

模型実験によるオープン型教室の遮音に関する検討



福山 忠雄*1

土屋 裕造*1
井上 勝夫*2
山崎 芳男*3

概 要

先に実施したオープンプラン型教室の音環境に関するアンケート調査¹⁾や実態調査²⁾では、教室間の遮音に関する指摘が多いこと、遮音性能が設計基準³⁾を大きく下回っていることなどが把握されている。今回、オープンプラン型教室の教室間遮音性能改善の可能性を追究するため、教室の1/10縮尺模型を製作し、教室の配置パターンや室内吸音条件等に着眼した遮音性能の比較検討を行い、以下のような知見を得た。

- 1) オープンスペースの天井のみを吸音した条件での教室配置の比較では、直列型配置、L字型配置、並列型配置、スライド型配置の順に遮音性能が良くなる傾向が認められた。なお、この吸音条件では、教室配置による遮音改善効果には自ずと限界も認められた。
- 2) 実際の教室でよくみられる並列型教室配置について、室内吸音条件や袖壁付設などの寄与を検討した結果、オープンスペースを高度に吸音し、かつ、教室間に袖壁を付設した条件で、D - 25前後の性能を示した。
- 3) 遮音上有利な配置として、一教室分ずつスライドした教室配置について前項と同様の実験を実施した結果、オープンスペースを高度に吸音し、かつ、教室間に袖壁を付設した条件では、前記基準の許容値に相当するD - 30 ~ 35の性能が確認された。但し、実際の教室でこの条件を実現するには、建築計画上からかなりの工夫を要しよう。

INVESTIGATION ON SOUND INSULATION PROPERTY OF OPEN-PLAN CLASSROOM BY SCALE MODEL EXPERIMENTS

Tadao FUKUYAMA *1
Yuzo TSUCHIYA *1
Katsuo INOUE *2
Yoshio YAMASAKI *3

This report presents the results of sound insulation experiments by scale model to confirm the effects of classroom disposition and absorption treatments at open type classrooms.

The results of those, the following things are obtained.

- 1) On the condition of absorption treatment only to ceiling of open space, the improvement of insulation property was small.
- 2) By absorption treatment to all the wall of open space, the improvement of sound insulation property between classrooms was comparatively large. In case of this condition, between classrooms arranged as half-slide disposition, the sound classification was D-25.
- 3) On the condition of highly treating absorption to open space, between classrooms arranged as full-slide disposition, the sound classification was D-30~D-35.

*1 技術研究所 *2 日本大学理工学部建築学科 *3 早稲田大学国際情報通信研究センター

*1 Technical Research Institute *2 Dept. of Architecture, College of Science and Technology, Nihon Univ., *3 Waseda Univ., Dr. Eng.

模型実験によるオープン型教室の遮音に関する検討

福山 忠雄*1 土屋 裕造*1
井上 勝夫*2 山崎 芳男*3

1. はじめに

小学校を中心によく採用されているオープンプラン型教室の教室間遮音に関し、既報のアンケート調査¹⁾や実態調査²⁾では、教師・児童の双方から遮音に関する指摘が多いこと、一般的な目安とされる遮音性能基準³⁾を大幅に下回っていることなどの問題点が報告されている。このような状況から筆者等は、オープンプラン型教室を前提とした教室間遮音性能の改善の可能性を、教室の1/10縮尺模型による実験で検討した。実験では主として、教室相互の配置パターンや教室内部吸音条件等に注目して行ったが、本報はこれら一連の実験結果を纏めたものであり、学校音響の一資料として示す。

2. 実験方法

2.1 実験概要

一般的な教室サイズの1/10縮尺模型により遮音実験を行った。**実験-1**として、オープンスペースの天井を吸音した条件下で、5タイプの教室配置について教室間遮音性能の比較実験を行った。**実験-2**として、教室の配置が横並びの並列型配置について、オープンスペースの吸音や袖壁付設などの条件を変化させた比較実験を行った。**実験-3**として、特に教室配置を完全スライドタイプとし、これについて実験-2と同様な条件で遮音性能を比較した。模型の基本材料としては、外壁・内壁・上階床に「硬質塩化ビニル板(厚さ10mm)」、床に「合板(厚さ12mm)、ウレタン塗装」を用いた。また、模型内は、遮音改善を建築的な要因に限定したこともあり、教室・オープンスペース間によく設置される本棚・収納ロッカー等は配置せず、机・椅子類もない空室状態とした。

2.2 測定方法

図-1に音圧レベルの測定器ブロックダイアグラムを示す。音源位置は音源教室の中央付近とし、床から約100mm離して下向きに設置したスピーカ(ツイータ2個構成の2ウェイ)から、定出力ピンクノイズを拡散放射させた。受音位置は、教室空間の2mピッチ格子点上とし、各受音点で1/3オクターブバンド音圧レベルを実時間分析した。なお、測定周波数帯域内でのリニアリティは40dB程度確保し、また、模型内は通常空気の状態で行った。

3. 教室の配置による比較(実験-1)

3.1 実験条件

実験-1の教室配置パターンを図-2に、模型教室の概要を写真-1に示したが、本実験では、並列型大、並列型小、直列型、スライド型、L字型の5種類とした。なお、表-1に天井吸音材料の吸音率を示した(いずれも、実物換算で表示、以下同様)。

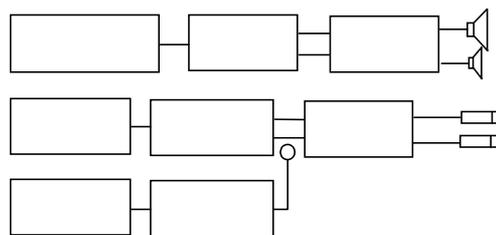
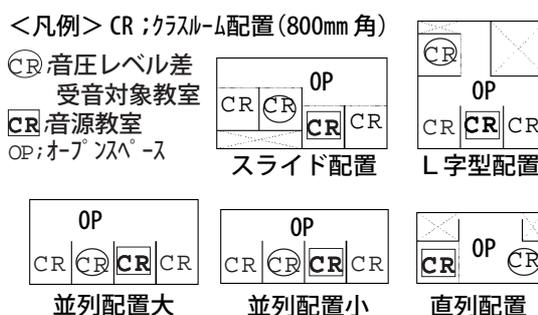


図-1 測定器ブロックダイアグラム



[注]並列型の大小は、オープンスペースの大きさの大小による

図-2 模型教室の配置パターン

表-1 教室空間の天井材料の吸音率

[注]1)フェルト生地厚さ1mmの直張り
2)模型残響室で測定



写真-1 模型教室の概要

*1 技術研究所 *2 日本大学理工学部建築学科 *3 早稲田大学国際情報通信研究センター

3.2 実験結果

模型教室の残響時間を図-3に、教室間平均音圧レベル差を図-4に示す。これをみると、オープンスペースの天井のみを吸音した条件では、直列型配置、L字型配置、並列型配置小、並列型配置大、半スライド型配置の順で性能が良くなっている。L字型配置が並列型配置より下回っているのは、受音室開口に反射壁が近接しているためと考えられる。いずれにしても、全配置ともD-15以下の性能であり、この吸音条件下では、前記の基準³⁾お

よび実際の教室発生音⁴⁾などからみて、教室間としては不十分な遮音性能といえよう。さらに、実際の教室間騒音伝搬で最も不利な、音源と受音の両位置が開口部に近接した条件に留意し、音源・受音対象教室とオープンスペースとの各境界線上の中央付近を特定場所とした教室間音圧レベル差を図-5に示したが、当然ながら前図の室間平均音圧レベル差を更に下回っている。

図-6、図-7には、それぞれ実物換算500Hzと2kHzにおける教室空間全体についての音圧レベル減衰性状をコンターマップで示した。

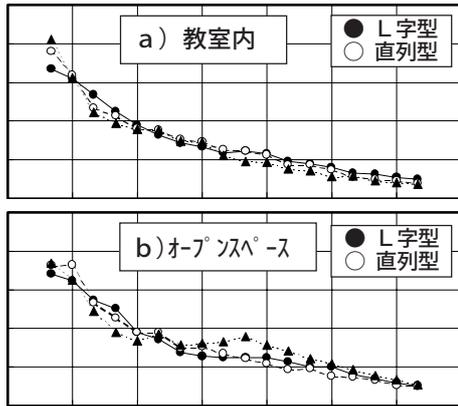


図-3 教室・オープンスペースの残響時間

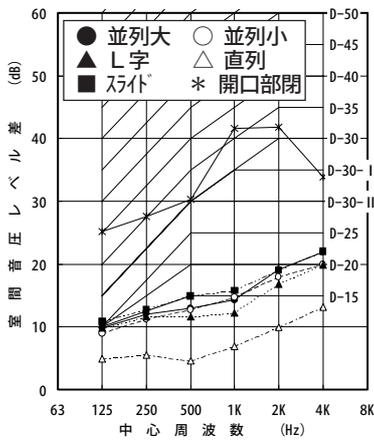


図-4 教室間平均音圧レベル差

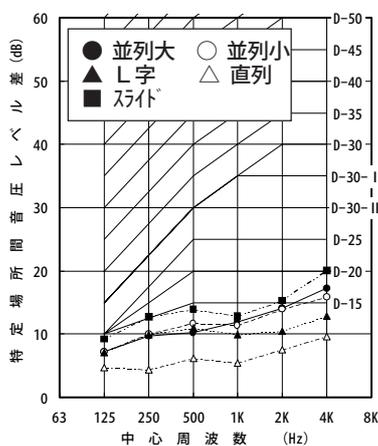


図-5 隣接教室特定場所間音圧レベル差

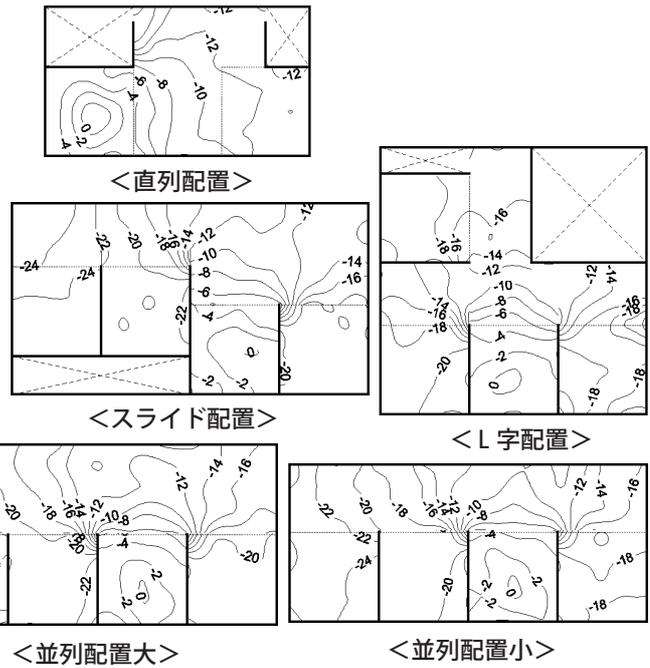


図-6 教室内音圧レベル減衰性状(500Hz)

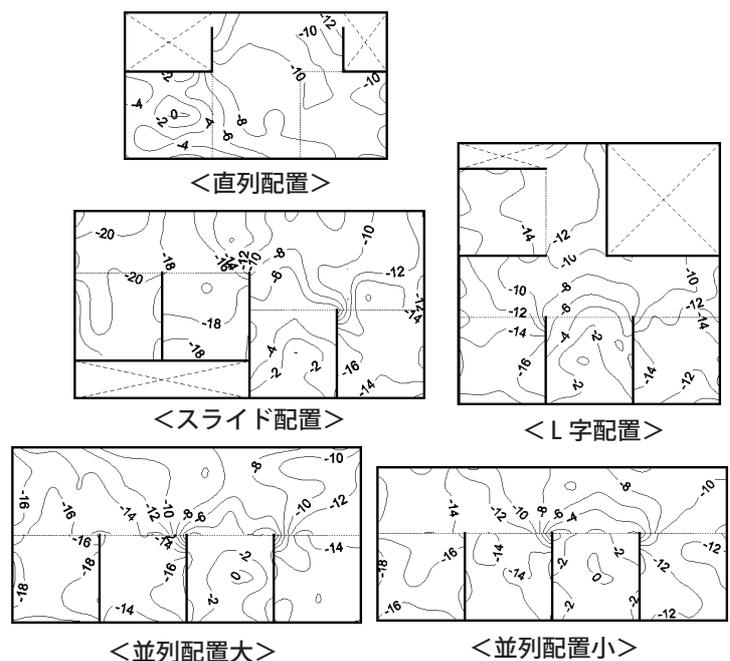


図-7 教室内音圧レベル減衰性状(2kHz)

4. 吸音処理等による比較(実験-2)

4.1 実験条件

図-8に実験の模型教室の概要を示すが、前3項の並列型配置(大)と同仕様である。ここではオープンスペース天井を吸音した仕様(以後Aタイプ)を基本に、Aタイプで床全面を吸音した仕様(以後Bタイプ)、Bタイプで教室間に袖壁を付けた仕様(以後Cタイプ)、Cタイプでオープンスペースの長辺壁全面を吸音した仕様(以後Dタイプ)、並びに、Dタイプで各教室の開口周囲(3辺)に吸音エッジを付けた仕様(以後Eタイプ)の5種類を対象とした。図-9は模型吸音材料の吸音率であるが、実教室との対応は、床はタイルカーペット、天井は岩綿吸音板、壁はリブ吸音構造(窓面は吸音ブラインド)などを想定した。

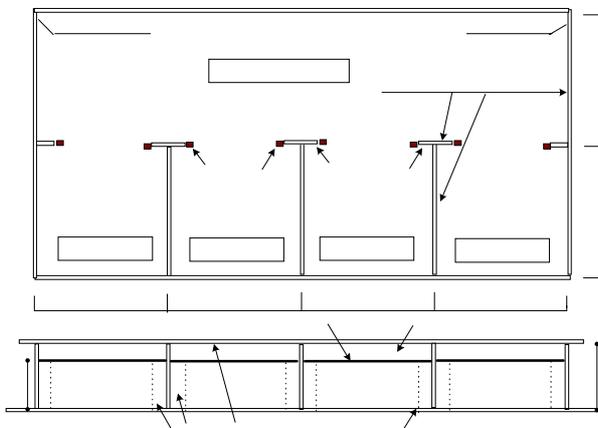


図-8 本実験の模型教室の概要(上;平面、下;断面)

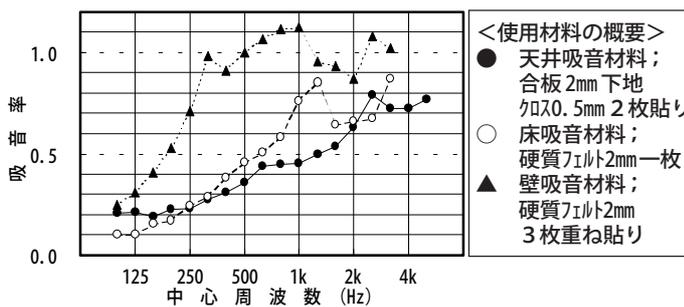


図-9 模型吸音材料の吸音率

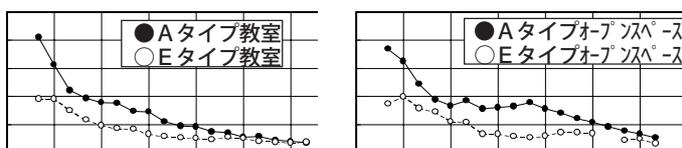


図-10 教室・オープンスペースの残響時間

4.2 実験結果

図-10にA, E2タイプの教室・オープンスペースの残響時間を、図-11に5タイプの教室間平均音圧レベル差をそれぞれ示した。なお、同図中に、Aタイプで両教室開口を硬質塩ビ板で塞いだ場合の測定値も併載した。

図-11をみると、A, B, CタイプはD-20以下の性能、また、DとEタイプはD-25程度を示し、オープンスペース壁の吸音効果は表われているが、5タイプとも前記基準³⁾の最低限度D-30には達していない。

個別に比較すると、基本形状から床を吸音した場合(A→B)、500Hzでは5dB程度の改善がみられる。袖壁を付設した条件(B→C)では、更に中音域の性能が改善されている。A→B, Cの高音域で減衰効果がみられないのは、壁がすべて反射性で、室内における高音域の拡散性が不充分なためと推察される。オープンスペースの壁を吸音した場合(C→D)では、特に高音域での減衰効果が大きく表れている。なお、吸音エッジをつけた場合(D→E)では、高音域で5dB程度の減衰効果がみらる。

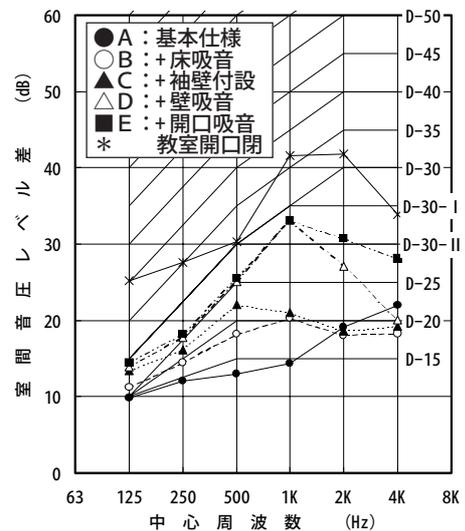


図-11 教室間平均音圧レベル差

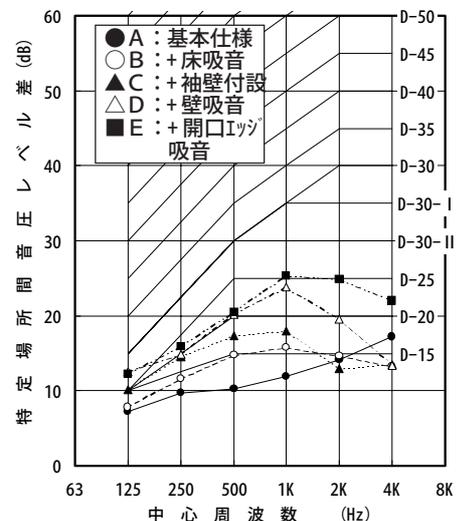
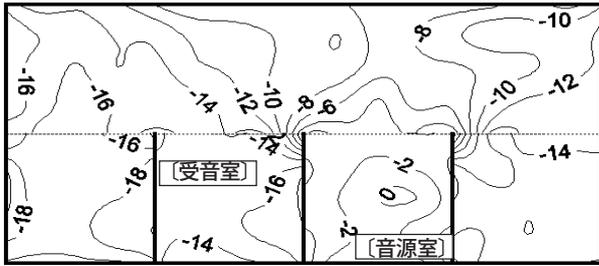
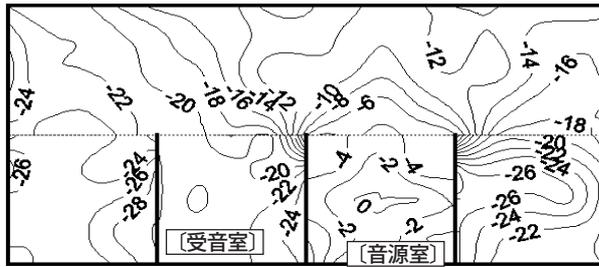


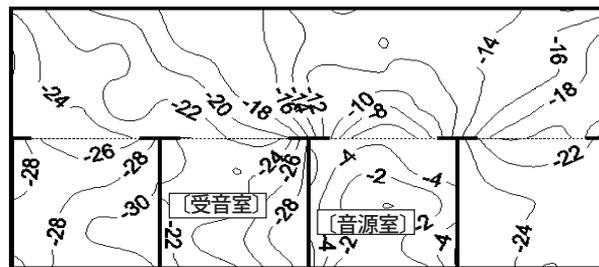
図-12 特定場所間音圧レベル差



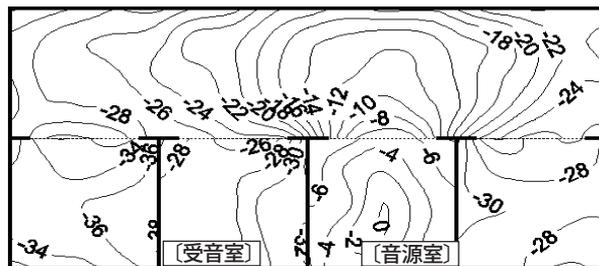
<Aタイプ；基本仕様(天井吸音)>



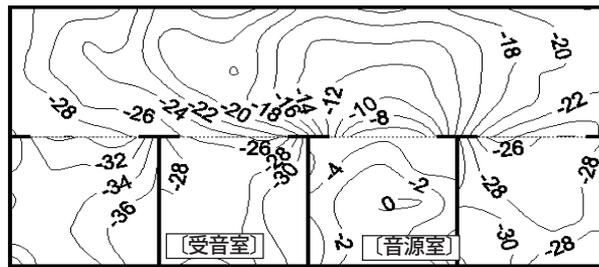
<Bタイプ；天井・床吸音>



<Cタイプ；天井・床吸音、袖壁付設>



<Dタイプ；天井・床・壁吸音、袖壁付設>



<Eタイプ；天井・床・壁吸音、袖壁付設、開口エッジ吸音>

図 - 13 教室内部音圧レベル減衰性状(500Hz)

図 - 12 には、教室とオープンスペースとの境界線上付近を特定場所とした教室間音圧レベル差を示したが、各タイプ共、前図の室間平均音圧レベル差を下回った性能となっている。

図 - 13 には、5タイプ教室の全空間における500Hz帯域の音圧レベル減衰性状をコンタマップの形で示した。

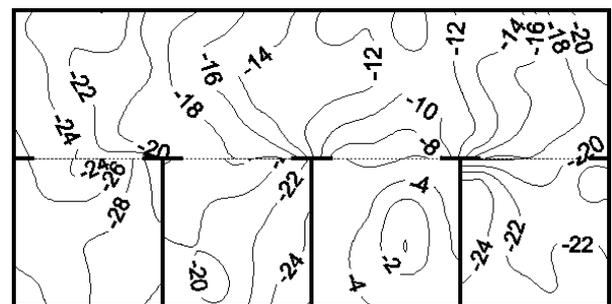
これをみると、A→Bでは、床の吸音付加の寄与により、オープンスペースにおける音圧レベル減衰量がやや大きくなっており、全体的にみて中高音域での効果が表れている。なお、実際の教室では、特に低学年でタイルカーペットが敷かれる例はよくみられる。

B→Cは教室間に各1m程度の袖壁を付設した効果であるが、音源教室からオープンスペースに出た間近付近での減衰量がやや大きくなっており、袖壁の寄与も或る程度認められている。なお、実際の教室でも、袖壁を付設している例がある。

C→Dは、オープンスペースの壁全体を吸音した効果であるが、この処理による寄与が比較的大きいことが本カウンターからも分かる。これは、空間の吸音による減衰効果と併せて、教室開口面に対面するオープンスペース壁面からの反射音低減効果もかなり寄与しているものと考えられる。なお、実際の教室では、オープンスペースの壁面には窓や掲示板・展示板などが設置されることが多いので、吸音処理にはかなり工夫を必要とする。

D→Eの吸音エッジの寄与は、教室開口面がかなり大きいこともあり、500Hzのコンタマップには明確に表れていない(2kHz、4kHzでは若干の減衰効果が認められている)。

図 - 14 は、この模型教室の実物教室モデルの一つとして、Cタイプの配置・仕様にほぼ近い小学校教室での実測による音圧レベル減衰性状のコンタマップであるが、前図 - 13 のCタイプの音圧レベル減衰性状とかなり近い傾向を示している。



(音源教室)

[4連並列型オープン教室]

図 - 14 Cタイプ 近似実物教室の音圧レベル減衰性状(500Hz)

5. 完全スライド教室配置(実験-3)

5.1 実験条件

図-15に実験に用いた模型教室の概要を示すが、教室の配置は、実存する学校も参考に⁴⁾、相互に一教室分をスライドさせたパターンとした。

比較条件は、前4項の実験-2と同様で、吸音処理・袖壁付設・吸音エッジ付設など、図-15中に併記した5条件である。

5.2 実験結果

模型教室とオープンスペースの空室状態の残響時間の比較、および、教室の内装条件による残響時間の比較を図-16に示したが、これまでの実物教室の残響時間と比べ、低音域ではかなり長めの特性となっている。

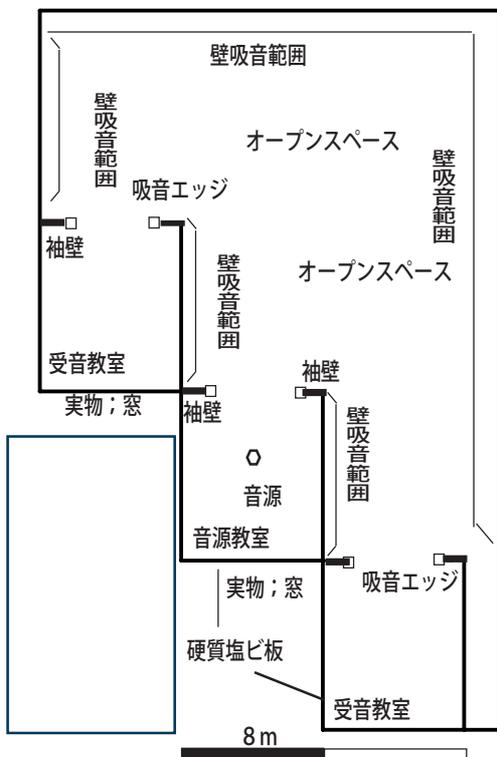


図-15 完全スライド型模型教室の概要

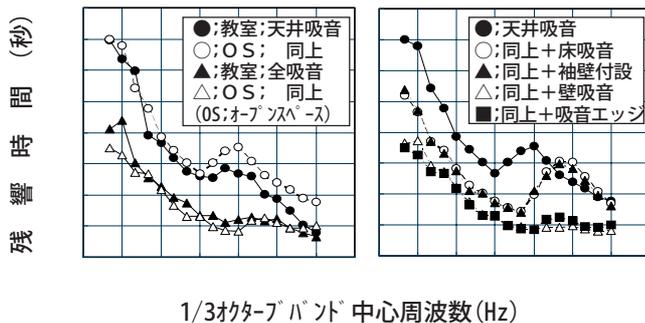


図-16 教室・オープンスペースの残響時間

図-17は、オープンスペースの天井のみを吸音した条件で、並列型配置と完全スライド型配置との室間平均音圧レベル差を比較して示したが、後者では回折効果が大きく見込まれる分、遮音性能が比較的大きく表われている。なお、同図中に、両配置タイプで、それぞれ教室開口部を完全に閉じた条件の比較も参考に掲載した。

図-18に、完全スライド型について、室内吸音条件等を変えた場合の室間平均音圧レベル差の比較を示した。これをみると、各条件とも、前実験-2の並列型配置教室に比べて遮音性能の向上が認められる。特に、壁を吸音した条件、および、これに開口部エッジを付加した条件では、D-30~35の性能を示し、前記遮音基準³⁾の許容水準のグレードに達している。これからみて、オープン型教室でも、教室の配置と吸音条件等に配慮すれば、遮音性能をかなり改善できる可能性が窺える。

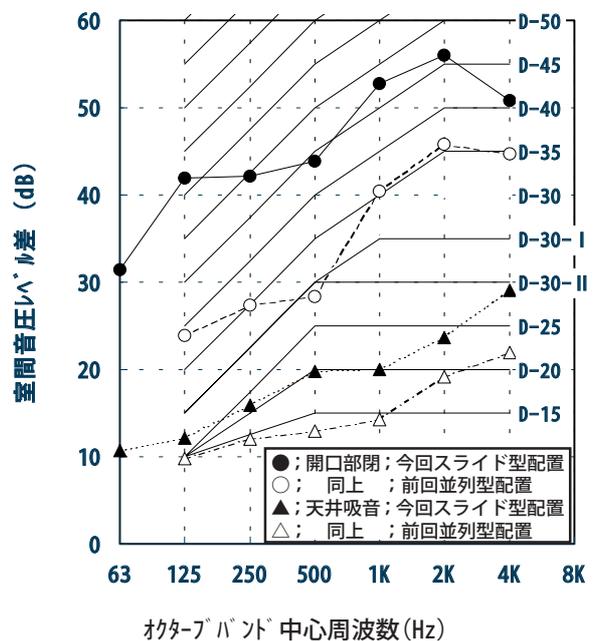


図-17 教室間平均音圧レベル差 - 1

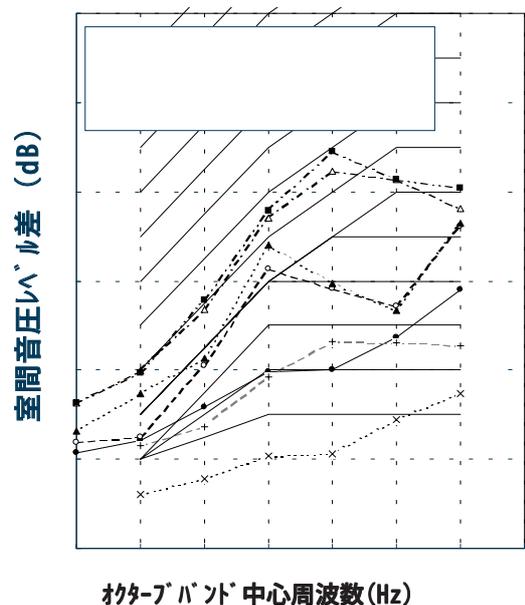


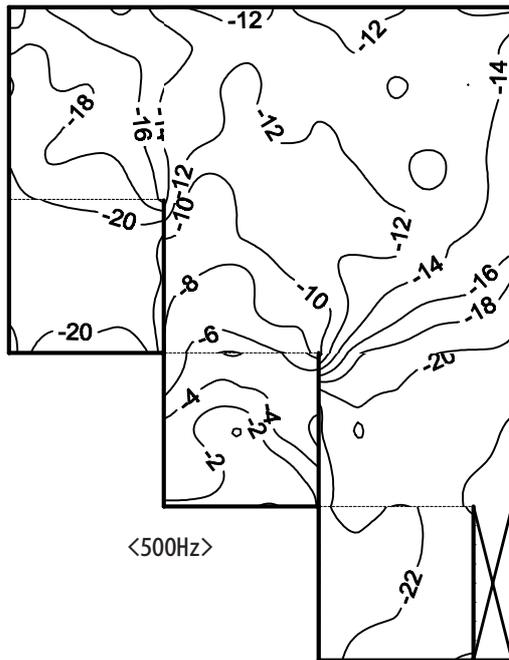
図-18 教室間平均音圧レベル差 - 2

図-19は、今回の完全スライド型教室における、500Hz帯域および2kHz帯域の音圧レベル減衰性状を、「天井のみの吸音」と「天井・床・壁を全吸音」の2条件について比較して示したものである。

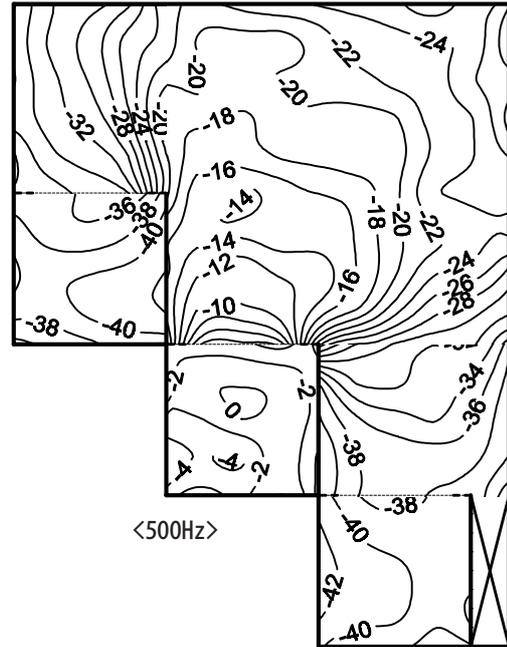
本図から、500Hz帯域で「天井のみ吸音」と「全吸音」を比較すると、前者ではオープンスペースのかかなりの領域に-12dBの減衰ラインが入り込んでおり、一方、後者では-16dB以上の減衰傾向となっている。また、受音側教室入り口付近での比較では、前者で-20dB前後、後者では-36dB前後となっており、完全スライド配置と高

度吸音の条件下での減衰が大きいことが分かる。

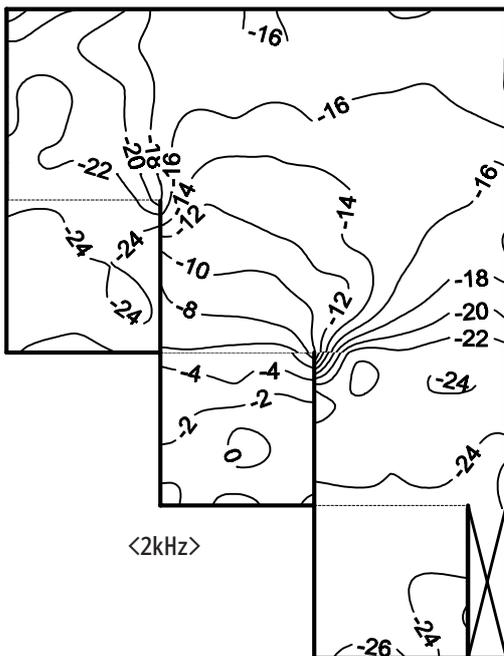
また、同図の2kHz帯域の音圧レベル減衰性状を「天井のみの吸音」と「天井・床・壁の全吸音」で比較すると、前者の条件のオープンスペース領域の音圧減衰ラインは-10dB~-16dBであるのに対して、後者の「全吸音」では-14dB~-24dBとかなりの差が表われている。さらに、受音側教室の入り口付近の音圧減衰ラインは、前者の場合-24dB程度、一方、後者では-36dB以上の減衰ラインとなっている。



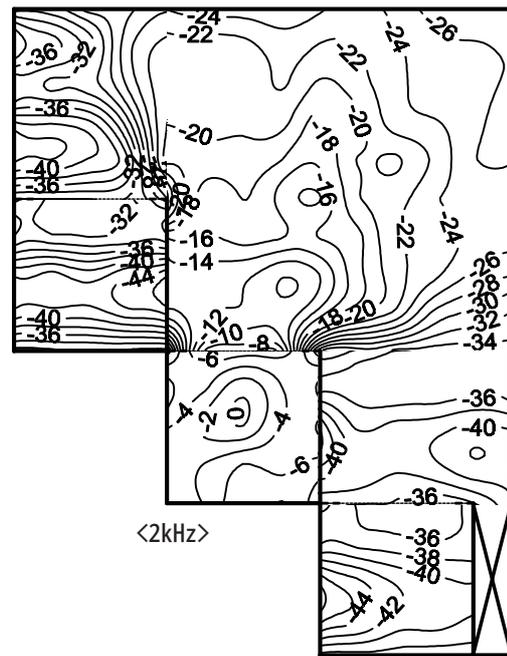
1;天井のみ吸音



5;全吸音



1;天井のみ吸音



5;全吸音

図-19 室内吸音処理等による音圧レベル減衰性状の比較

6. まとめ

オープンプラン型教室の遮音向上の可能性を追求する目的で実施した一連の模型実験検討から、以下のようなことがいえよう。

- 1) 実験 - 1 から、教室空間の吸音面が天井のみに限られた条件では、教室配置による遮音性能の向上には自ずと限界がみられた。また、このなかでは、スライド型の遮音性能が比較的良く、直列配置は最も不利な結果を示した。なお、L字型など比較的有利と予測された配置でも、教室開口面に近接した反射性壁面があると不利側に寄与する。
- 2) 実験 - 2 から、並列型配置教室を使用した、教室空間の吸音条件などによる比較実験では、オープンスペース空間全体を高度に吸音し、かつ、袖壁などを付設することにより、遮音性能は D - 25 前後まで向上する結果が得られた。なお、吸音部位としてはオープンスペースの壁面の寄与が最も大きかった。
- 3) 実験 - 3 の完全スライド型教室配置を対象とした検討から、この配置でオープンスペースを高度に吸音した条件では、教室間の遮音性能基準の許容水準と考えられる D - 30 程度の性能が得られる可能性が確認できた。

なお、オープン型教室の遮音問題への対応は、今回実験対象とした要因のほか、ロッカーなどを遮音上有利に使用することや、カリキュラムの調整を含む授業のソフト面からの対応なども重要と考えられる。

オープンプラン型教室は遮音上の問題を含みながら、体験学習型授業への対応などもあり、現実にはかなり採用されているので、今後、実際の授業への影響などに関する心理評価などによる検討が望まれる。

<参考文献>

- 1) 武田他「オープンプラン型小学校を対象とした音環境の実態と評価」 日本建築学会大会梗概集2001年9月 40039
 - 2) 福山他「小学校オープンプラン教室の室内音響特性」 日本建築学会大会梗概集 2000年9月 40037
土屋他「小学校オープンプラン教室の音圧レベル減衰性状」 日本建築学会大会梗概集 2000年9月 40038
 - 3) 日本建築学会編「建物の遮音性能基準と設計指針」 C.5 学校
 - 4) 建築雑誌 作品集 2001 P72、P84(日本建築学会発行)他(全般)
福山他「学校教室の音環境に関する研究その1」
土屋他「学校教室の音環境に関する研究その2」
以上；戸田建設(株)技術研究報告 vol. -27 2001
- 福山他「模型実験によるオープンプラン型教室の音圧レベル減衰性状の検討 - 1」 建築学会大会講演論文集 2001年9月 40037

土屋他「模型実験によるオープンプラン型教室の音圧レベル減衰性状の検討 - 2」 日本建築学会大会講演論文集 2001年9月 40038

福山他「模型実験によるオープンプラン教室の遮音向上に関する検討」 日本音響学会講演論文集 2001年秋季 1-4-4