

原子力発電所の定検作業中における騒音の影響緩和

Reduction of Noise Influence during the Periodical Inspection of the Nuclear Power Plant

彦野 賢 (Masaru Hikono)*

要約 多数の作業員が出入りする定期検査中の原子力発電所における、現場環境音の大きさと作業員が受ける環境音の印象を調査した。その結果、現場環境音は騒音性難聴を引き起こす可能性のある音圧レベルであること、また、作業員が「いらいらする」等の心理的影響を受けていることがわかった。これらの結果は騒音対策の必要性を示すものと考えられる。本研究では、騒音の影響緩和対策として、防音保護具（耳栓）着用効果の検討、運転指令放送の明瞭度改善、騒音現場の業務マニュアルの作成、作業員への自主的防護支援のための教育資料の作成を提案した。更に、実験によって、耳栓の着用については特に高騒音下での有効性が確認され、運転指令放送についても機器改善による明瞭度の向上が示された。今後は、騒音現場の管理体制の確立と、作業員の意識向上のための啓発が重要であると考えられる。

キーワード 騒音, 作業, 労働安全, 定期検査, 原子力発電

Abstract At the nuclear power plant under the regular inspection, the sound level and the worker's impression of the environmental noises were measured. The environmental noise was the level with a possibility to cause the noise-induced deafness and have the psychological influence on the workers such as "Get irritated". These results imply the necessity of the noise countermeasure. For the noise influence relaxation, we examined the effectiveness of ear protections (e.g., ear plugs) and the intelligibility improvement of the paging system, prepared the noise management manual and the educational leaflet for the support of worker's self-defense. The results of the examinations showed that ear plug was effective especially in the high-noise environment and that the improvement of paging system increased the intelligibility.

Keywords noise, maintenance work, safety, periodical inspection, nuclear power

1. はじめに

騒音は人間に対し、聴力低下や会話妨害等の直接的な影響を与えたり、うるさい、いらいらする等の心理的、情緒的妨害が高じて、頭痛や目まいなどの身体症状を生じさせたりする可能性がある（産業環境管理協会, 1995）。

原子力発電所の現場では、閉ざされた空間内にタービンやポンプ、モータ、送排気ファン、配管等、音を発生する発電機器が多数存在し、さらには、運転指令放送（以下、ページングと記す）からの指令音や保守作業に伴う作業音等も存在する。発電所で働く運転員、保修士等はこれらの様々な環境音にさらされながら業務を遂行することが求められる。発電機器等の騒音は、そこで従事している運転員、保修士個人に対して騒音性難聴を引き起こすばかりでなく、聴取妨害による聞き間違いや心理的妨害によ

る注意散漫などヒューマンエラーが発生しやすい状況を形成し、重大な事故を引き起こす可能性が考えられる。特に、定期検査期間中は多数の作業員が出入りするため、ヒューマンエラーの観点からは騒音からの影響が大きくなると考えられる。

一般に多くの作業現場では、騒音対策として発生源となる機器の低騒音化や防音壁の導入といった設備的な対策が有効であり多く採用されている（日本音響材料協会, 1982）。一方、原子力発電所における作業現場では、通常運転中は音源である発電機器に対する直接的な対策は困難であるため、作業員本人への対策が主となる。

発電所における騒音対策は、騒音区域の設定や騒音現場の識別表示、管理区域での耳栓配布等が中心である。しかし、運転作業や保守点検作業においては実耳で機器音を点検する場面も多く、耳栓着用については常時着用を指導するのは困難であり、作業

* (株)原子力安全システム研究所 社会システム研究所

員自らの判断に委ねているのが現状である。

このように、発電所における騒音対策は作業員が耳栓の効果を十分に認識し、自らが主体的に耳栓を選択し装着することが望ましい。しかしながら、作業員の間では耳栓を着用すると大事な情報が入手できなくなるという懸念をもつ者も多い。このような現状を改善するためには、作業員への教育や啓蒙活動を行うことが必要だが、騒音環境下の労働という観点からの作業員への教育資料も充実したものがない。騒音対策については各種ハンドブックが出版されているものの、一般的な作業現場を想定しているものが多く、発電所という特殊な現場に対しては手本となるものは見あたらない。教育環境の整備が必要と思われる。

2. 目的

本研究では、現状の騒音対策に対する問題点として挙げた教育環境の整備を目標とする。そのために、原子力発電所に従事する作業員への騒音対策に焦点を絞り、定期検査中の原子力発電所の現場実態調査から、騒音の影響緩和策の検討および有効性の検証までを行った。

まず現場環境音の実態把握および現場環境音と作業員が受ける心理的影響との関係を把握することを目的に現場調査を行った。さらに、現在現場で広く用いられている耳栓について、作業員に対して着用の効果を示すことを目的として実験的検証を行った。また、作業員の印象が悪いページング装置について明瞭度向上を目的にコミュニケーション性向上の可能性を検討した。最後に現場作業員向けおよび管理者向けのマニュアルを作成した。

3. 現場調査

3.1 目的

定期検査期間中の原子力発電所作業現場環境音量の実態調査を行い、環境騒音とそこで働く作業員が受ける心理的影響との関係を把握することを目的とする。

3.2 方法

調査は平成11年度に定期検査中のPWR型原子力発

電所で実施した。

環境騒音音量調査の予備測定として放射線管理区域（以下1次系と記す）および放射線非管理区域（以下2次系と記す）の屋内全域について環境騒音レベルを測定した。予備測定した392箇所の内、長時間特定の作業員が従事している代表的な14箇所を選定した（1次系5箇所、2次系9箇所）。この特定作業箇所について本測定を実施した。

本測定は、1/3オクターブ実時間分析器を用いて簡易騒音計の出力をモニタしながら、データレコーダに記録する方法を採用した。本測定は作業中に実施し、測定点は作業員の頭部位置とした。測定中の非定常音（作業音、ページング音）についても、その騒音レベル、回数をあわせて測定した。

心理的影響の測定は、質問紙調査による方法を行った。対象者は特定作業箇所に従事していた作業員（男性124名）であった。製缶工場での調査項目（富永、1983）を参考として、作業中に聞いた音の印象について14の質問項目に5段階で回答するように求めた。質問紙調査は測定日の作業終了後に行った。調査に用いた質問紙を図1に示す。

No.	評価尺度	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	形容詞尺度
	形容詞尺度 数値尺度	5	4	3	2	1	
1	大きい	-----					小さい
2	広がりがある	-----					広がり欠ける
3	周囲の騒音作業に散漫になる	-----					周囲の騒音作業に集中できる
4	ページング音作業に散漫になる	-----					ページング音作業に集中できる
5	高い	-----					低い
6	力強い	-----					弱々しい
7	われた	-----					とけあった
8	いらだつ	-----					落ち着いた
9	濁った	-----					澄んだ
10	金属性の	-----					深みのある
11	騒々しい	-----					静かな
12	響きのある	-----					響きのない
13	気になる	-----					気にならない
14	かたい	-----					やわらかい

図1 騒音アンケートの形容詞尺度と数値尺度

3.3 結果

環境騒音レベルは59.5dB～90.4dBで、耳栓着用の目安となる85dBを越えたのは14箇所中2箇所（1次系冷却水クーラー付近、2次系電気室付近）であった。ページング放送音レベルは88.5dB～98.5dBであり放送

回数は10分間あたり4～25回であった。作業騒音レベルは79.1～93.5dBであり、種類はチェーンブロック音、作業用空気排気音、機器打撃音であった。

環境音に対する印象に関する14項目の評定値を得点化し、因子分析（主因子法）を行ったところ、固有値の75%分散法により6因子が抽出された。バリマックス回転を施した後、解釈を行った（表1）。作業員は現場環境音を6つの印象でとらえていることが分かった。第1因子は「大きい」「力強い」などの項目からなり、「音の大きさ」と解釈した。第2因子は「ページング音のため作業が散漫になる」「気になる」などの項目からなり、「ページング音」と解釈した。第3因子以降はそれぞれ「音質」、「音高」、「金属音」、「音の広がり」と解釈した。

作業現場14箇所のうち、作業員が最も悪い印象（▲）、最も良い印象（●）を持った作業箇所のプロフィールを図2に示す。前者は原子炉コントロールセンター付近（騒音レベル79.2dB）で、後者は主給水ポンプ付近（騒音レベル77.8dB）であった。最も良い印象の作業箇所でも作業員の印象は悪い側に寄っており、作業員は14の特定箇所全てで騒音に対して悪い印象を持っていることが分かる。

また、第1、第2因子に含まれる項目の平均評定値と環境騒音、ページング騒音との相関係数を算出したところ、環境騒音が高くなるほど「騒々しい」（ $r=0.492$ ）「気になる」（ $r=0.482$ ）という印象が強くなり、ページングの回数が多いほど「作業が散漫になる」（ $r=0.554$ ）という印象が強くなる傾向が示された（表2）。

表1 因子分析の結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6	共通性
1 大きい	.898	-.140	.001	-.060	.011	.113	0.449
3 周囲の騒音作業に散漫になる	.593	.392	0.00	.166	-.294	.131	0.471
6 力強い	.599	-.129	.221	.335	.184	-.115	0.581
11 騒々しい	.452	.175	.026	-.096	.466	-.051	0.569
4 ページング音作業に散漫になる	-.294	.849	-.133	.442	-.094	.074	0.369
8 いらだつ	.067	.678	.227	-.004	.066	-.001	0.595
13 気になる	.121	.746	-.021	-.207	.289	-.170	0.515
7 われた	-.045	-.104	.920	.243	-.004	-.127	0.395
9 濁った	.177	.116	.690	-.214	-.011	.148	0.440
14 かたい	.097	.130	.390	-.335	.390	.194	0.416
5 高い	.189	.087	-.026	.718	.175	-.007	0.498
10 金属性の	-.289	-.032	.232	.262	.695	.108	0.394
12 響きのある	.069	.005	-.106	.079	.836	.061	0.451
2 広がりのある	.085	-.079	-.013	.001	.114	.933	0.269
初期固有値	5.99	1.20	1.06	.924	.872	0.725	
累積寄与率(%)	14.3	28.7	40.5	49.1	62.0	69.5	

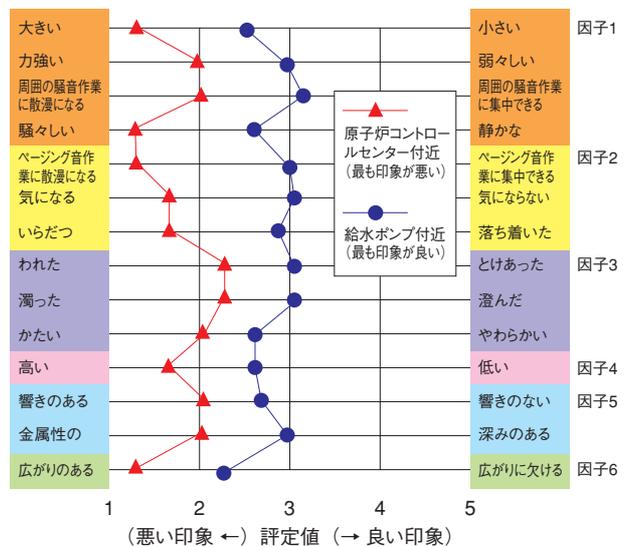


図2 作業箇所別のプロフィール

表2 騒音レベルと印象の評定値との相関係数

印象尺度	環境騒音	ページング騒音
大きい	0.122	0.437
力強い	-0.048	0.116
周囲の騒音作業に散漫になる	-0.009	0.027
騒々しい	0.492	0.411
ページング音作業に散漫になる	-0.151	-0.206
気になる	0.482	0.498
いらだつ	0.357	0.099

3.4 考察

現場環境騒音レベル結果によると、環境騒音レベルが85dB（聴力障害を起こさないレベル）を超える箇所が認められ現場の騒音対策を講ずる必要性が明確に示された。また、心理的影響調査結果からは、作業員は環境騒音により「騒々しい」、「気になる」、「注意が散漫になる」などの影響を受けており、これらの印象の低減を図ることで作業への集中力を高めやすくすることが重要であることが分かった。これらの結果から、現場の騒音対策としては以下のようなことが考えられる。

騒音障害防止のためのガイドライン（労働省、1992）に基づいて、定期的に騒音レベルの確認を実施し、定期的に所内で実施している安全パトロール等で耳栓着用についての指導を行うべきであると考えられる。作業員側の対策としては耳栓着用が最も効果的な手段として一般的である。しかし、過去の文献を調査しても耳栓の有効性について検討した例は見

られなかった。耳栓の有効性について実験的に検証し、作業員が納得したうえで使用してもらうことが肝要である。

現場調査結果より、心理的影響を及ぼしていることが明らかとなったページング装置については、まず運用ルールの見直しから実施すべきと考える。しかし、現状のシステムは、陳腐化しており、スピーカの変更、配置の適正化、放送系統制御の細分化等、技術的にも改善の余地が充分考えられるので、機種により作業員に対してどの程度明瞭度に影響するか実験的に検討することが必要と考える。

騒音源への対策は制約条件（コスト，スペース）が大きく、作業員の自主的な防護が求められる。そのためには防護支援のための教育資料や管理側マニュアルの活用による影響緩和策が有効である。安全衛生教育（入所時教育）に反映するとともに、工事仕様書にも反映し、安全管理責任者の業務内容として記載すべきと考える。

以下、これらについて検討していく。

4. 作業員の耳栓着用に対する印象の調査

4.1 目的

前述の現場調査結果より発電所作業環境騒音レベルは最も高い箇所（1次系冷却水クーラー付近）で90.4dBにのぼることが分かった。市販の耳栓は約25dBの低減効果があるので、正しく使用すれば、作業員が暴露される騒音レベルは85dB未満となる。したがって、耳栓は発電所作業現場における簡便な障害防止策として有効であると考えられる。

しかし、耳栓の着用は各作業員の判断にまかされており、また、作業員の間では耳栓装着による影響（装着感が悪い、命令が聞こえない）を訴える者もあり必ずしも作業員は耳栓を着用して従事していない。そこで、耳栓着用に対して作業員が感じる問題点を明らかにすることを目的として、定期検査作業中の作業員を対象に耳栓着用時の印象に関する質問紙調査を実施した。

4.2 方法

調査は現場調査と同じ原子力発電所で平成13年度中に実施した。対象者は、定期検査作業中の作業員33名であった。調査項目は耳栓着用時の騒音の印象、

聞こえ具合、着用感に関するものであった。

騒音の印象は、現場調査と同一の質問紙で測定した。聞こえ具合は、作業員間の会話、監督者の指示、ページング放送音、機械音等の聞こえ具合についてそれぞれ3段階で評定を求めた。耳栓の着用感は、耳が押えられている、ずれて痛い、違和感がある等、9項目について有無を回答するように求めた。

被験者は、午前中は耳栓無しで作業を行い、午後から3種類の耳栓のうち1種類を自由に選択し着用して作業を行った。3つの質問紙への回答は作業終了後に行った。調査に使用した耳栓は現場で一般的に使われている代表的な耳栓3種類であった（図3）。



図3 調査に使用した耳栓

4.3 結果

4.3.1 騒音の印象

音の大きさおよびページング音に関する項目について耳栓の種類別の平均評定値を図4に示す。いずれの耳栓においても、着用した方が着用しない場合よりも印象は良く、耳栓の着用によって騒音に対する印象が改善されたことが示された（A: $t(14)=6.259, p<.001$; B: $t(14)=7.950, p<.001$; C: $t(14)=6.259, p<.001$ ）。

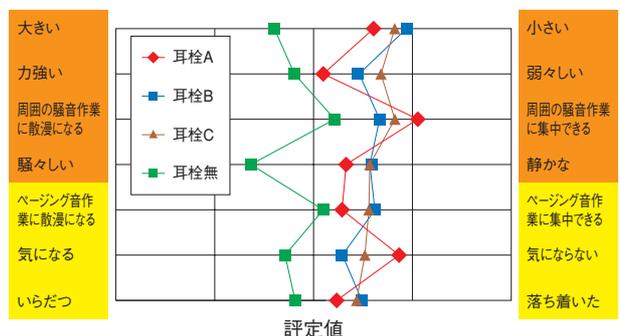


図4 平均評定値（騒音の印象）

4.3.2 聞こえ具合

聞こえ具合に関する項目について耳栓の種類別の平均評定値を図5に示す。耳栓A,Cについては着用時の聞こえ具合の評定値が有意に低いことが示された(A: $t(14)=3.506, p<.001$; C: $t(14)=6.646, p<.001$)。しかし、耳栓Bについては着用の有無による差は認められなかった(B: $t(14)=1.454, p>.1$)。また、A,Cより聞こえ具合が有意に良いことが分かった(A: $t(14)=-2.658, p<.01$; C: $t(14)=6.113, p<.001$)。

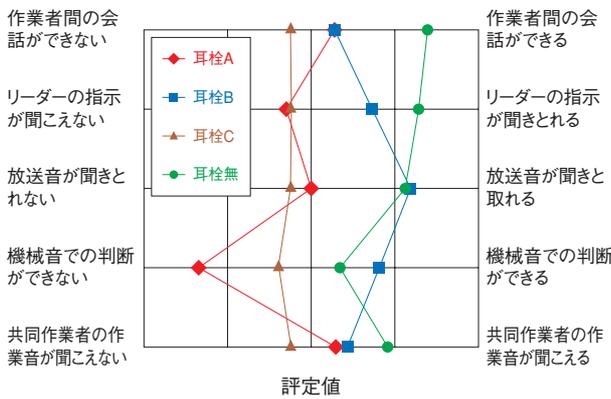


図5 平均評定値 (聞こえ具合)

4.3.3 耳栓の着用感

耳栓の種類毎に着用感に関する項目に与えられた人の割合(訴え率)を図6に示す。3種類の耳栓に共通して訴え率が最も高かったのは、「違和感がある」であり、次に、「耳の中で汗をかく」、「耳が押えられる」、「暑いところにつけるのはいやだ」および「ゆるんでくる」の着用感が続く。耳栓への苦情はこれらに集中している(78%)。また、耳栓Cは「付け外しがしづらい」、「緩んでくる」という耳栓の装着性に起因するものが目立った。



図6 着用感アンケート結果

4.4 考察

耳栓を装着すると、騒音に対する悪い印象は改善されるものの、聞こえ具合が悪くなり、着用感の悪さを訴える作業員も多いことが分かった。しかし、耳栓Bは耳栓A,Cと比べ聞こえ具合では有意に良いことが分かった。耳栓Bは着用感の訴え率が低く、他より着用しやすいと考えられる。耳栓Bの遮音性能は25dBであり、耳栓A(35dB)、C(30dB)よりも低い。しかし、定期検査中の発電所での環境騒音レベルは最大でも約90dBであり、耳栓B着用により最大でも約65dBとなり十分な遮音性能を有していると考えられる。一方、耳栓A,Cは十分な遮音性能を有しているが、作業員に対して適切な装着法を指導することが必要である。

作業員への質問紙調査結果では、耳栓Bを使用した場合、着用の有無による聞こえ具合の差はなかった。ただし、本調査は実際の現場で行ったため、騒音レベルの統制などは困難であった。この傾向がどのようなレベルの環境騒音下でも認められるか実験的に検討する必要がある。

5. 耳栓着用による音声明瞭度に対する効果

5.1 目的

騒音下における音声明瞭度に関する実験的検討については、疑似騒音(大島ら, 1994)、無意味騒音(長友ら, 1993)、交通騒音(朝比奈, 1994)等が見られる。しかし、耳栓着用時の音声明瞭度については、実験的に検討した例は少ない(橋本ら, 1995)。そこで本実験では、耳栓有無で聞こえ具合に差の認められなかった耳栓Bについて、騒音環境下における会話時の音声明瞭度を確認する。

5.2 方法

被験者は7人(平均年齢36.6才:27才-47才)で、全員発電所の現場経験者であった。実験は実験室(INSSヒューマンラボ)で平成13年度中に行った。試験方法は2音節による明瞭度試験法を採用した。被験者の課題は、騒音下で再生された試験用音節を聞き取り、それを回答用紙に記入することであった。被験者は全ての条件に参加した。

試験用音節は明瞭度試験音節表（産業管理協会、1995）に基づき2つの音節の組合せ50個を用いた。刺激は40才代男性の声でCD-ROMに録音し、被験者の位置で環境騒音の+5 dBとなるように小型スピーカより再生した。尚、刺激は実験条件間でランダムに提示した。実験条件は環境騒音レベルと耳栓Bの有無だった。実験室内の環境騒音は定期検査中の原子力発電所（タービン建屋EL4.0m: 1次冷却水熱交換器付近）で録音したもので、現場と残響時間を合わせて天井スピーカより70 dB, 80 dB, 85 dBのいずれかで再生した。

5.3 結果

各被験者の正答率から耳栓有無条件別に環境音レベル毎の平均正答率を求めた（図7）。耳栓の有無で比較すると、環境騒音レベルが70dBまでは耳栓無しの方が正答率は高く、80dBではほぼ同程度、85dBでは耳栓着用時の方が正答率は高くなっている。耳栓（あり・なし）×環境音レベル（70dB, 80dB, 85dB）を要因とした2要因の分散分析を行ったところ（いずれも被験者内要因）、騒音値の主効果（ $F(2,12) = 5.732, p < .05$ ）、および騒音値と耳栓有無の交互作用（ $F(2,12) = 10.906, p < .01$ ）が認められた。交互作用について耳栓有無の単純主効果を調べたところ、環境騒音が70dBの時に耳栓なし条件の方が耳栓あり条件よりも有意に明瞭度が高いことが示された（ $F(1,18) = 8.984, p < .01$ ）。

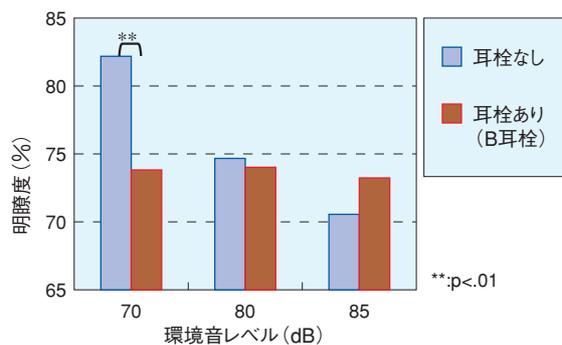


図7 明瞭度試験結果

5.4 考察

環境騒音レベルが低い場合（70dB）は耳栓有無による明瞭度の差は認められるが、環境騒音レベルが

高い場合（85dB）は、統計的には有意ではないが、耳栓有りの方が逆に明瞭度が高い傾向にある。

平松（1996）によれば、85dBを超える騒音レベルの場合には、音響性耳小骨筋反射（aural reflex : AR）が生じる。ARは騒音からの内耳保護機能であると考えられているがARによって減音する可能性がある。環境騒音レベルが85dBの場合には耳栓をつけていない状態ではARが働いているが、耳栓着用した場合には耳栓Bの遮音性能は-25dBであることから、被験者の実耳における環境騒音は60dB、試験用音節は65dBで聞くこととなりARの影響は受けない。このため逆転がおきる可能性がある。

従って、環境騒音レベルが低い場合には耳栓は逆効果となるが、85dBを越える環境騒音レベル下では、耳の保護と、音声コミュニケーションの向上も合わせて、耳栓の着用は有効と考えられる。

6. ページング装置の改善による音声明瞭度への効果

6.1 目的

前章までは、作業側への対策という観点から耳栓の効果について実験的検討を行ってきた。発電所の騒音発生源に対する対策は現実には困難であるが、今回の現場調査で作業員が特に悪い印象を持っていることが示されたページング機器について、音声明瞭度改善を試みた。音声明瞭度を改善することで現行の放送音の音圧レベルを下げて同等の明瞭性を確保できれば、ページング音に対する印象の改善につながると考えた。また、新設プラントもしくは既設プラント改造の際の参考となると考える。

そこで、ページング装置を変更した場合の放送音の明瞭度に与える効果を現場で実験的に検証した。

6.2 方法

測定は定期検査中の原子力発電所内3箇所（1次系冷却水クーラー（CCWHx）室内、主タービン付近、主蒸気ヘッド室内）で平成13年度に実施した。ページング音の明瞭度はSTI（Speech Transmission Index）法の簡易版であるRASTI（Rapid-STI）法を用いて定量化した。STI法とは、ホール等の室内音場における音声の聞き取り易さ（音声明瞭度）の評価法であり、音声の明瞭度を数値で表現、評価できる。RASTI値

は0～1の値を示し、高いほど明瞭度が高いことを表す（0-0.3未満:BAD, 0.3-0.45未満:POOR, 0.45-0.6未満:FAIR, 0.6-0.75未満:GOOD, 0.75-1:EXCELLENT）。

条件はスピーカ3種類（現行相当品:A, 定指向性型:B, トランペット大型:C）、マイク3種類（現行相当品:D, 単一指向性:E, ノイズキャンセリング型:F）、マイクボックス有無および放送音と環境音のレベル差（+5 dB, 0 dB）で検討した。

6.3 結果

スピーカについての結果を表3、マイクについての結果を表4、マイクボックス有無による結果を表5および放送音と環境音のレベル差についての結果を表6に示す。現行相当条件（スピーカA, マイクD, マイクボックス無, レベル差+5 dB）におけるRASTI値（音声明瞭度）はそれぞれ0.59（CCWHx室）、0.76（主タービン付近）、0.65（主蒸気ヘッド室）であった。また、CCWHx室内における単体試験では、スピーカの機種別比較では、0.59（スピーカA）、0.72（スピーカB）、0.76（スピーカC）、マイクの機種別比較では0.69（マイクD）、0.81（マイクE）、0.98（マイクF）となり、スピーカ、マイク共に指向性の鋭いタイプの方が高い明瞭度が得られることが分かった。マイクボックスは有りの方が明瞭度が高いことが分かった（0.69:無, 0.90:有）。放送音レベルと環境騒音レベルの差を0 dBとしても、これらの機器を変更することにより、現行と同じ（FAIR）明瞭度を得られることがわかった（0.49:現行相当, 0.77:スピーカCとマイクボックス有, 0.67:マイクEとマイクボックス有）。

表3 スピーカー機種別 RASTI値

機種	CCWHx室	主タービン付近	主蒸気ヘッド室
A:コーンスピーカ(現行相当)	0.59	0.76	0.65
B:定指向性スピーカ	0.72	0.76	0.73
C:トランペットスピーカ大	0.67	0.85	0.73

表4 マイク機種別 RASTI値

機種	CCWHx室
D:無指向性マイク(現行相当)	0.69
E:単一指向性マイク	0.81
F:ノイズキャンセリング型	0.98

表5 マイクボックス有無別 RASTI値

無指向性マイク(D)		単一指向性マイク(E)	
有無	CCWHx室	有無	CCWHx室
なし	0.69	なし	0.81
あり	0.90	あり	0.85

表6 放送音と環境音のレベル差(0 dB) RASTI値

スピーカ機種	マイク機種	マイクボックス機種	CCWHx室
A	D	無	0.49
A	D	有	0.3
C	D	無	0.54
C	D	有	0.77
A	E	無	0.64
A	E	有	0.67

6.4 考察

マイクの検討結果からは、現行相当品は環境騒音が混入しやすいため、より指向性の高いマイクに変更することにより明瞭度は改善すると言える。スピーカについても現行相当品よりも指向性のあるスピーカに変更することにより、不要な残響音からの影響が軽減するため明瞭度は高くなる。現在のページング発生音は環境騒音よりも高い音圧レベル（+5 dB～+10dB）で放送するよう調整されているが、現行相当品から変更し放送音レベルを下げることにより、作業員に対し余分な残響音や騒音を軽減し、心理的影響をより少なく、より正確な情報を伝えることが出来ると考えられる。

ただしページング放送の運用面について問題点を指摘しておきたい。現場調査結果では放送回数は10分あたり4～25回であった。その放送内容は、プラントの運転指令に関する重要な放送も含まれている一方で、特定の作業員を呼び出す放送も含まれている。ある特定の作業員を呼び出すために、発電所で働いているその他大勢の作業員に放送音による「音の暴力」を強いて、作業への注意力を阻害してはいないだろうか。近年、発電所内ではPHSによる通話が可能となっているが、端末の台数が限られているため多くの作業員はページングを利用せざるを得ない。また、現在の放送音を聞いていると放送音が割れている場合や早口で放送するため残響の影響で単語間が重なり聞き取りにくくなっている。話し方を変えるだけで明瞭度を向上させることも可能であり、ページング放送を利用する作業員の配慮ひとつで明瞭度はより向上するものと考えられる。

本実験ではページング放送機器の変更による音声明瞭度改善を試みたが、まずは、運用面の見直しも必要と思われる。

7. 騒音作業小冊子の作成

定検作業現場の騒音源への対策は、制約条件（コスト、スペース）が大きい。そのため、作業員への自主的防護支援のための教育資料や管理側マニュアルの活用による影響緩和策が有効であると考えられる。

しかし、一般的な作業場に向けたガイドブックは見られるが発電所作業に適したものはない。そこで、作業責任者が用いる「騒音管理マニュアル」、及び現場作業員向けの教育用テキストとして「作業現場の騒音管理」と題した小冊子を作成した。

7.1 管理者向けマニュアル

本マニュアルでは、定検作業時の騒音による作業員の聴力障害を防止するための、騒音の測定・評価と、聴力保護具の使用の実施について示した。本マニュアルは、騒音障害防止のためのガイドライン（労働省、1992）、日本工業規格（日本規格協会、1983）に基づいているが、定期検査作業は定常的に、あるいは作業員が常駐して行うものではないので、B測定のみを行うことにした。

本マニュアルは、次の5つの資料で構成されている。

- ① 騒音管理マニュアル：原子力発電所の作業管理者（工事発注者、元請け）向けに作成し、騒音測定の実施方法、記録の保存方法について詳細に記した。
- ② 騒音作業チェックリスト：現場で作業環境を確認するための確認項目表を作成した。チェックリスト項目をひとつひとつ実施して現場で記入することにより作業前の確認と記録の保存が行える。原子力発電所の保修作業向けに作成した。
- ③ 参考資料1 安全衛生規則
- ④ 参考資料2 ガイドライン
- ⑤ 参考資料3 ガイドライン解説

7.2 作業員向けマニュアル

原子力発電所の現場作業員を対象に、平易な表記と図を用いて読みやすく作成した。この冊子は、現

場作業員への安全教育テキストや自己啓発支援ツールとして活用できるものとする。

本小冊子は次のような内容で構成されている。

- ① 騒音とは：騒音の定義と原子力発電所における騒音について記した。
- ② 騒音の影響：騒音による、心理的・生理的・身体的影響について記した。
- ③ 難聴：職業性難聴、聴力保護のための基準について記した。
- ④ 健康診断：定期健康診断ならびに特殊健康診断の内容について記した。
- ⑤ 騒音障害防止のためのガイドライン
- ⑥ 補足資料（音の性質、耳のしくみについて）

8. まとめ

定期検査中の原子力発電所の作業現場では、閉ざされた空間内にポンプ、モータ、送排気ファン等、プラント停止中の稼働機器が多数存在し、様々な騒音を発生している。定検作業員への現場調査結果では、これらの騒音は、作業員に対し騒音性難聴の危険性があるだけでなく、いろいろ等の心理的影響を作業員に与え、音声会話によるコミュニケーションの妨害を起こしており、重大なヒューマンエラーにつながる可能性があることが分かった。

しかし、定常時（プラントの定格出力運転中）は出入りする作業員数が少ないことや、逆に多数の作業員が出入りする定検中期間においては現場の騒音環境や作業場所が流動的であることから、騒音源に対する設備的な対策はコスト面からも現実的でない。このため、発電所作業現場の騒音対策は、音を受ける作業員側への対策が主と考える。

上記のように作業員に対する騒音対策が求められているにもかかわらず、音で診断する作業場面がある等の理由で耳栓着用については作業員自らの判断に任されている。ところが、作業員の間では耳栓すると必要な情報が得られないという懸念を持つ者もあり、実態としては耳栓着用が徹底しているとはいえず、作業員もしくは現場管理者の騒音作業に対する意識不足、教育不足が問題点と考えた。

そこで本研究では、まず耳栓着用による印象調査と耳栓着用による音声明瞭度への効果検討を行った。その結果、高騒音環境下（85dB以上）では、耳栓を着用する方が、音声会話の明瞭度を向上させ、コミュニケーション性を向上させる可能性があることが

分かり、この効果は耳栓着用の意識付けにつながるものと考える。

また、発電所現場を対象とした騒音現場を管理する為の「騒音管理マニュアル」、現場作業員への教育と自主的防護支援のための教育資料「現場の騒音管理」を作成した。一般作業向けのガイドブックは見られるが発電所現場作業を対象としたテキストは無かったので、本冊子は教育ツールとして活用できると考える。

特に作業員に悪い印象をあたえているページング放送機器について、現行相当品からの設備変更による放送音レベルの低減の可能性を検討した。あわせて運用面からの見直しも指摘した。ページング放送を使用する者が発声方法を配慮するだけでも音声明瞭度を向上させることができると考える。

今後、騒音現場の管理体制の確立と、作業員の意識向上のための教育が重要であると考え。安全帯着用も当初は悪い印象があるが、毎日全員が着用していると違和感もなくなる。それと同様に日常から耳栓着用が当然という全員参加型の職場環境がもっとも騒音対策では効果的であると考え。

引用文献

- 朝比奈紀彦 1994 交通騒音下における語音了解度の検討 日本耳鼻咽喉科学会会報, **97**, 401-413.
- 大島静夫・鈴木正之・木谷貴則 1990 音声明瞭度向上に関する基礎的検討 秋田高専研究紀要, **30**, 209-212.
- 産業環境管理協会 1995 公害防止の技術と法規 [騒音編] 三訂 丸善
- 富永洋志夫 1991 防音保護具の性能と問題点 騒音制御, **15**, 225-229.
- 日本音響材料協会 1982 騒音・振動対策ハンドブック 技報堂出版
- 日本規格協会 1983 防音保護具 (JIS T 8161)
- 長友宗重・佐藤洋・矢島吉紀 1993 無意味三連音節明瞭度試験法による残響・騒音の明瞭度に及ぼす影響の評価に関する研究 東北大学建築学報, **32**, 187-194.
- 橋本正浩・神代雅晴・三宅晋司・佐藤教昭・佐藤望 1995 防音保護具着用時の雑音下单音節明瞭度 人間工学, **31**, 特別号, 290-291.
- 平松幸三 1996 9.2 騒音性難聴 感覚知覚ハンドブック (大山正他編) 誠信書房 Pp.1151-1156

労働省 1992 労働安全衛生規則「騒音障害防止のためのガイドライン」(基発第546号 平成4年10月1日)

謝辞

本研究の実施にあたっては、(独)産業安全研究所 江川義之氏、大阪大学教授 中村敏枝氏、東京理科大学助教授 梅村守氏、リオン(株) 大熊恒靖氏、T O A (株) 福山和男氏、(株)重松製作所千葉英幸、新野英男氏の助言を頂いた。また、現場調査実施には、川重テクノサービス(株) 横山隆司氏の協力を頂いた。この場を借りて厚く御礼する。