

国立京都国際会館の電気設備リニューアルについて

西永 桂造

近畿地方整備局 京都営繕事務所 保全指導・監督官室（〒606－8395 京都府京都市左京区丸太町通川端
東入ル東丸太町34－12）

日本で唯一の国連方式を採用した会議場である国立京都国際会館のメインホールにおいて、照明設備や音響設備の品質向上を図ったその施工について報告する

キーワード リニューアル 施工品質

1. はじめに

国立京都国際会館は、日本初の国際会議場として日本のコンベンションの歴史をリードしてきた。また、そのメインホールは日本で唯一の国連方式を採用した会議場であり、大空間に多数の照明設備や音響設備を備え、様々なシーンに対応する。また、多数の人に同時通訳設備を通して多国語の音声を伝える設備を設けている。本稿では平成23年度から平成26年度までに実施したリニューアル工事の概要を紹介し、各設備の施工品質を確保するために実施した取組を紹介する。

2. メインホールの概要

メインホールは、2,040㎡の床面積とし、1階から4階まで台形状に吹き抜けた15mの天井高を有し、2,000名を収容する大会議場である。国際会議の舞台にふさわしい荘厳な空間であり、政府間・国際機関会議、学術会議や講



写真1 メインホール

演会はもちろん、企業の周年記念式典、インセンティブ、表彰式など様々な用途に活用されている。

3. 照明設備のリニューアル工事の概要と施工品質確保の取組

今回のリニューアル工事では、メインホール内の全ての照明器具を取替えた。既設器具はハロゲンランプを使用していたが、改修後はLED照明を主とし、照明負荷を低減し、省エネルギー化を図った。また、LED照明のランプ寿命はハロゲンランプの約20倍であり、ランプ交換作業が大幅に軽減される。

施工品質確保として、次のとおりハロゲンランプとLED照明の特性等に対応した。また調光機能やその操作性の向上を図った

(1)ハロゲンランプとLED照明の特性の違いへの対応

a) 配光範囲の違い

大ホール中央部は円盤状天井を特徴としており意匠的に重要である照明器具の配置は変えていない。しかしながら、LED照明器具は配光範囲が狭く、そのまま置き換えると客席中央部のみが明るくなる。これを防ぐため円盤状天井の各器具は完全に水平でなく微妙な傾きを持たせることとし、照明器具は天井取付部分と光源部分が分かれたものとし、そらを組み合わせて取り付ける構造のものとした。このことでLED照明の配光範囲の狭さを解消しただけでなく、改修前より広い範囲を照明できるようになった。

また舞台部分は口径の大きなハロゲンランプが使用されていたが、改修後は同等の開口を持つ枠を取り付け、

その開口の中にLED照明器具を4台設置し、それぞれの角度を調整し従来と同等の配光を得られるようにした。

b) 色温度等の違い

LED照明とハロゲンランプでは発光原理が異なるため改修前後の色合い等の違和感が懸念された。このため色温度がハロゲンランプに近く、演色評価数が特に高い器具を選定し、現場で発光状況を確認した上で設置した。

c) 器具形状の違い

照明器具の外観の変化も懸念された。このため、照明器具は装飾部分の形状を踏襲して特注し外観の変化を少なくした。

d) 応答時間の違い

照明シーン切り替え時にハロゲンランプと類似のレスポンスで明るさの変化が起こるよう応答時間の設定を行った。

(2) 調光機能とその操作性等の向上

a) 調光機能の向上

前述のとおりメインホールは様々な用途に用いられる。またそれぞれの会議やイベントの中でもいろいろな照明パターンを必要とすることが少なくない。このため、2,000パターンの照明シーンを記録できる調光装置を採用し、あらかじめ必要な照明シーンを記憶させることにより素早くシーンの切り替えができるようにした。

工事においては、基本的な照明パターンをあらかじめ設定しておくこととし照度分布や見え方をシミュレーションし、実地に検証して適正な設定を決めるなどを行い照明パターンを記憶させた。

b) 操作性の向上

簡易操作機能を設け、会場内リモコン操作器にあらかじめ5つの照明パターンをプリセットした。講演会などシーンの少ない用途では主催者がリモコン操作簡単にシーン切り替えができるよう工夫した。

また、作業灯スイッチを設け、メインホール全体の照明を簡単にON/OFFでき、会場準備作業に適した中庸な明るさの状態に容易に切り替えられるよう工夫した。

c) 拡張性の向上

DMX, イーサネット等のインターフェース接続端子を設置し、複雑な調光シーンをを用いる演出の場合、主催者が持込みの調光卓を用いて調光操作を行うことが出来るようにした。

4. 音響設備のリニューアル工事の概要と施工品質確保の取組

今回のリニューアル工事では、舞台上部に設置されているメインスピーカー16台（舞台の下手と上手に各8台）を取り外し、上手と下手に2台ずつ追加して、計20台に変更して再設置した。また舞台サイドにもスピーカ

ーを計12台新設した。

施工品質の確保としては、会場内の音圧分布を平準化させるなどにより、音場の改善を図るとともに、誘導雑音の防止を図った。

(1) 音場の改善

a) 施工前のシミュレーションと設置・調整

まず、工事に先立ち旧設備での音響測定を行った。このデータを参考に新設備でより良好な状態となるようシミュレーションし、メインスピーカーの軸方向の調整等を行うとともにイコライザーの設定、アンプのレベル設定を行った。スピーカーの調整についてはホール内の基準点にマイクをおいて測定を行い、リアルタイムに状況を見て調整を行った。またマイクを移動しては同様にを行い、その作業を繰り返しその結果を専用ソフトウェアを用いて全体の状況をシミュレーションし、イコライジング調整や周波数分布を調整検討した。そして大ホール内で音響測定を行ないソフトウェアにフィードバックして再度調整さらに行なった。

b) 音響測定

音響設備の設置調整作業が完了した時点でホール全体の詳細な電気音響測定を行った。以下にその測定内容と結果を示す。

伝送周波数測定について

定常状態での受音点の音圧レベルの周波数測定を行った。目標値として160Hz～5kHzにおいて偏差10 dBを目標とし36箇所で測定した。結果は3箇所ですでに超えていたが試聴テストにおいて特に問題はなかった。図1にレベル測定例を示す。

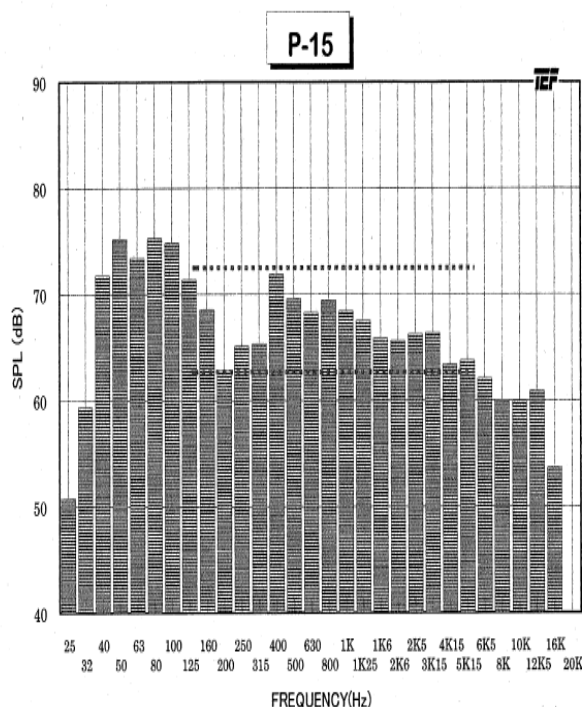


図1 周波数特性

音圧レベル分布について

この音圧分布の偏差が小さければ、座席間またはエリア間による音の大きさが少ないことになる。

今回増設したスピーカーのほか全スピーカーを使用した状態において、4kHzバンドパスノイズにおいて音圧分布を測定した。各座席位置(部屋の形状が左右対象形のため正面に向かって左半分97箇所)で測定、図2)で音圧偏差7.1dBに収まり目安となる8dBをクリアした。

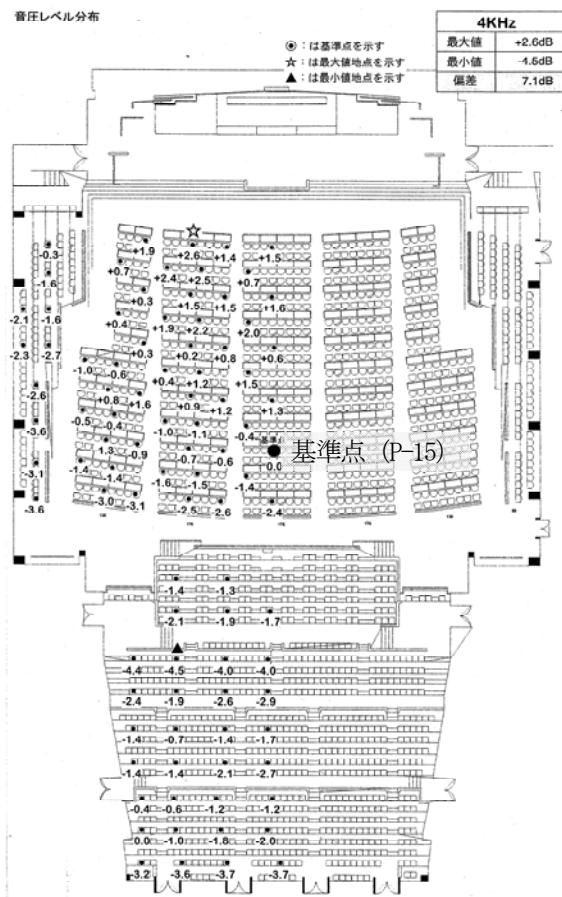


図2 音響測定位置図

安全拡声利得について

安全拡声利得とは、拡声装置がハウリングに対して十分安定(拡声装置の増幅度をハウリングの起こる直前の状態から6dB下げた状態)な状態にあるとき、使用マイクロホンと客席内の聴取位置での音圧レベル差のことで、次の式で表される。

$$\text{「安全拡声利得 (dB)」} = \text{「客席位置の音圧レベル① (dB)」} - \text{「マイク位置の音圧レベル② (dB)」}$$

まず音響設備を通常状態に設定し、マイクロフォンを舞台上の代表点にセットする。今回の場合通常よく使用する1) 下手演台位置 と 2) 中央演台位置とした。

この状態で音響設備の利得をあげてゆき、自然フィードバックが起こるポイントより6dB利得を下げて安定な状態にした。

次にマイクロフォンの正面50cmの位置にトーカースピー

カーを置きピンクノイズを発生させ、そのマイクロフォン位置で80dBになるようそのノイズの音量を調整する。このようにして得られた値と前述の式から安全拡声利得を算出する。(図3参照)

今回の場合、客席基準位置を参照とした。

メインスピーカーとサイドスピーカーを駆動し測定した。

設計目標値は-10dB以内。結果は-9.5dB~-13.5dBで実用上問題の無い値となった。

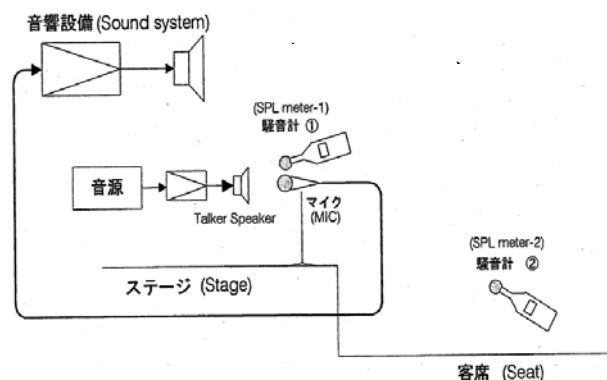


図3 音響測定模式図

最大音圧レベルについて

最大音圧レベルとは、電気音響設備が歪みのないクリアな音で再生できる総合出力音圧レベルの値を言う。

音源にピンクノイズを使用し、拡声システムを通常の使用状態に設定した後、出力レベルを上げてゆき客席代表点で、95dB(spl)の出力を再生し、システムが問題なく動作していることを確認する。また同時に最も出力の大きなメインアンプの出力レベルをミリボルトメーターで記録し、出力可能な最大レベルを算出予測し、システムの余裕度を検証する。(ピンクノイズとは、パワーが低音で大きく、高音で少なくなるという周波数とパワーが反比例特性を持つ雑音のこと。各1オクターブごとの帯域のエネルギーが同じになるため、様々な音響測定に使用される。)

今回の基準点は図2のP-15とした。設計目標値は95dB以上であり、95dB再生時における各パワーアンプの出力を測定した。これによると、最もマージンが少ない下手UPPER-LOWスピーカーにおいてもアンプの出力余裕24dB以上のマージンがあり、十分に余裕を持ったシステムであると考えられる。また、上記音圧の連続再生時に聴感による確認を行ったが、異常音等は確認されなかった。なお、アンプ出力はアンプ出力電圧をミリボルト計で測った電圧と、スピーカーの公称インピーダンスを抵抗値として算出したものを用いた。

残留雑音

ホールにおける騒音としては、外部から入ってくる音、空調ノイズ、調光器ノイズ、電気音響装置からのノイズ

等が考えられるが、ここでは電気音響装置によるノイズを測定した。測定結果の表示は、L. L. Beranek氏が耳に感ずる音の大きさと会話に対する騒音の妨害程度の研究を基に、騒音の許容量を周波数別の結果数値であらわせるようにしたNC値（騒音評価値）を用いるのが一般的である。このNC値は各週は数別の測定値を基にNC曲線により求められる。

まず、音響システムを通常使用状態にセットした後、調整卓の入力フェーダーを絞りきります。その後、騒音計と1/1オクターブバンドフィルターをセットし、63 Hz～8 kHzまでの各周波数の値を測定します。測定点としては、基準点（P-15）とした。設計目標値はNC25以下、駆動スピーカーはメインスピーカー、サイドスピーカーとした。おおむね20以下が確認出来た。（図4）

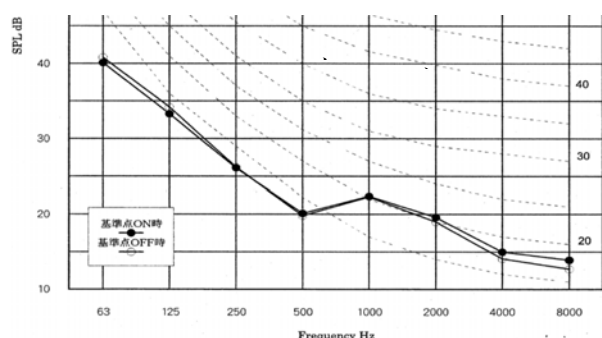


図4 NC線図

(2) 誘導雑音の防止

調光装置はランプの主電流が流れる装置のため電磁ノイズを発生する。電磁ノイズは調光設備のそばでは強い影響を及ぼすが距離が離れると急激に少なくなる性質がある。このため調光盤は専用の室に設置し他の設備を同居させないことにより雑音防止を図った。

メインホールには様々な音響設備が備えられている。これらに誘導雑音を発生させないため、特に誘導雑音源となりやすい調光回路は弱電線と1m以上接近させない施工を行った。

5. 同時通訳設備のリニューアル工事の概要と施工品質確保の取組

今回の改修工事では従来のFM誘導方式から赤外線方式に変更することとし、既存ループアンテナ（床）を撤去し、天井面に赤外線放射パネル16台を設置した。これにより雑音が少なく他室との混信の恐れもなくなることを意図した。

施工品質の確保としては、台形状の特殊な断面形状を有するメインホールにおいて、すみずみまで赤外線が到達するよう、赤外線パネルの設置について検討や調整を行

なった。

(1) 外線放射ラジエーター配置の検討

パネルからの赤外線ははおおむね60度の頭頂角の正方形のエリアに到達する。会議場は床面より天井が狭くなる独特の形状をしている。このため側方の席に向かっては天井の端に設置してもより壁向きに向けなければならない。また、座席は後部に向かって高くなり最後部は4階フロアと同じ高さとなっている。このため天井との距離が短くなり放射面積が少なくなる。この対策として部屋の隅までいずれかの赤外線放射器がカバーするように赤外線分布をシミュレーションをおこない、取付位置を決定した。中央部は複数台の赤外線放射器の相乗効果でカバーできることとした。（図5 赤外線ラジエーター放射範囲図）

ステージ部分はステージ前方の中央寄り左右に各1台とし、左右方向には水平に対し10度、ステージ奥に向かって15度の傾斜とした。

1階席エリア部分は8台でカバーすることとした。中央寄りに設置したものは水平に、左右寄りの物は壁向きに8度の傾斜とした。

後方階段席エリアは6台とし、後方はより間隔を狭く配置した。そのうち前側4台は水平に対し左右に各10度、後方に向け15度の傾斜とした。後ろの2台は左右は各10度、後方に向け30度の傾斜とした。人物による陰を少なくするため傾斜が少なく、真上から赤外線が届くのが望ましいが後部座席は赤外線ラジエーターの設置間隔を狭くすることでカバーすることとした。

(2) 赤外線放射ラジエーターの設置後の調整

設置完了後は、会議場内のどの席の位置でも十分な感度が得られるよう角度調整を行った。細かい角度の調整を要するため天井内で角度を設定してから天井面を下ろす昇降可能な取付架台を製作し繰り返し調整を行なった。

（図6 赤外線強度分布図）しかしながら在席状態でのテストではやや受信強度の弱いところも発見され受信不良箇所をなくすよう調整を繰り返し行い改善した。

赤外線式に改修したことにより電波式や誘導式のような雑音の影響や会場内外との干渉の恐れも無くなり良好な設備となった。

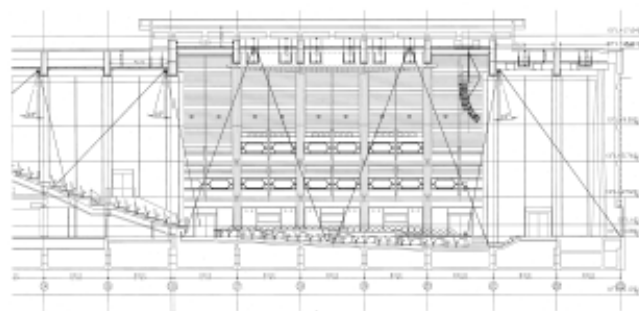
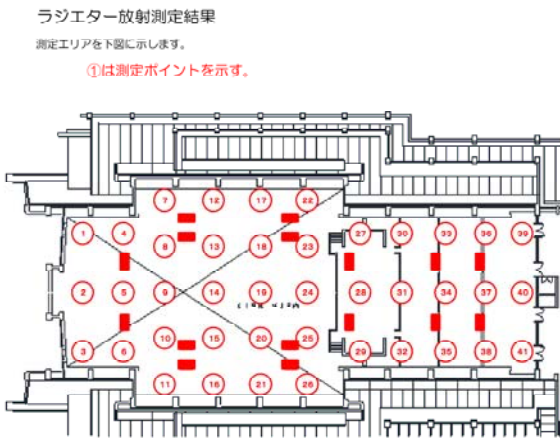


図5 赤外線放射範囲図（メインホール断面図）



凡例： ■ 赤外線ラジエーター設置位置 LBB4512/00/ハイパワータイプ×16台

測定結果

測定ポイント	測定値	判定	測定ポイント	測定値	判定	測定ポイント	測定値	判定
1	25	良好	19	16	良好	37	00	良好
2	06	良好	20	12	良好	38	03	良好
3	24	良好	21	22	良好	39	06	良好
4	12	良好	22	25	良好	40	00	良好
5	16	良好	23	16	良好	41	06	良好
6	12	良好	24	10	良好			
7	24	良好	25	14	良好			
8	06	良好	26	23	良好			
9	22	良好	27	12	良好			
10	10	良好	28	04	良好			
11	26	良好	29	12	良好			
12	28	良好	30	06	良好			
13	16	良好	31	00	良好			
14	30	良好	32	06	良好			
15	12	良好	33	04	良好			
16	23	良好	34	00	良好			
17	20	良好	35	01	良好			
18	08	良好	36	01	良好			

図6 赤外線強度分布図

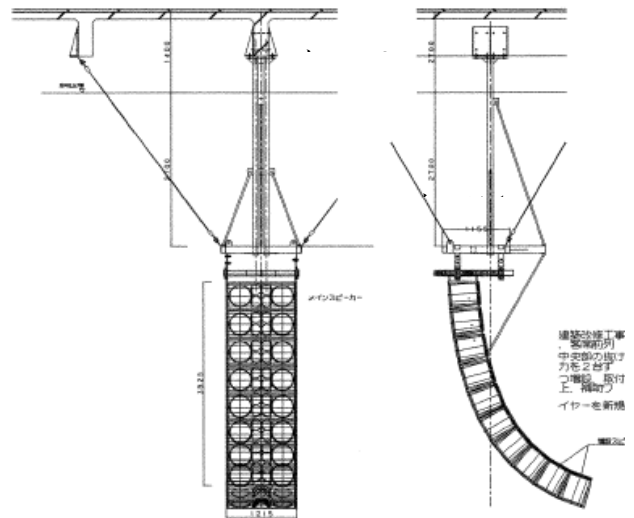


図8 スピーカー取付姿図

小型の照明器具は通常の取付を行った上、落下防止ワイヤーを構造部材から支持した。近くに構造部材が無い場合は鋼材を構造部材の間に取付、それをワイヤーの支持に用いた。

6. 設備の耐震性の向上

(1) 設備器具の落下防止

大型の照明器具やスピーカーは専用の架台金具を製作し構造部材から支持を行った。

メインスピーカーは既存が8台連結のところを2台増やし10台連結としたため重量だけでなく重心位置も変わったがそれに対応した架台を新たに作成した。また振れ止めワイヤーを配置した。(超軽量タイプ ツアースピーカー72kg×2、左右各一式)

メインスピーカーは一体に組上げられる前の本体10台分だけで約800kgの重量がある。支持基は梁を両側から鉄板で挟み込む構造とした。それらとつり下げ金物架台一式が520kgと見込まれ総重量1,320kgとなった。金物は鋼板、角鋼管などから独自の形状のものを各部の構造計算強度計算を経て形状や部材が決定され製作した。振れ止めとして4方向からワイヤーを併用する方式とした。これも吊りもとの金具を取り付ける場所は梁とした。1本のワイヤーはアンカーボルトを含めメインスピーカーに金物を含めた全重量に0.5を乗じた地震力に耐えるものとした。ワイヤーを併用することにより比較的細い鋼管によりつり下げる形とし、重圧感のないスマートな姿とすることができた。

7. まとめ

一般の事務室における改修と異なり、形状、デザイン、用途等が特殊であるメインホール内の電気設備のリニューアルにおいては、設計で意図された性能が確保されるよう施工段階における器具の選定、設置方法についての検討、設置後の確認・調整がきわめて重要である。前述のような工夫や対策によって、1966年の開館から大切に守られてきたメインホールの荘厳な空間を損ねることなく、LED化による省エネ化、スピーカーの増設等による音場の改善、赤外線方式による同時通訳の明瞭度の向上等が図られ、会議主催者からも好評をいただいているところである。

今後、各設備の長寿命化等のリニューアルが行われていく際の参考になれば幸いである。

謝辞：本工事は、別室で開催する会議との関係から、作業時間や作業方式が限られたほか、既存のデザインを大切にするため作業スペースが限られるなど工事の実施には多大な労力を要したが、無事故、無災害で完成できた。ここに関係者各位に感謝申し上げる。