

ホール客席椅子の吸音特性



土屋 裕造*1

福山 忠雄*1

概 要

ホールの客席椅子の仕様検討では、起立機構や座り心地等の機能性、意匠性、耐久性などに対する考え方が、個々のホールで異なることが多いので、椅子の吸音特性にも特徴が表れる。また、その吸音力はホールの残響時間に大きく寄与してくるので、ホールの残響時間を予測する際には、椅子の吸音特性を精度よく把握する必要がある。

このため、筆者らは、これまで残響室を用いた椅子の吸音力の測定を行い、その測定方法・データ等を蓄積してきたが、最近のデータを基に以下の知見が得られた。

1. 当研究所の設置条件等による測定方法の概要を示したが、設置条件等の違いから測定データにも特徴がみられた。
2. ホールの性格等に関連した椅子の仕様の違いで、ホール客席椅子の吸音特性にもばらつきがみられた。
3. 吸音特性に所期値との差がみられる場合、改善策が必要である。特に今回紹介する改善例では、座裏仕様は椅子の吸音特性に大きく関係することがわかった。
4. 可動椅子の吸音特性は、椅子のホールでの設置状態で、相当のばらつきがみられた。

SOUND ABSORPTION CHARACTERISTIC OF HALL SEAT CHAIR

Yuzo TSUCHIYA *1

Tadao FUKUYAMA *1

The way of thinking toward the function of the rising mechanism and the seat profit feeling, the durability, and so on is often different by the specifications examination of the seat chair of the hall in each hall. Therefore, characteristics are shown in the sound absorption of the chair as well. And, its sound absorption power contributes greatly in the reverberation time of the hall. When the reverberation time of the hall is predicted, precision must grasp the sound absorption character of the seat chair well.

Therefore, we have done the measurement of the sound absorption power of the chair which reverberation room was used for so far. Then, those method and data on that it is measured have been accumulated. Following knowledge could get it based on the recent data.

1. The outline of the way of measuring it by the establishment condition of our laboratory and so on was shown. Characteristics were seen in the measurement data as well from the difference such as an establishment condition.

2. Dispersion was seen with the difference in the specifications of the chair which relates to the character of the hall and so on in the sound absorption character of the hall seat chair as well.

3. A reform measure is necessary when the difference from the expected value is seen in the sound absorption character. As for the seat reverse side specifications, it was found out that it influenced the sound absorption character of the chair greatly in the improvement example introduced especially this time.

4. Considerable dispersion was presumed the sound absorption character of moving-chair under the establishment condition in the hall of the chair.

*1 技術研究所

*1 Technical Research Institute

ホール客席椅子の吸音特性

土屋 裕造*1
福山 忠雄*1

1. はじめに

ホールの客席椅子の仕様検討では、起立機構や座り心地等の機能性、意匠性、耐久性などに対する考え方が、個々のホールで異なることが多いので、椅子の吸音特性にも特徴が表れる。また、その吸音力はホールの残響時間に大きく寄与してくるので、ホールの残響時間を予測する際には、椅子の吸音特性を精度よく把握する必要がある。

このため、筆者らは、これまで残響室を用いた椅子の吸音力の測定を行い、その測定方法・データ等を蓄積してきたが、本稿では、設置条件等による測定方法から得られた知見や、椅子の吸音力の改善例等を含め、これまで測定し蓄積してきたホール椅子の吸音特性全般についてまとめたので、紹介する。

2. 測定施設・方法

2.1 測定施設

当社で椅子等の吸音測定を行う施設である残響室の形状を図-2.1に示す。当社には2つの残響室があり、向かい合って対称になっている。第1残響室と第2残響室は、第1は拡散板があり、搬入扉の大きさが違う他は同一形状・寸法である。諸元を表-2.1に示す。その性能等は参考文献¹⁾を参照されたい。

2.2 測定方法・装置

椅子の等価吸音面積（以下、「吸音力」と記す）を測定する場合は、音源にホワイトノイズを使用し、空室と試験体の椅子を入れたときの残響室における1/3オクターブバンド毎の残響時間を測定し、その差から1/3オクターブバンド毎の吸音力を求める。なお、ウェルありの場合は、ウェルのみが残響室に入ったときの残響時間を空室データとしている。

計測システムを図-2.3に示す。残響室内に5つのマイクを設置し、音源スピーカーは壁面に向け室全体に拡散する位置に各周波数帯域共2箇所、各2回以上、計20回以上の測定を基本としている。マイクはあらゆる境界・試験体から1m以上離し、スピーカーからは2m以上離れた。音源は1/1オクターブバンドのホワイトノイズ（以下「1/1oct.」）を基本としているが、人着席での測定では、人の長時間の測定による疲労を考慮し、音源をオールパスのホワイトノイズ（以下「AP」）としている。以上は、JISの測定方法²⁾に準拠している。

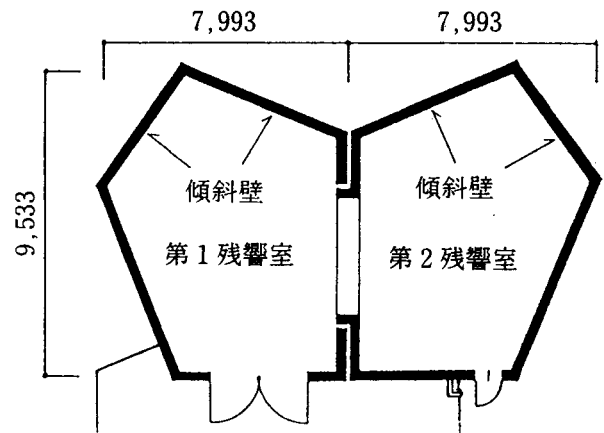


図-2.1 残響室の概要

表-2.1 残響室の諸元

諸元	床面積	54 m ²
	室内総表面積	273 m ²
	容積	313 m ³
仕様	壁	コンクリート厚300mm、モルタル薄塗り
	屋根	コンクリート厚300mm、打ち放し仕上げ
	床	コンクリート、金ごて仕上げ
室形	室形：7面体、平面形：不整形五角形、 断面形：2壁面が10度内倒れ、屋根勾配：13度	

ウェル 高さ900H,1800H 合板20mm

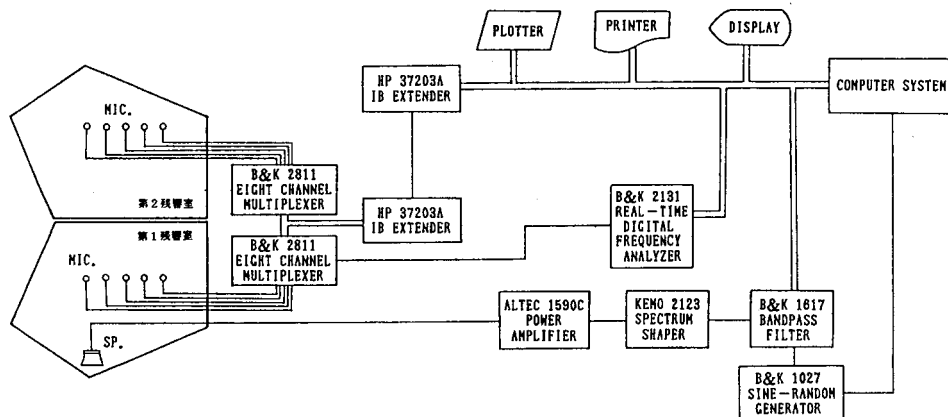


図-2.2 残響室の計測システム

*1 技術研究所

椅子の配列は、図-2.2に示す(a)または(b)としているが、いずれも、椅子配列の外周各面が、残響室の天井・側壁から1 m以上離し、並行とならないよう、また、実際ホールで取り付けられる配列間隔で配置した。

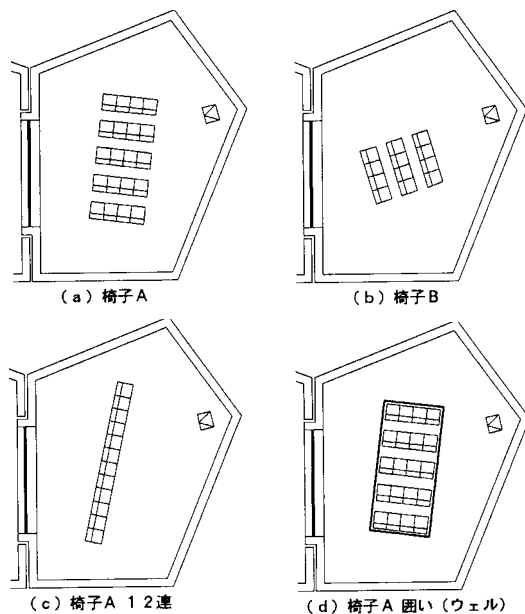


図-2.3 椅子の配列

3 測定条件による比較

3.1 個数

椅子の個数の違いによる吸音力の測定結果を図-3.1～3.2に示す。8個以上では、個数の増減による差は小さいが、図-3.2, 図-3.3のように2～4個など極端に少ない場合には差を生じてくる。設計図書では、椅子吸音力測定の際に椅子20個で測定することを指定されることがよくあるが、運搬費など負担が大きいためことが予想され、当研究所では、8～12個程度で吸音力は比較的測定結果が安定し収束することを確認している。

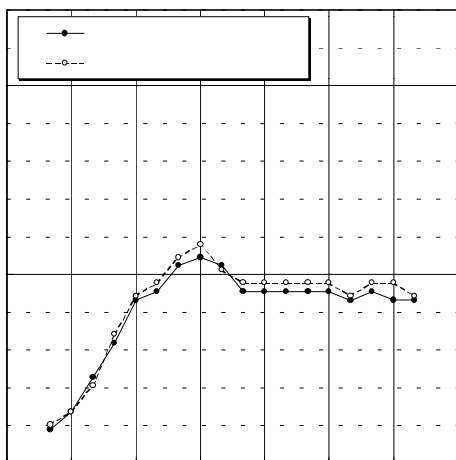


図-3.1 個数による吸音特性の比較 - その1 (Bホール椅子)

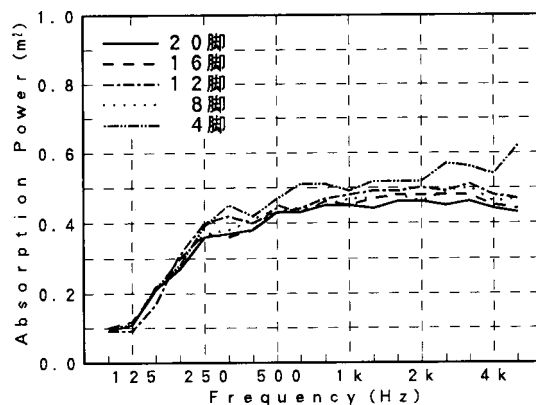


図-3.2 個数による吸音特性の比較 - その2 (Gホール椅子)

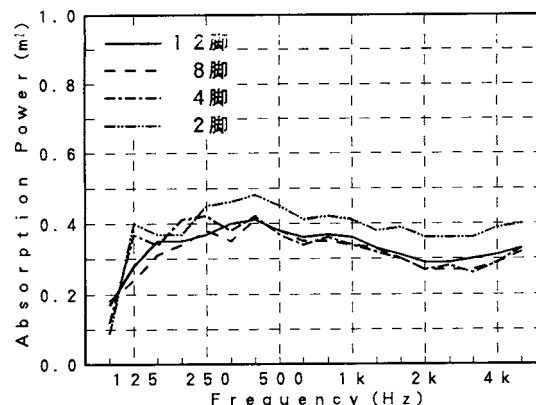


図-3.3 個数による吸音特性の比較 - その3 (Jホール椅子)

3.2 配列

同じ個数で配列が違う場合による吸音力の測定結果を図-3.4, 図-3.5に示す。配列が1列の場合(図-2.3(c)参照)、3列の場合と比べて大きめの値を示している。これは椅子側面からの入射音の影響が大きいことによるものと考えられる。これらの値からみて、椅子の配列も重要な要素と考えられる。

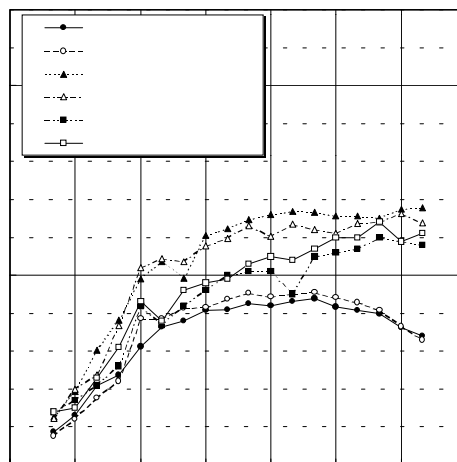


図-3.4 列による吸音特性の比較 - その1

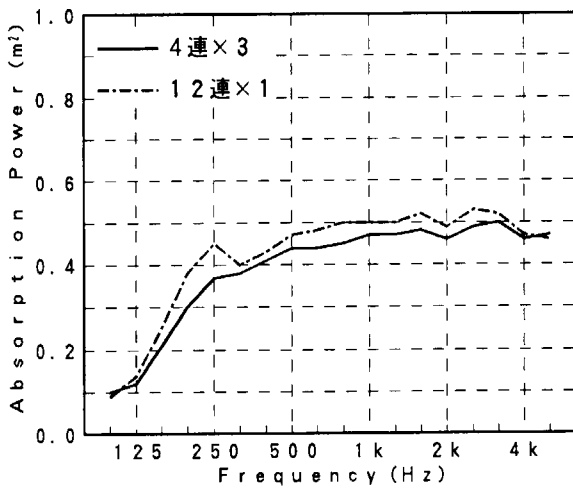


図-3.5 列による吸音特性の比較 - その2
(Gホール椅子)

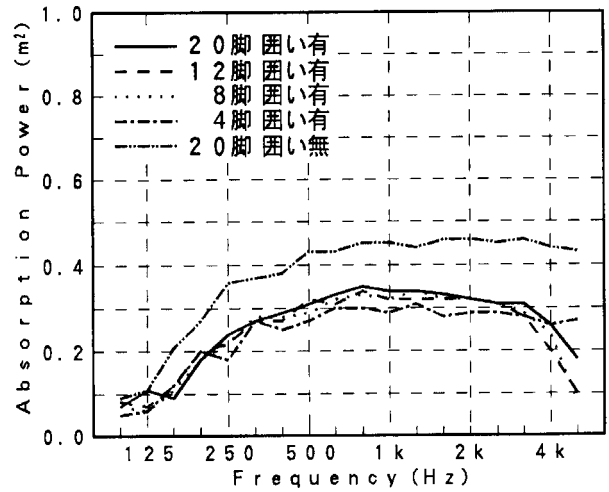


図-3.6 ウェルありの個数による
吸音特性の比較 (Gホール椅子)

3.3 ウェルの有無・高さ

椅子の周囲に図-2.3(d)で示されるような囲い（以下「ウェル」）を設けるのが望ましいことが、JIS¹⁾で記載されている。ウェルの設置は、椅子の側面からの入射音を遮り、実際のホールに設置された条件に近似させるためと考えられている。当研究所では、ウェルに高さ900Hのランバーコア板20mm厚を原則として使用し測定している。

ウェルの有無による測定結果の比較を図-3.6に示す(次項4の図-4.11～4.14も参考にされたい)。ウェルの有無により測定結果が大きく違うことがわかる。これまでの吸音力データは、ウェルなしのデータが多く、それらのデータと比較するためにも、当研究所ではウェル有無両者の測定を原則としている。

ウェルありでの個数の違いによる吸音力を同じく図-3.6に示す。ウェルありでは、同じ椅子でのウェルなし(図-3.2参照)より個数の違いによるばらつきは小さい。

ウェルの高さを900Hと1800Hに変えて測定した結果を図-3.7に示す。高さによって測定結果も大きく違うことが認められた。JISでは「囲いの高さは試料の高さに合わせるのが望ましい」という記述があり、ウェルの高さについては、当研究所でも今後共検討したい。

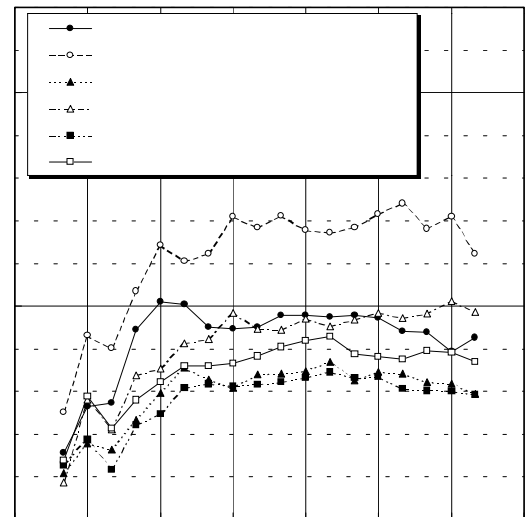


図-3.7 ウェルの高さによる吸音特性の比較
(A大ホール椅子)

3.4 人の有無

椅子のみの場合(以下「空席状態」)と人着席状態での吸音力の測定結果を図-3.8、図-3.9に示す。いずれも人の吸音力による影響がみられ、人着席状態が空席状態より吸音力が大きくなっている。人の有無での吸音特性は、次項4の図-4.11～4.14にも掲載している。

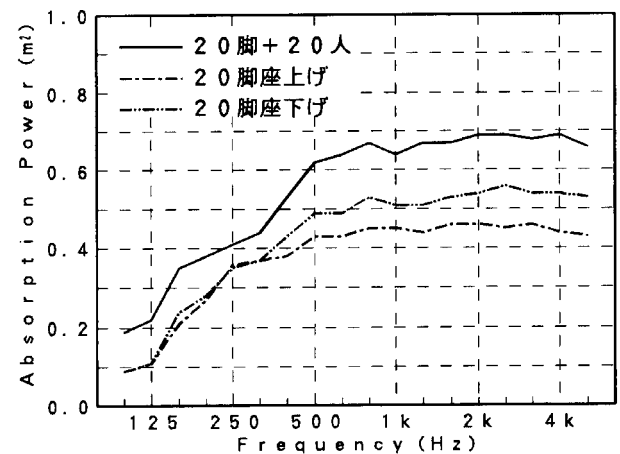


図-3.8 空席・人着席による吸音特性の比較 - その1
(Gホール椅子)

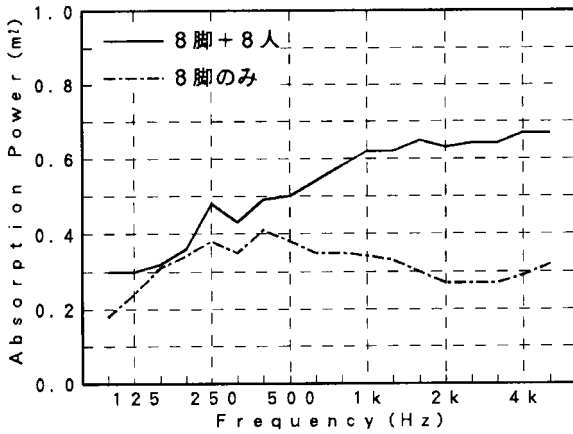


図-3.9 空席・人着席による吸音特性の比較-その2 (Jホール椅子)

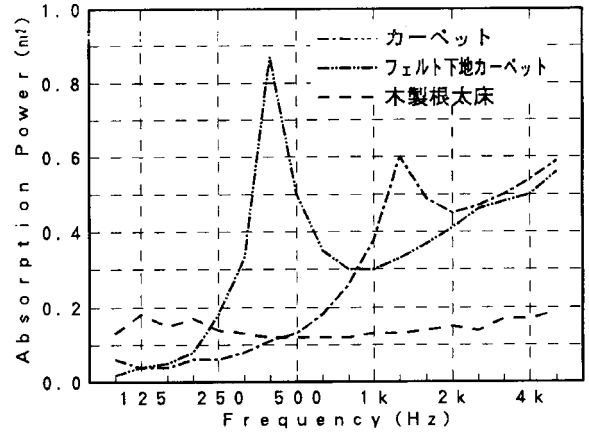


図-3.11 床仕上材のみの吸音特性 (椅子1個あたりの占有面積分に換算) (Jホール椅子)

3.5 音源

音源がホワイトノイズで1/1オクターブバンド(oct)の場合とオールパス(ap)の場合との測定結果の比較を図-3.10に示す。ウェル有無共に殆ど差がない。ただし、オールパスでの測定で、隣り合う周波数で極端な吸音力の差を持つ供試体の場合は、正確な測定が困難なこともあり、次項3.6の図-3.11のように、1/3オクターブバンドで、ある周波数だけ傑出したデータがある場合、音源の選定に注意を要しよう。1/1オクターブバンドが、より高い測定精度を期待できる。

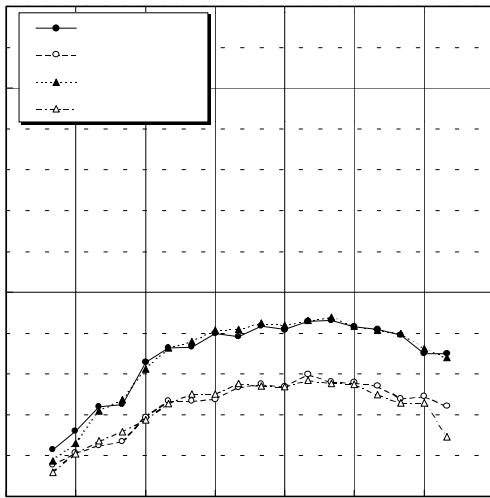


図-3.10 音源がapと1/1oct.による吸音特性の比較 (Dホール椅子)

3.6 床仕上げ

椅子下部の床仕上げが異なる場合の測定結果の比較を図-3.11に、椅子と組み合わせた測定結果を図-3.12に示す。フェルト下地カーペットのみの場合、吸音特性に特徴が現れ、椅子+床フェルト下地カーペットでもその影響は無視できない。今後、床材料を含めた測定も行いたい。

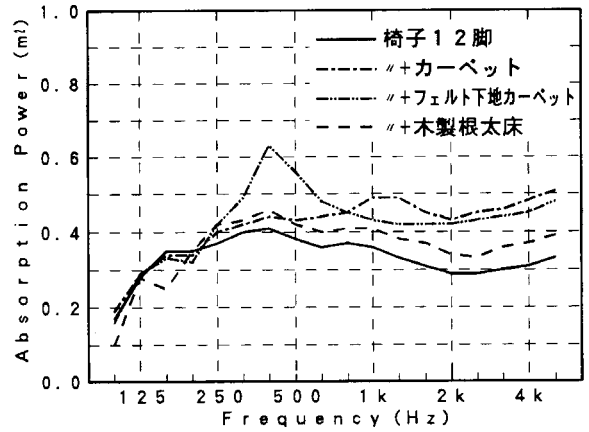


図-3.12 椅子と床仕上材との組み合わせによる吸音特性 (Jホール椅子)

4. 椅子の仕様の違いによる比較

4.1 椅子の仕様・外観

筆者らが測定した椅子の入ったホールの、設計段階における主な使用目的を表-4.1に、測定した椅子の仕様と概観図を図-4.1～4.10に示す。

表-4.1 各ホールの設計段階における使用目的

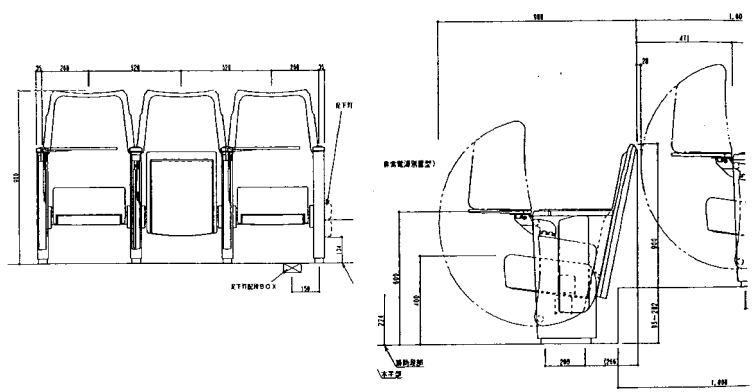
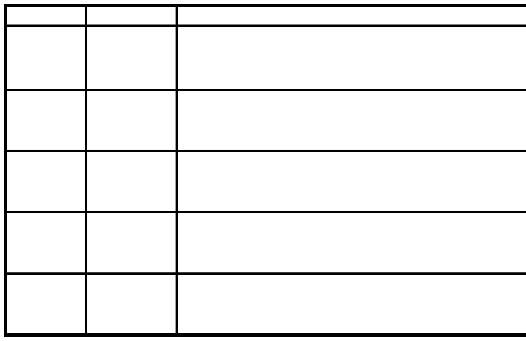


図 - 4.1 A大ホール客席椅子の仕様・概観図

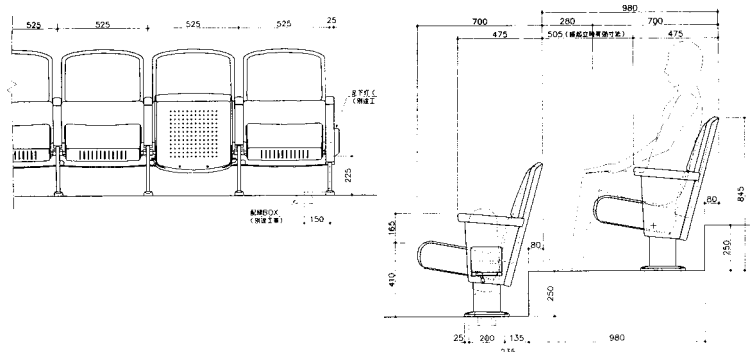
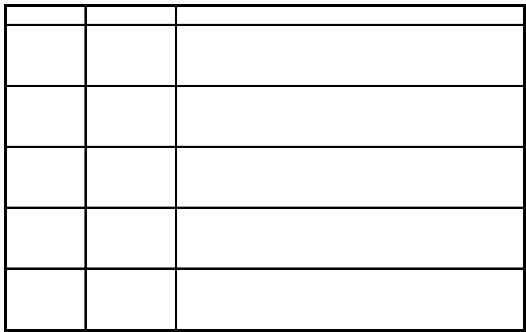


図 - 4.2 Bホール客席椅子の仕様・概観図

図 - 4.3 Cホール客席椅子の測定写真

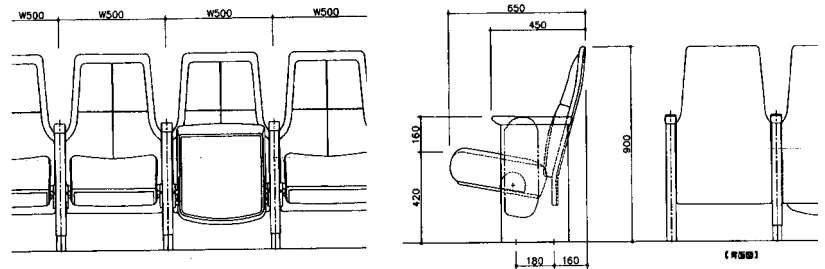
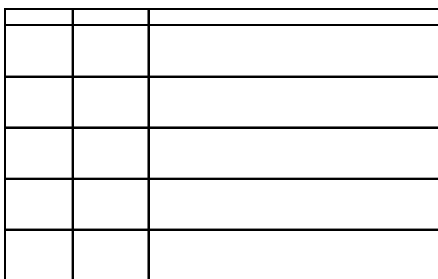


図 - 4.4 Dホール客席椅子の仕様・概観図

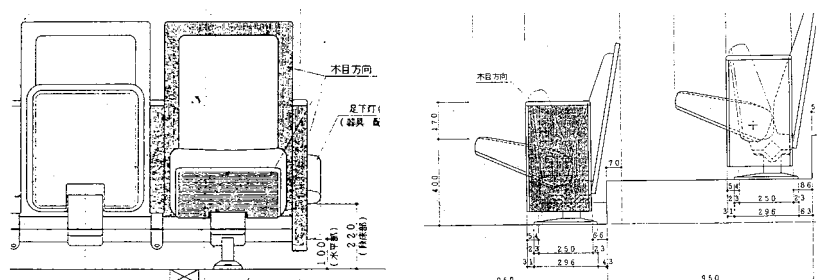
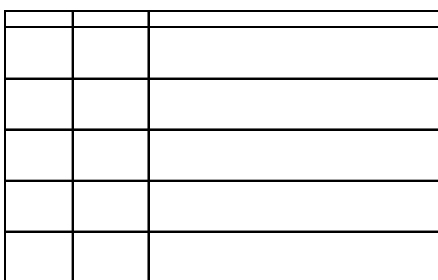


図 - 4.5 Eホール客席椅子の仕様・概観図

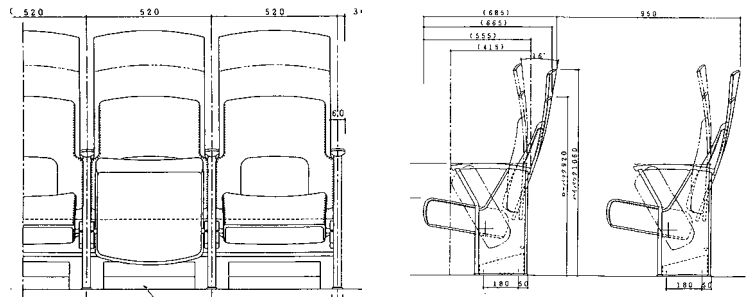
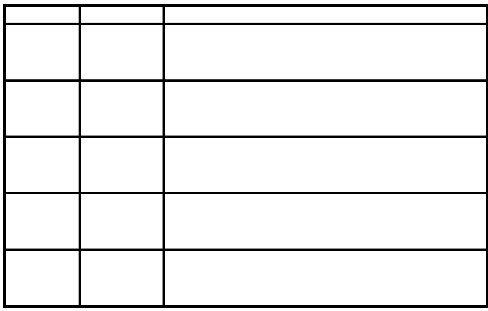


図 - 4.6 Fホール客席椅子の仕様・概観図

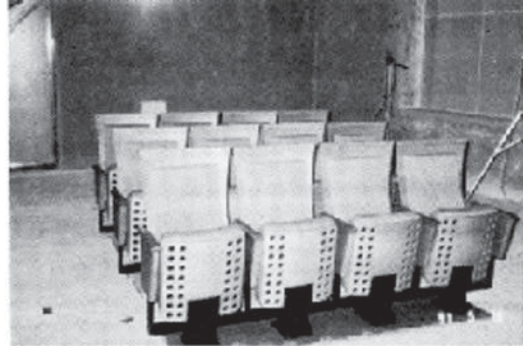


図 - 4.7 Gホール客席椅子の測定写真

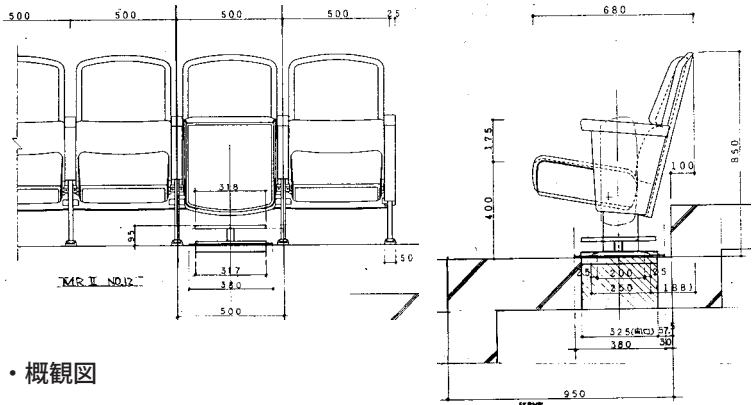
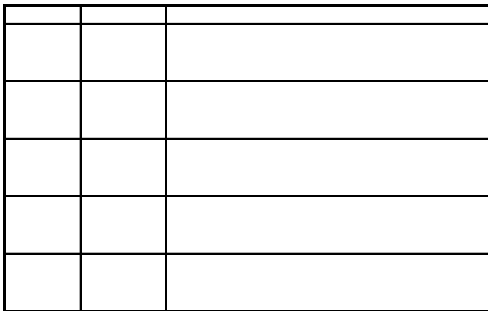


図 - 4.8 Hホール客席椅子の仕様・概観図

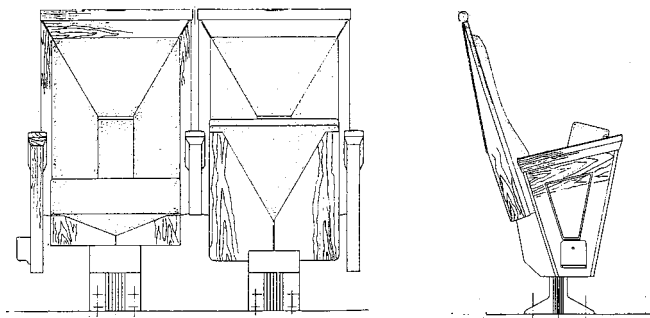
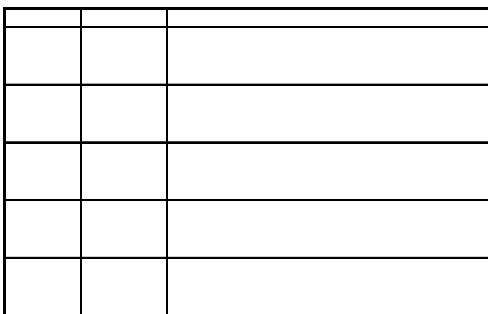


図 - 4.9 Iホール客席椅子の仕様・概観図

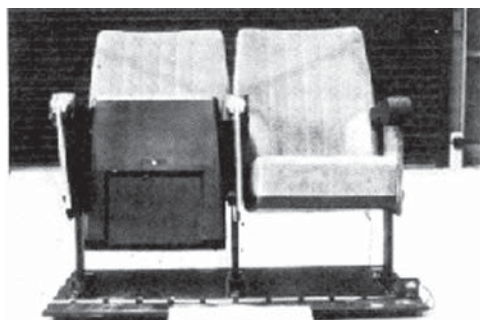


図 - 4.10 Jホール客席椅子の測定写真

4. 2 各ホール客席椅子の吸音特性

図-3.11に、各ホールにおける、ウェルなし・空席状態、図-3.12に、ウェルあり・空席状態、図-3.13にウェルなし・人着席状態、図-3.14にウェルあり・人着席状態での椅子1個あたりの吸音特性を示すが、図中A～I

は、図-4.1～4.9のA～Iホールの客席椅子に対応している。各ホールの性格等と関連し、椅子の形状・材質、人の着席状態等、複雑な要素が寄与して、それぞれ椅子の吸音特性にバラツキのみられることがわかる。

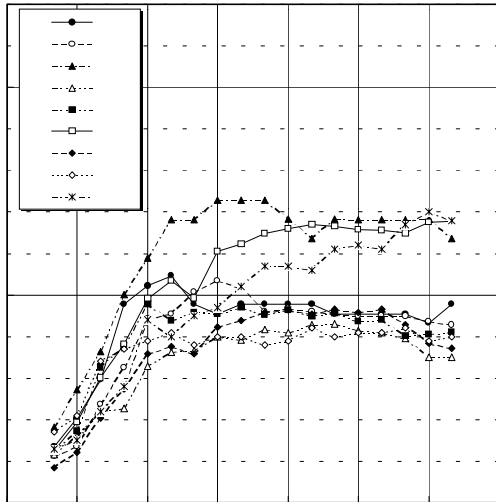


図-3.11 椅子1個あたりの吸音特性
(ウェルなし・空席状態)

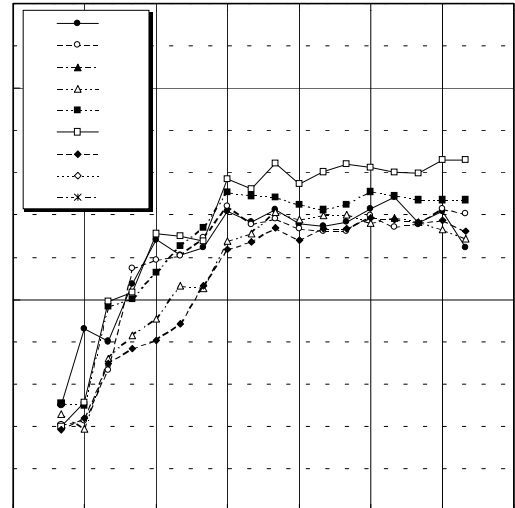


図-3.13 椅子1個あたりの吸音特性
(ウェルなし・人着席状態)

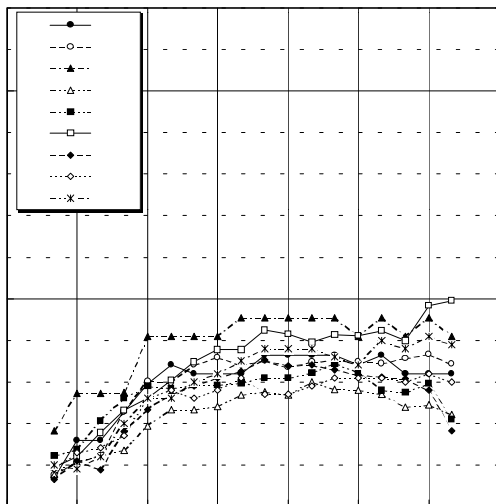


図-3.12 椅子1個あたりの吸音特性
(ウェルあり・空席状態)

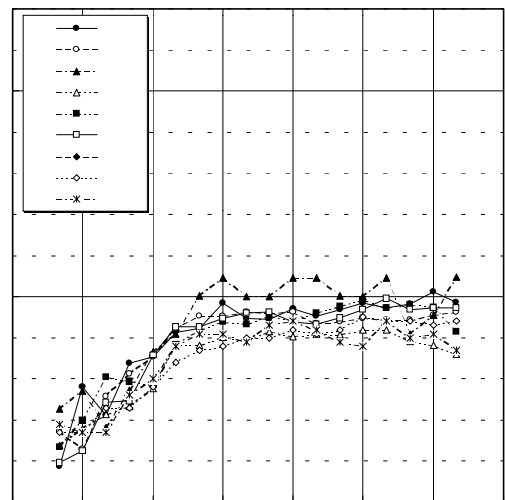


図-3.14 椅子1個あたりの吸音特性
(ウェルあり・人着席状態)

5. 改善例－A大ホール客席椅子

5.1 概要

本項では、A大ホール原仕様の客席椅子に関する低音域の吸音改善を示す。

Aには、大・小2つのホールがあり、このホールの施工段階において、客席椅子の吸音特性に関する実験的検討・評価を行った。本ホールの原仕様の客席椅子の場合、座裏に薄型鋼板製のバネが使用され、これとスチールパネル製の座裏カバーとがキャビティを構成して、低音域の吸音が所期値を上回った。そこで、この低音域吸音の低減を目的に、座裏仕様を変えて、残響室法吸音測定により、吸音特性の比較・評価を行った。ここでは、まず原仕様における一連の吸音実験の結果を示し、これを踏まえた座裏仕様に関する検討結果の概要を報告する。

5.2 試験体および測定方法

原仕様客席椅子の概要は、前項4の図-4.1に示している。座裏仕様の検討では、表-5.1に示すような条件で測定した。測定では、椅子12個を試験体とし、測定方法は2.2項と同様である。なお、吸音力の測定は、DEEP-WELL & PLD法³⁾でも行った。

表-5.1 椅子座裏仕様の検討一覧

No.	仕様	備考

5.3 実験結果

大小ホールの各原仕様客席椅子の吸音力をウェルの有無で比較し図-5.1に示す。大小ホールの仕様はほぼ同仕様であるが、背部分の高さが異なる。大小ホール共に、低音域の吸音力が125Hzを中心に所期の値より大きく表れ、低音域の残響時間に影響を及ぼすことが考えられた。そこで低音域の吸音力を低減することを目標に、座裏部分の仕様の検討を行った。まず、表-5.1の①を原仕様とし、②、③の条件で測定を行った結果を図-5.2に示す。②の鉛を貼った条件ではあまり差はみられなかったが、座裏カバーを外しキャビティをなくした条件で低音域の吸音力低減がみられ、これは鋼線製バネでキャ

ビティのないHホール椅子の吸音力に近い値である。これを踏まえ、次に表-5.1の④～⑥に示した条件での実験を行った。その結果を図-5.3に示すが、125Hzの吸音力は、合板9mmで比較的小さな値を示した。また、DEEP-WELL & PLD法でも表-5.1の他の条件を含めた確認実験を行ったが、図-5.4に示すように、ここでも低音域での差が捉えられている。以上の結果より、実際の客席椅子の座裏カバー仕様は、合板9mmに変更された。

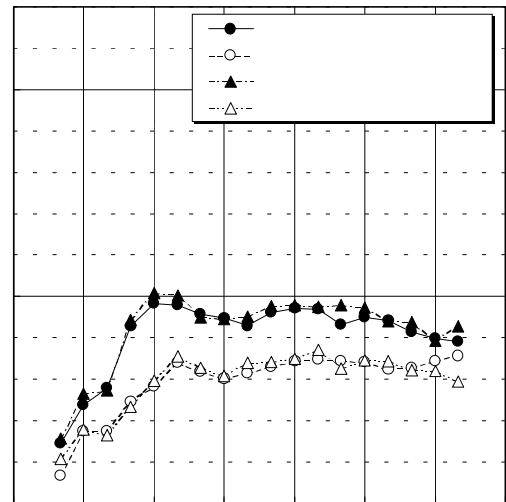


図-5.1 A大・小ホール椅子吸音特性の比較

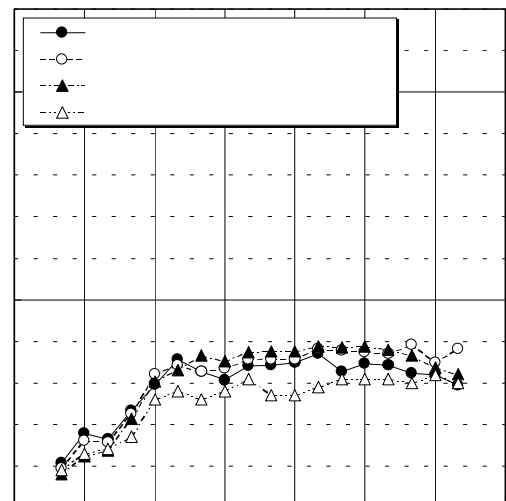


図-5.2 A大ホール椅子座裏変更 - その1

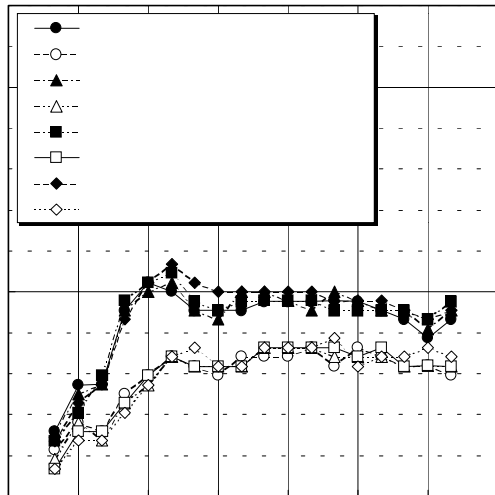


図 - 5.3 A大ホール椅子座裏変更 - その2

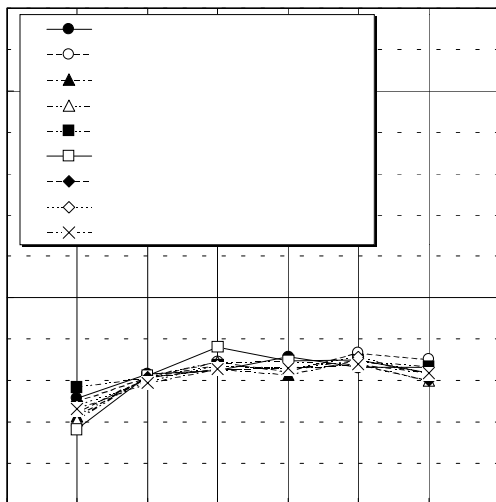


図 - 5.4 A大ホール椅子座裏変更 - その3
(DEEP-WELL & PLD法)

6. 可動椅子の比較

6.1 ロールバック型

ホールを多目的に使用することから、客席部分を平土間形式から雛壇形式に変えられる仕様のホールも多い。客席を雛壇状態に設置し、収納できるロールバック型の可動椅子と、その可動椅子をもつホールの概要を表-6.1、図-6.1～6.5に示すが、大きさも用途も多様である。

表-6.1 ロールバック型可動椅子が設置するホール概要

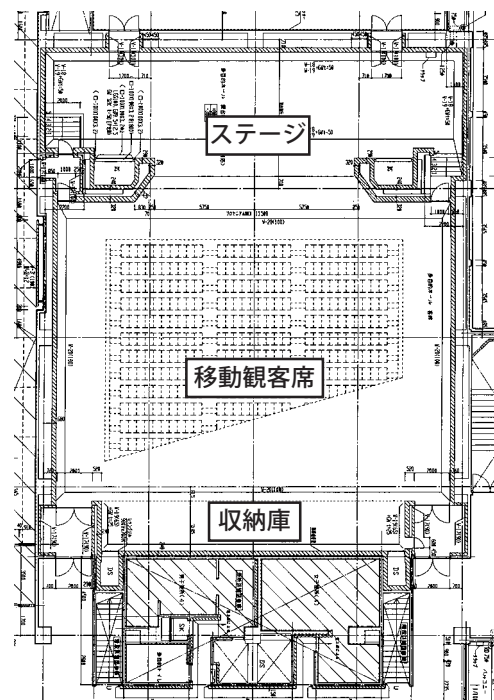


図 - 6.1 Kホール概要図

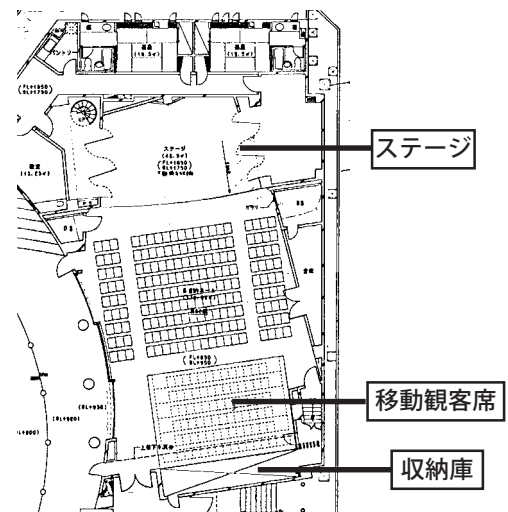


図 - 6.2 Lホール概要図

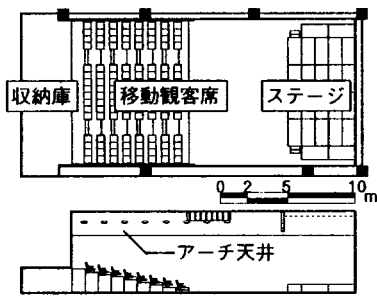


図 - 6.3 Mホール概要図

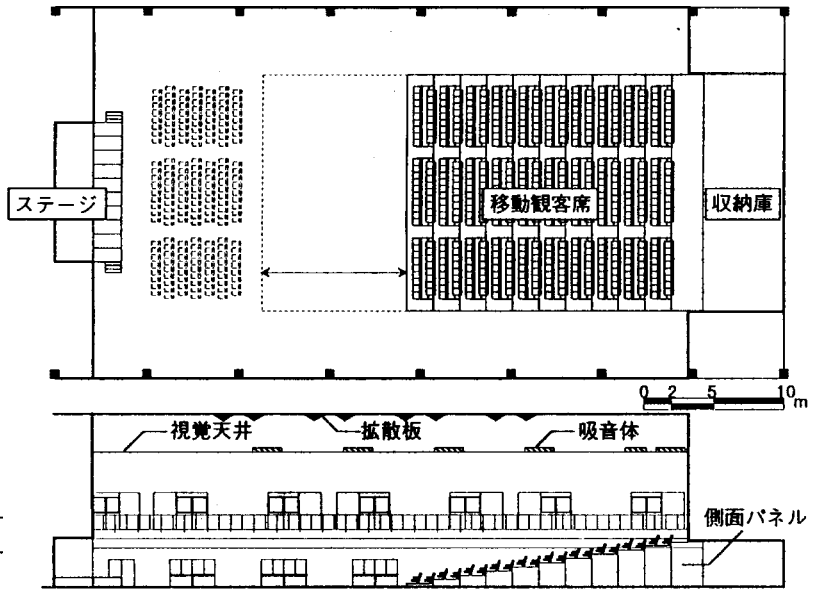


図 - 6.4 Nホール概要図

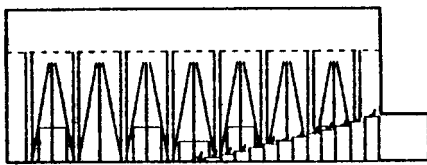
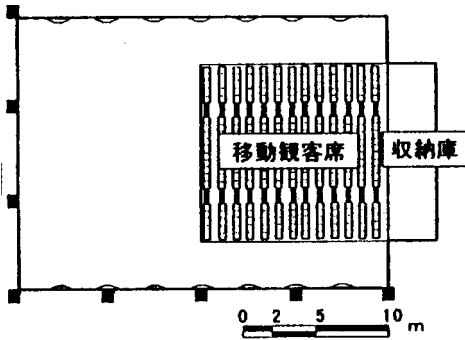


図 - 6.5 Oホール概要図

実際のホールで、椅子が設置された状態と収納された状態で測定した残響時間を図-5.6に、その差から求めた椅子1個当たりの吸音力を図-5.7に示す。各ホール間で特徴がみられるが、椅子の設置状態で相当のバラツキがみられる。なお、Lホールで特に吸音力が小さいのは、床が絨毯である影響が考えられる。

可動椅子によっては、側板の共振現象が、吸音力に影響を与えていると考えられるものもあり、可動椅子の仕様・施工状況に充分留意する必要がある。

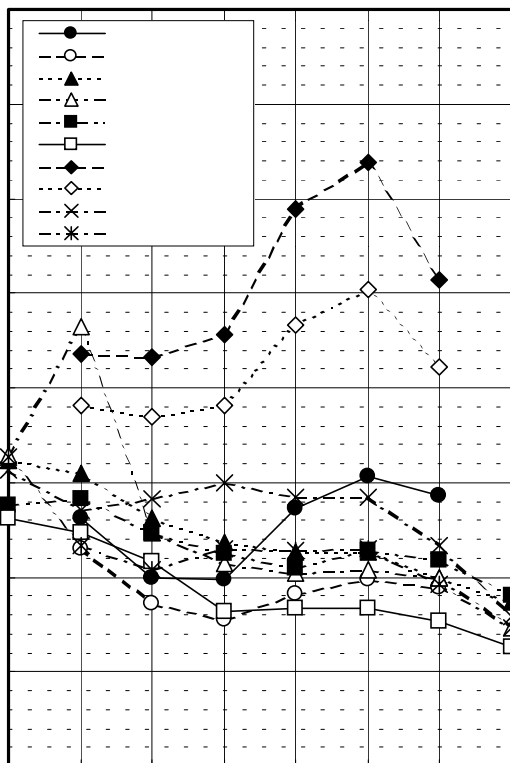


図 - 6.6 ロールバック型可動椅子が設置するホールの収納状態、設置状態における残響時間 (空席時)

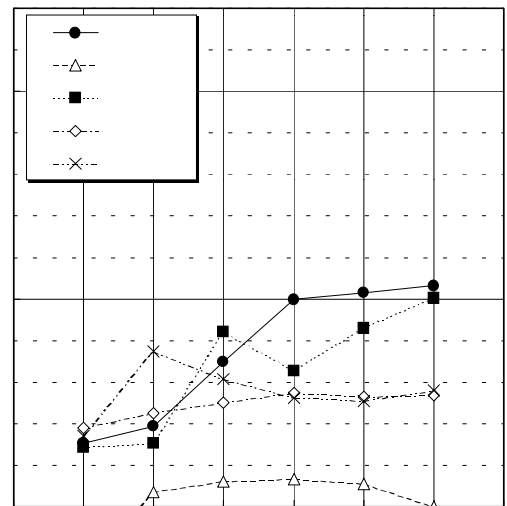


図 - 6.7 ロールバック型可動椅子ホールの残響時間より求めた吸音特性の比較 (椅子1個当たり)

6.2 キャスター型

図-6.8にキャスターで移動できるタイプの椅子の仕様と概要を示す。キャスター型の椅子は、座り心地より可動性を重視しているため、背もたれ背後や座裏は木板となっており、キャビティを構成していない。図-6.9にA大ホールにおける固定椅子と小ホール可動椅子の吸音特性の比較を示すが、可動椅子は固定椅子より全体に吸音力が小さく、特に低音域で吸音力の差が顕著になっている。

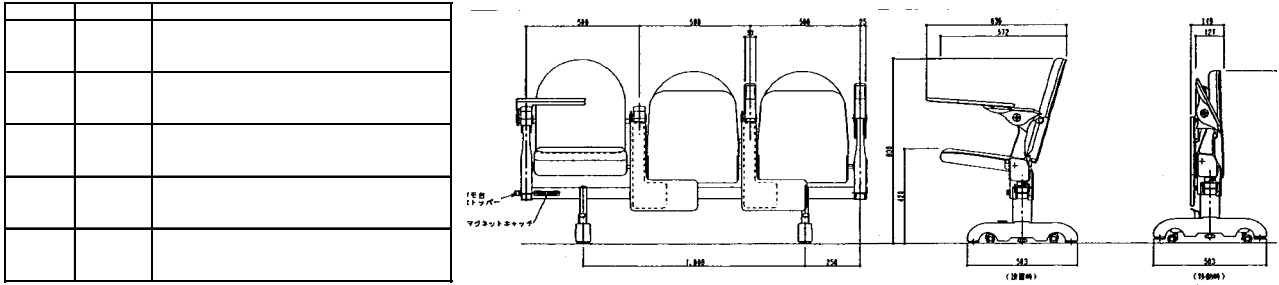


図-6.8 A小ホール客席可動椅子の仕様・外観図

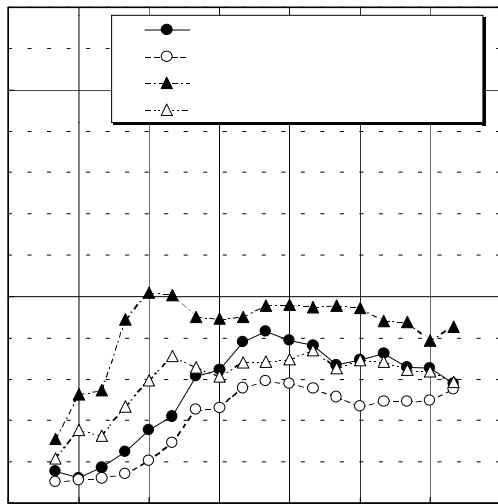


図-5.9 キャスター型可動椅子と固定椅子との吸音特性の比較 (Aホール椅子)

7. おわりに

ホール客席椅子の吸音力に寄与する要因は複雑なので、今回紹介した改善例のようなケースもあり、所期の値を確実に得るためには、椅子吸音力の確認測定が必須と考えられる。本稿で示したデータ等が、今後の参考になれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 渡邊他「戸田建設(株)技術研究所音響実験施設の音響特性」1983.10 日本建築学会大会学術講演梗概集 他
- 2) JIS A 1409「残響室吸音率の測定方法」1998,1977
- 3) 川上、境「残響室における吸音力評価法の検討ーPLDの初期減衰率による評価」1990.3 音響学会講演論文集 他