함하여, 환경관리에 종사자의 건강관리 프로그램을 연계하는 노력이 필요할 것이다.

기준의 환경관리의 기준은 물리적 기준을 만족하느냐 못하느냐의 문제였으나, 제안된 청각부담 기준 및 관리 방안을 도입함으로써 한 단계 업그레이드된 환경관리가 가능할 것이다. 소음관련 관리조치들에 세분화된 관리지침을 적용하여 종사자들의 난청위험과 청각 애로점을 관리할 수 있으므로, 원전의 인적 손실을 줄일 수 있다.

제안된 청각관리 프로그램의 원활한 현장 적용을 위해서는 연령별/근속년수별/소음수준별 위험가중치를 확립하여 보다 객관적인 등급화를 연구해야 한다. 또한 주파수 대역별 위험도 조사, 난청에 대한 제한 역치 조사, 청각위험의 영향요소 파악 등을 통하여 종사자의 청각부담과 관련하여 관리해야 할 항목에 대한 보다 객관적인 근거를 마련해야 한다.

5. 참고문헌

- [1] 이용희 외, 원자력발전소의 작업환경요소 평가방법에 관한 연구, 대한인간공학회, 2005.
- [2] 김대호, 이용희, 원자력발전소의 물리적 환경요소에 대한 인적 요소 관리 방안, 대한인간공학회, 2006.
- [3] 강석호, 이용희, 원자력발전소 종사자 작업환경 평가방안 개발 : 온.습도 및 배기 관련, 대한인간공학회, 2008.
- [4] 산업안전보건공단, 2007 근로자건강진단 실시결과 통계 보고서, 2009.
- [5] NRC, Human-System Interface Design Review Guideline, NUREG-0700, Rev.2, Washington, DC, U.S. NRC, 2002.
- [6] <http://www.wcb.ns.ca/policymanual/pmnoise.html>.