

膜構造物内の音場の実測とその改善に関する提案

高木直樹*1

佐藤卓郎*2

概要

体育施設として建てられた膜構造建築物において、講演会や音楽会が開催されることがある。こうした場合に、膜構造物の内部で音が響きすぎることにより、良好な聴取ができないことがある。こうした問題を検討するために、4つの膜構造建築物で音場を実測した。その結果、膜構造建築物は、残響時間が特に高周波数域で長い傾向があり、明瞭度試験結果あるいはRASTIの結果が良好ではないことが分かった。こうした点を改善するために、床、壁、天井面での吸音処理を試み、残響時間、RASTI値がどの様に変化するかを実験した。また内膜として使用が可能であると考えられる、透光性のあるガラス繊維の透光率、残響室法吸音率を求め、その利用の可能性を検討した。

1：はじめに

膜構造建築物は開放的で大規模な空間を確保できるという利点が認められて、近年多数建設されている。それらの建築物の多くは体育施設であるが、実際の運用では講演会や音楽会を開催したいという多目的利用の要求が多い。こうした多目的利用を考える場合、体育施設としての利用ではあまり重要ではない音響的な問題点が顕在化してくる場合がある。膜構造建築物の音響的な短所には次のような点が上げられる。(*1~4節)

・膜材の透過損失が小さいため、外部の騒音が入ってきやすい。

また反対に内部の音が外部に漏れやすい。

・膜材が反射性であるため、反射音の成分が強く、そのことによる明瞭度が低下する場合がある。また残響時間が長すぎる傾向になる場合も多い。

本論文では、こうした膜構造建築物内部の音響特性を把握することを目的としている。また反射成分を削減するために吸音処理を施すことが必要になるが、床面、壁面、天井面に吸音処理を施した場合の音響面での改善の効果について明らかにすることを目的とする。

2：実測したドームについて

今回の研究に使用したドームは、Tドーム、Pドーム、Iドーム、Gドームの4つの体育施設である。各施設の概要を表1に、平面図を図1群に示す。容積は最小のPドームが約9,000m³であり、最大はGドームで19,000m³である。建築面積に対する高さの値を見ると、Tドームは0.8%、Pドームは1.0%、Iドームは0.8%、Gドームは1.0%とほぼ同様な値である。建築面積に対する膜材の面積は、それぞれ、0.59、0.73、0.65、1.0である。Tドームにおいて値が低いのは天井面の中央部のみに膜材が使われている

表1 各ドームの概要

建物名称	Tドーム	Pドーム	Iドーム	Gドーム
主用途	体育館	体育館	体育館	テニスコート
建築構造	RC造 米松集成材	RC造	S造	RC造 大断面集成材
膜構造	骨組膜構造	骨組膜構造	骨組膜構造	骨組膜構造
アリーナ(m)	42.3*28	34*24	29.7*29.7	52*39
高さ(m)	14.3	11.9	14.95	12.3
軒高(m)	5.2	9.1	10.19	4.5
建築面積(m ²)	1683.03	1161.09	1791.95	1199.74
延床面積(m ²)	1648.37	1161.09	2834.75	1193.74
膜部面積(m ²)	986	853.06	1157.1	1193.74
容積	13611	8668.86	10657.55	19122.07
床材	人工芝+砂	複合フローリング	洋ぶな圧縮材	スポーツカーペット
内壁材	木毛セメント板	有孔合板	有孔合板	コンクリート打放し
測定点数	574、70	6	6	6

Tドームでは音圧分布は574点、それ以外は70点

*1 信州大学工学部 助教授・工博 *2 東京電力 工修

ることによる。I ドームにおいては体育館の周囲に観客席やエントランスがあり、この部分は膜構造物ではないためである。なお使用された膜材は全て同一の物であり、T 社製の4フッ化エチレン樹脂をコーティングしたガラス繊維が使用されている。また全て1重の膜材で屋根面が構成されている。

3：測定の種類と方法

実測は音圧分布、残響時間、明瞭度、RASTIの測定を行った。ただし、すべてのホールで同一の実測をしたわけではない。それぞれについて、測定方法の概略を示す。

①音圧分布：音源系はノイズジェネレーター（RION社SF-05）よりピンクノイズを発生させ、アンプ（ONKYO社A-755）により増幅し、演台付近に置いたスピーカ（ヤマハ社S-500）から音を発生させた。收音系は騒音計（RION社NA-20,NL-01A）を通して騒音解析装置（東平商会社NAS-M1）でA/D変換を行い、コンピュータに転送した。測定点数を表1に示す。特にT ドームに置いては膜材による反射音の特殊性を考慮して多数の測定点数で実測している。

②残響時間：音圧分布と同様にノイズジェネレーターよりピンクノイズを発生させ、スピーカから信号音を発生させた。收音系は騒音計を通してDAT（SONY社DTC-57ES）に録音した。後に研究室で1/3オクターブ実時間分析器（RION社SA-27）とコンピュータで残響時間を求めた。測定点数を表1に示すが、音圧分布と同数の実測をしている。

③三連音節明瞭度試験：本来は被験者を各ドームに同行し、現場での試験を行うべきであるが、現実的には不可能であったため、ダミーヘッドを使った試験方法を採用した。

音源系は明瞭度試験用のテープをDATで再生し、音圧分布と同様な場所に置いたスピーカから信号音を発生させた。收音系はダミーヘッド（テクニクス社RP-3280E）を用いてDATに録音した。このテープを研究室に持ち帰った後に、被験者にヘッドホン（SENHEISER社HD-480II）で聞かせて試験した（ダミーヘッド收音ヘッドホン再生法）。試験法についてはあらかじめ大学の教室を使って予備実験を行った。これは現場聴取による三連音節明瞭度試験と、ダミーヘッド收音ヘッドホン再生法による同試験を同じ被験者（計10名）に同じテスト音を聞かせ、両試験法による差を調べた。その結果両試験方法には有意の差が見られなかったため、ダミーヘッド收音ヘッドホン再生法により、現場での実験を行った。被験者は健康な青年男女総計約50人で行ない、あらかじめ予備試験を行い、成績の極端な被験者を除外した。三連音節明瞭度試験はT ドームを除く他のホールで行った。測定点数は表1に示す。

④RASTI：RASTI測定用の音源をDATにより再生し、アンプ（ONKYO社A-755）により増幅し、演台付近に置いたスピーカ（ヤマハ社S-500）から信号音を発生させた。B & K社Receiver Type 4419を用いて測定した。実測はT ドームにて行った。測定点数を増やし、室内のRASTI分布を確認するために行ったものである。測定点数は表1に示す。

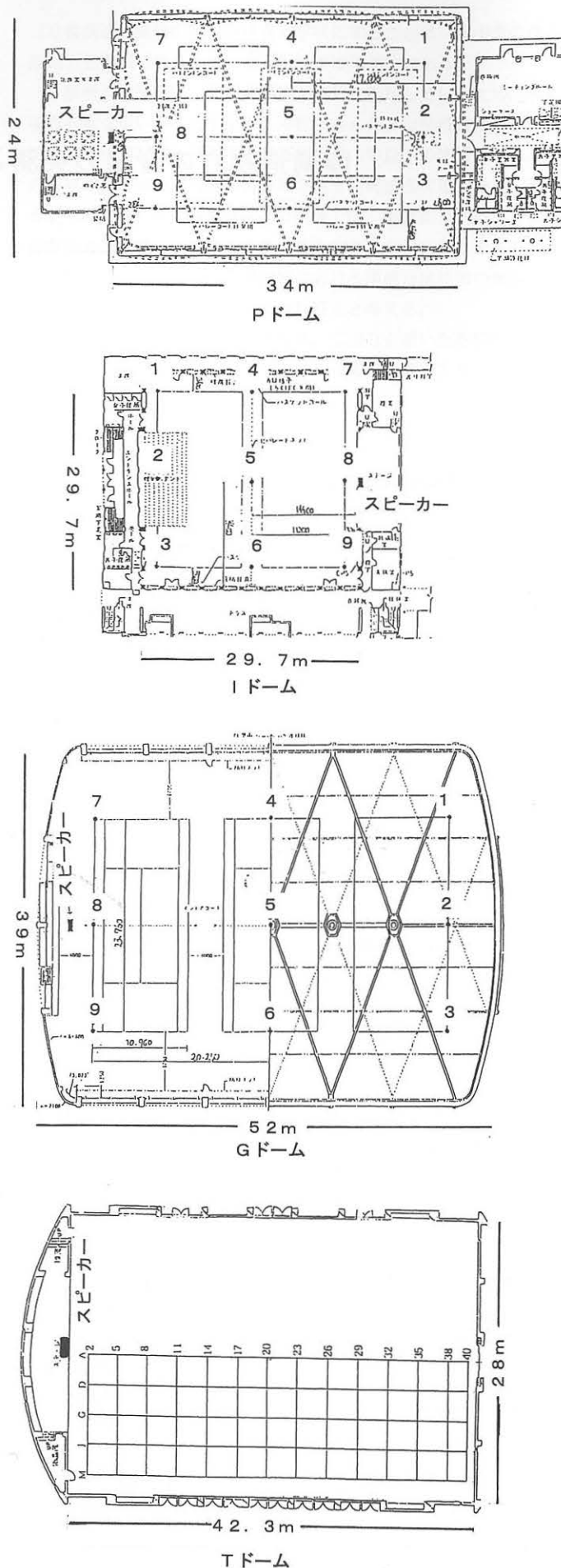


図1群 実測した各ドーム平面図と測定点

4：音圧分布測定結果

Tドームでは室内の音圧分布を詳細に観測した。これは膜材・梁材等による音響的特異点の存在を確認するために行ったものである。測定は建物の内部（42.3m×28m）を2つに分けて、その片方（42.3m×14m）に対してのみ実測した。これはほぼ左右対称の建物であるので、片側の測定で逆側は推測できると考えたからである。測定は測定対象部分を1mのメッシュに切って行った。全測定点数は574点であった。Tドームにおける音圧分布の実測結果の一部を図2に示す。

これは500Hzの実測結果である。スピーカの軸上

（図の上側）では、スピーカからの距離が離れても比較的大きな値となっているが、左右方向は、減衰が大きい。これは音源スピーカの特性でもあるが、膜材が長手方向に緩い湾曲で、短辺方向に急な湾曲になっていることの影響でもあったと考えられる。またスピーカからの距離が離れた点で、軸からはずれた点でM列やK列に帯状の音の大きな点が見える。これは膜材・梁材の反射の影響であると考えられる。Tドームのような集成材の梁を使っている場合、梁背が大きくなる傾向があり、周辺部で天井高さが低くなってくるとその影響が出てくる結果となっている。

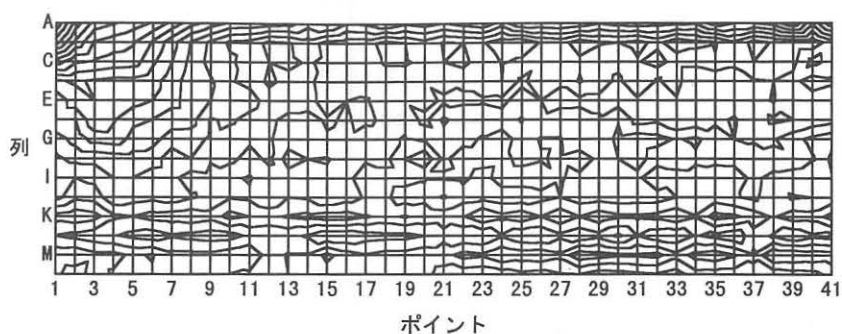


図2 音圧分布(500Hz)等高線は0.5dB
音源はA-O

表2 各ドームの残響時間と明瞭度

	残響時間(秒)			明瞭度(%)
	125Hz	500Hz	2kHz	
Pドーム	1.4	3.8	5.3	74.1
Iドーム	2.2	3.9	5.1	70.7
Gドーム	3.1	5.2	3.3	75.9
Tドーム	2.4	3.3	2.2	

表3 膜材の吸音率(残響時間から算出)

	Pドーム	Gドーム
吸音率 125Hz	0.78	0.37
500Hz	0.09	0.18
2kHz	0.11	0.16

5：残響時間測定結果

残響時間の測定結果の一部を表2に示す。ここでは共に床面の仕上げがフローリングであるPドームとIドームについて見る。どちらの結果も高い周波数ほど残響時間は長く、その値は2kHzで5秒を超え、500Hzでも3秒以上になっていることがわかる。こうした傾向は、他の研究例でも多く報告されており、このタイプの膜構造建築物の特徴的な事柄であると考えられる^(※1, ※2)。この理由としては床がフローリングで吸音が期待できないこと、建物が体育施設なので、音響的検討の必要性が低いこと、建築コストの問題等により、壁についても大きな吸音力を持つ壁材が一般には使われていないことなどが考えられる。さらに屋根に使用されている膜材の吸音特性も影響している。膜材の吸音特性が低い周波数域における吸音率が高く、高い周波数で反射性であるためと考えられる。膜材を除く他の部材は残響室法吸音率が分かっているので、拡散音場を想定した時の膜材の吸音率をSabineの残響式から算出した。

$$T = kV/A \quad (\text{秒})$$

$$k = 55.26/c$$

$$c: \text{音速} \quad (\text{m/s})$$

その結果を表3に示す。

これを見ると500Hzでは0.2以下、2kHzでは0.1程度の値になっている。中音域・高音域では吸音率が小さいことが分かる。また125Hzでは0.4ないしは0.8と比較的大きな吸音率である。2カ所の実測値から求めた膜材の吸音率が大幅に異なった原因としては、次のことが考えられる。

- ・実測した建物が拡散音場の仮定からはずれている。
- ・膜材の吸音率が張り方等の条件により異なる。
- ・測定誤差も考えられるが、ここで示した残響時間は各測定点ごとに15回の残響時間を求め、さらに建物内数点の測定点について平均した値であることを考えると、これほど大きな差が生じるとは考えにくい。

今回はこの原因を探ることはできなかった。しかし膜構造物においては、その形状や内部の音響的処理は劇場やコンサートホールと大幅に異なる場合が多いことを考えると、膜構造物に拡散音場を仮定することには無理が多いと考えられる。いずれにしても実測値から中音域、高音域での吸音が特に必要になることが分かる。

他の研究機関による実測例としては大林組技研による実測例があるが^(※3)、ここでも125Hzで0.4、500Hzで0.2、2kHzで0.2といった値になっている。

6：明瞭度試験結果

次に、Iドームにおける明瞭度試験の結果を図3、Pドームの結果を図4に示す。両者の間に共通した大きな特徴はあまり見られなかったものの、スピーカの軸上では、明瞭度は高いが、四隅では明瞭度が低くなっていくこと、すなわち直接音の届きにくい測定点では明瞭度が低くなることなどの特徴が挙げられる。

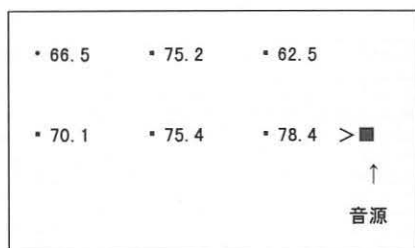


図3 I ドームにおける明瞭度 (%)

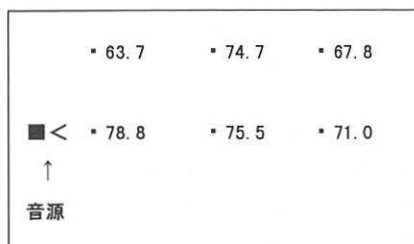


図4 P ドームにおける明瞭度 (%)

7 : RASTIの実測結果

T ドームにおけるRASTIの実測結果を図5群に示す。RASTIがGOODとされる0.6以上の範囲はスピーカ周辺の一部に限られている。多くの点がFAIRとされる0.45から0.6の範囲内にあることが分かる。RASTI値は音源スピーカの左右壁際の点を除き、比較的均質に下がっている。特徴的なこととしては中央部分にRASTI値が0.45から0.50の点が広く分布し、音源からさらに離れた後方ではむしろRASTI値が上がる傾向があることである。

8 : 吸音材の効果

T ドームで吸音処理を施した場合の効果を検証した。吸音処理は壁・天井に施した。またT ドームは床面が人工芝であり、さらに砂がまいてあるので、これも他のドームと比較すれば吸音処理されていると考えることができる。従って床面に吸音処理を施した場合として考察する。

① : 床面吸音の場合。

T ドームと他のドームの残響時間を比較する。測定結果は表2に示されている。残響時間の結果を見ると、2kHzのような高周波数において残響時間が短くなったことがわかる。床面の仕上がり材がスポーツカーペットでできているG ドームの測定結果からも、同様の結果が得られた。これは人工芝と砂やカーペットが高い周波数の音に対する吸音効果に優れている結果である。図5群にT ドームにおける RASTIの測定結果を分布図にして示す。本来のドームの状態である「人工芝のみ」の結果を見ると0.45~0.55の範囲が広く、表4に示す RASTI値の目安から見ても明瞭度が良いとは言いがたい結果となっていることが判る。G ドームの測定結果(表2)からも、P ドーム、I ドームと比べて明瞭度が飛躍的に向上したという結果は得られなかった。床面で吸音力が得られている2つのドームでは(特に高周波数域の)残響時間は短くなる

表4 RASTI値の目安

範囲	判定
0.00~0.30	BAD
0.30~0.45	POOR
0.45~0.60	FAIR
0.60~0.75	GOOD
0.75~1.00	EXCELLENT

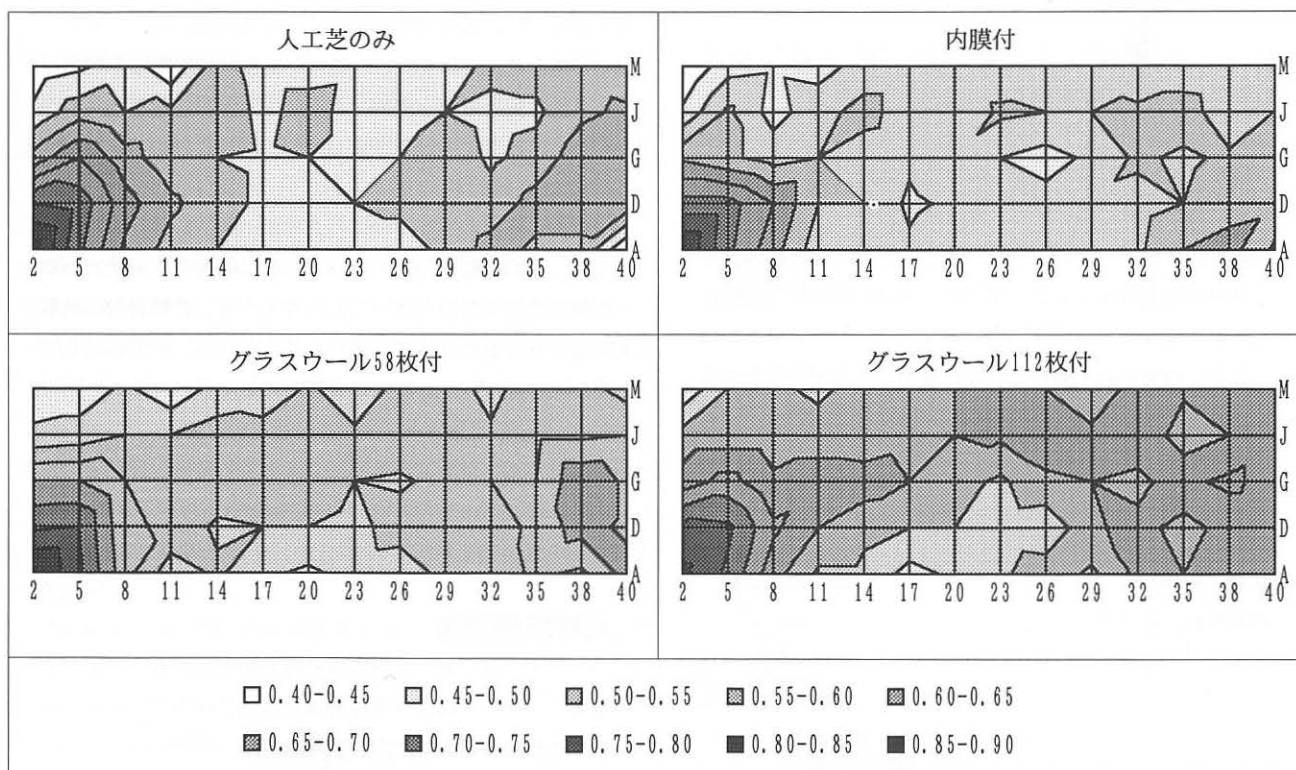


図5群 T ドームにおけるRASTI値の分布

が、明瞭度やRASTI値の向上にはつながっていないことが分かった。

②：壁面吸音の場合

Tドームにおいて、壁面に吸音処理を施した場合の効果を実験により検討した。吸音材にはグラスウールを用いた。これを58枚（約232.23㎡）ないしは112枚（約448.45㎡）用い、壁面のキャットウォークから釣り下げて測定を行った。112枚つり下げた状態では舞台側を除いて壁面全体のほぼ90%近い面積を覆っている計算になる。58枚つり下げた場合のつり下げ方は112枚のグラスウールを1枚おきにはずして58枚にした。（端部で半端が出るので56枚ではない。）ただし、人工芝の影響もあるので、床面と壁面の両方で吸音効果を上げていると考えられる。結果を表5に示す。

これによると吸音材を設置する前よりかなり残響時間は短くなったことが判る。しかし、人工芝と砂の影響でもともと高周波数での残響時間が短かったため、グラスウールを設置したときの高周波数での吸音効果が現れにくく、人工芝と砂の影響が少なくなる500Hzで最も吸音効果があるという結果になった。RASTIの測定結果を図5群「グラスウール58枚付」及び「グラスウール112枚付」に示す。これを見ると、RASTI値は0.55～0.65の範囲がだいぶ広がり、全体的に明瞭度を向上させる効果が現れていることが判る。

③：天井面吸音の場合

天井面に吸音処理を施した場合を検討するために薄いガラス繊維製内膜材を天井部中央からつり下げて実験した。面積としては約450㎡分の内膜材を用いた。これは膜面積（986㎡）の50%近くになることになる。この場合天井面での吸音効果を抽出するために壁面のグラスウールははずしている。残響時間の結果を見ると（表5）、床・壁での吸音と同様に高周波数よりも500Hz付近の音に対して吸音効果があったことがわかる。またRASTIの結果を図5群「内膜付」に示す。これより、全体として0.50～0.55の値

を示した部分が広く分布し、アリーナ内部での明瞭度のばらつきが少なくなったことがうかがえる。

このように壁面・天井面に吸音処理を施すことにより残響時間の減少・RASTI値の向上が見られた。ただし、今回の吸音処理はいずれも大量の吸音材（壁面積の約90%あるいは約45%に相当する面積のグラスウール、あるいは膜面積の50%近い面積の内膜材）を使用している。従って実際の建物に应用するためにはこれらを組み合わせた吸音処理をする事が現実的であろう。

9：内膜材の透光率・吸音率

実際の建築物においては、壁一面に吸音材を設置する事は不可能であろう。また全ての床面に人工芝を設置できるわけではない。それに対して天井に内膜を設けることは実際問題としても可能である。しかし内膜を設置するということは、膜構造物の特徴である「質の高い光を多く取り入れる」ことを妨げる原因ともなり、内膜を集中的に吊したりする例（出雲もくもくドーム等）はあるが、あまり積極的に行われていないのが現状である。音響的に見れば内膜による吸音効果はグラスウールに比べて少ないと考えられるので、できるだけ大量の内膜材を使用する事が吸音力の増大には必要である。しかし大量の内膜材を使用すれば、採光の面からは不利になると考えられる。そこで内膜材の透光性を検討した。

表5 Tドームでの残響時間（秒）

	125Hz	500Hz	2kHz
人工芝のみ	2.4	3.3	2.2
内膜付	2.4	3.0	2.3
GW58	2.2	2.8	2.0
GW112	2.1	2.5	1.9

表6 内膜材の種類

内膜の名称	T	H105	H150	H340
厚さ (cm)		0.1	0.16	0.28
材質	ガラス繊維	ガラス繊維	ガラス繊維	ガラス繊維
特徴	堅い 軽い	柔らかい 軽い	柔らかい 重い	柔らかい 重い

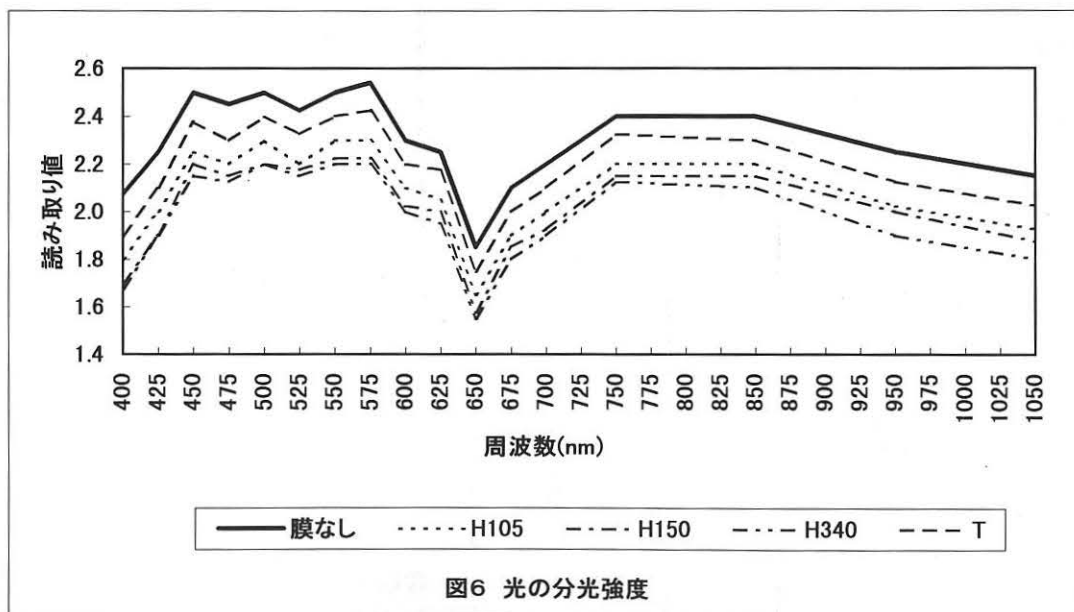


図6 光の分光強度

内膜材の透光率をポータブルフォトメーターを使って求め、予想される室内照度について試算した。合わせて内膜材の吸音率の測定も残響室にて行った。測定に使用した内膜材は表6に示す4種類である。ポータブルフォトメーター

(阿部設計社2703型)は主として可視光域の光(400nm～1050nm)を17種類の波長に分けて、それぞれの波長について光の強さを測定する。光源には陽光ランプ(太陽に近いスペクトルを持った光を放つ)を用い、光を直接観測した場合の強さと内膜材を通した場合の光の強さを測定し、両者の比を透光率とした。さらに太陽光線のスペクトル分布を用いて各周波数ごとの透光率の補正を行い、昼光における透光率を求めた。

内膜材の残響室法吸音率はJIS規格準拠の残響室(床面積61㎡、容積350m³)を使用して求めた。

図6に内膜材を通さなかった光と、各内膜材を通した光の周波数特性を示す。いずれの膜材を通してても伝わってくる光の周波数特性が大きく変わることはないことが判る。ここで650nm付近でディップが見られるが、陽光ランプのスペクトル特性によるものである。この図から、どの膜材を用いてもアリーナ内部に入ってくる光の分光分布は変わらず、自然光と同じように光が差し込んでくると考えられる。表7に吸音率の実測結果の一部と透光率を示す。また表8には、全天空照度から予想されるアリーナ内部の照度を試算した結果を示す。ここでは建物内部の反射率は0として簡略化して考えている。表7を見ると、一番厚みのあるH340材は吸音効果に優れているものの、透光率が低いことが判る。Tドームに用いた内膜材は吸音率は比較的優れており、透光率は最も優れていることが判った。ここに示した4種類の内膜材はガラス繊維材の中で、価格、重さ等の制限を受けながら任意に選んだ物である。そのような内膜材でも種類により特徴があることが分かった。表8の計算は、膜屋根の透過率を13%として試算してある。結果を見ると、「非常に暗い日」(雷雲発生時、降雨時等)において天井面全面に内膜材を設置した場合でも、100 lxを超える値となっている。JISの照度に関する基準(JIS-Z9110-1979)で検討すれば体育施設は50～150 lxが照度基準になっている。また昼光率(外部の明るさ:全天空照度に対する室内の照度)で検討すれば、建築学会の昼光率基準では体育施設は昼光率1.5%以上となっている。それに対し、屋根膜材、内膜材を通過した光は昼光率を確保できる。従って内膜を天井面全体に使用しても体育施設内の照度としては十分に使用に耐える値であることが分かる。内膜材を使用することは室内の明るさを確保した上で吸音力を向上させるという意味において効果的な対策であることが分かる。膜材による特性の違いがあり、明るさを重視する場合や、吸音力を重視する場合というように建物に応じた内膜材を選択する事が重要であろう。また両方の面から見てTドームにおいて用いた内膜材の利用が有効であることが判る。

表7 内膜材の吸音率と透光率

内膜	残響時間(秒)		吸音率		照度(lx) 基準2700	透光率(%)
	500Hz	2kHz	500Hz	2kHz		
T	5.0	3.3	0.12	0.09	1800	66.7
H105	5.6	3.5	0.13	0.10	1500	55.6
H150	7.8	4.1	0.05	0.03	1300	48.2
H340	4.0	2.7	0.23	0.21	1200	44.4

表8 アリーナ内部の照度の予測値(lx)

		天井全面に内膜材		Tドームと同じ量の内膜材を用いたとき		
		Pドーム	Iドーム	Gドーム	Tドーム	
快晴の青空 全天空照度 (10000 lx)	T	867	1074	1134	1139	1102
	H105	722	999	1078	1085	1036
	H150	626	949	1041	1049	992
	H340	578	924	1023	1031	970
暗い日 全天空照度 (5000 lx)	T	433	537	567	569	551
	H105	361	500	539	543	518
	H150	313	475	521	525	496
	H340	289	462	511	516	485
非常に暗い日 全天空照度 (2000 lx)	T	173	215	227	228	220
	H105	144	200	216	217	207
	H150	125	190	208	210	198
	H340	116	185	205	206	194

表9 残響時間(500Hz)の予測値

	ガラスウールを58枚設置			ガラスウールを112枚設置		
	吸音力	増加率	残響時間	吸音力	増加率	残響時間
Pドーム	483.0	33.0	2.9	556.2	53.2	2.5
Iドーム	554.9	27.6	3.1	628.1	44.4	2.7
Gドーム	714.0	20.2	4.3	787.2	32.5	3.9
	天井全面に内膜を設置			内膜とガラスウール112枚		
	吸音力	増加率	残響時間	吸音力	増加率	残響時間
Pドーム	465.5	22.0	3.0	658.6	44.9	2.1
Iドーム	573.9	24.2	3.0	767.0	43.3	2.2
Gドーム	737.3	19.4	4.1	930.5	36.2	3.3
Tドーム	784.3	15.1	2.8	977.5	31.9	2.2

単位: 吸音力(m²)、増加率(%)、残響時間(秒)

10: 吸音材の設置効果の予測

前項において、天井面に内膜を設置しても、光に関する問題は少ないことが判った。そこで、Tドームにおいて使用した吸音材を、他のドームに用いてみた場合、および天井全面に内膜を設置した場合の残響時間を、Sabineの残響式によって試算した。膜構造物で拡散性を前提としたSabineの残響式を用いることには疑問があるが、とりあえず効果の見当を付けるために試算した。結果を表9に示す。容積の大きいGドームは残響時間が長く、最も効果が少なかった。吸音力の大きいグラスウールを112枚設置した場合でも、4秒に近い値となっている。最も吸音力を高めるために、天井全面の内膜とグラスウールを112枚同時に設置した場合についても試算してみると、Gドームについてはなお3.3秒もの長さがあった。最も残響時間が短くなったのはPドームであったが、2.1秒という値は、講演会等の会話を聞く目的にはまだ長い。しかしこうした対策を施すことで、残響時間が減少し、多目的な使用をするときに音響的な改善につながると考えられる。

11: 終わりに

本研究におけるまとめを、以下に示す。

①：ドーム内部の音響は高周波数ほど残響時間が長いという特徴がある。

②：人工芝などで高周波域を吸音しても、明瞭度の大きな改善にはつながらず、500Hzのような中音域の吸音も同時に必要である。

③：内膜材を設置するとRASTIちに若干ではあるが改善が見られた。また壁面の吸音でも同様の傾向が見られた。

④：今回実験をしたガラス繊維の内膜材を設置したときの室内照度は、晴れた日はもちろんであるが、降雨時のような暗い日でも、JIS・建築学会基準の体育施設として、照度・昼光率の基準は確保できることが分かった。

床面、壁面での吸音対策を第一に考えることは前提であるが、さらに内膜材を利用した吸音処理も行うことにより、音響的な条件の改善が可能である。ただし、透過音の問題に対してはほとんど効果がないので外部騒音の影響を強く受けるという、膜構造物の本質的な悪条件の改善にはなっていないことも明記しておく。

最後に本研究を行うに当たり、実験機材・実験場所を提供して頂いた、日本国土開発（株）と実験機材や残響室法吸音率の測定に協力していただいた飛島建設（株）技術研究所の皆様と、実測やデータ処理を行ってくれた信州大学工学部卒業生各位に謝辞を表します。

参考文献

*1 渡辺充敏、他、“膜構造物の音場について”、音響学会建築音響研究会資料

*2 小谷朋央貴他、“ガラスクロスの吸音特性について”、日本建築学会大会学術講演梗概集1995 D-1、p43

*3 渡辺充敏、坪井政義、平野滋“膜構造物の音場について”膜構造研究論文集92, p79-89

*4 高木、佐藤“膜構造物内における音響測定”、日本音響学会建築音響研究会資料、AA95-17

*5 高木、佐藤“膜構造物内の音場の改善に関する一提案”、日本音響学会建築音響研究会資料、AA97-37

A MEASUREMENT AND A PROPOSAL ABOUT IMPROVEMENT OF SOUND FIELD IN MEMBRANE STRUCTURE

Naoki TAKAGI *1 and Takurou SATOH*2

SYNOPSIS

Sometimes concerts and lecture meetings are held in membrane structure gymnastics. In such cases, sometimes sound troubles are occurred, because of the character of the structures. Sound fields were measured in 4 membrane structures. 3 types sound absorption management were tried in the structure. (1)Absorption at the floor. (2)Absorption at walls. (3)Absorption at the ceiling. The results shows, not only the absorption at the floor, but also the absorption at walls and the ceiling is effective. The effectiveness of inside membrane are confirmed at the view points of sound absorption and transmittance of light.

*1 Associate Professor, Dept. of architecture and civil Eng. Faculty of Eng. Shinshu Univ.

*2 Tokyo Electric Power Co.