

【連載:「NH ラボセミナーより」第5回】

## スピーカーを吊るす・スピーカーの定温化

NH ラボ(株) 高田 寛太郎・瓜生 勝

## はじめに

今回は過去の NH ラボのセミナーから、「スピーカーを吊るす」(2014年6月2日)と「スピーカーの中を覗く」(2014年7月7日)の内容を抜粋してご紹介します。

## 1:「スピーカーを吊るす」:高田 寛太郎

本連載第2回目(JAS ジャーナル 2016年3月号)の記事で茶谷がスピーカーの放射音に追加される不要な付帯音を図のように説明しています。

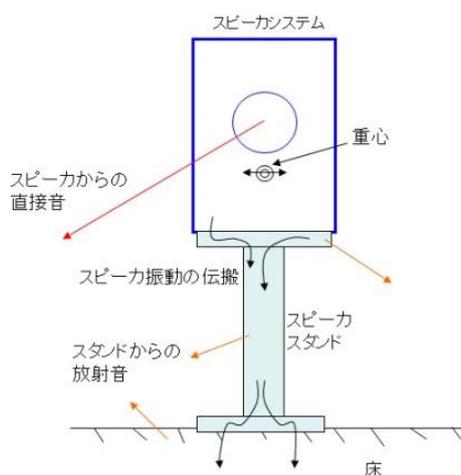


図1 スピーカからの振動伝播のイメージ図

図のうち、スタンドの振動による放射音、床に伝わった振動による放射音はスピーカーを吊るすことにより大幅に低減できます。その簡易実験として、二つのスピーカーを仲間の一人がそれぞれ左右の手のひらに置き、両手を左右にいっぱい伸ばしてステレオ再生したところ、単に机や台の上に置いて聴く場合より低音がすっきりした音になりました。スピーカーの位置が部屋の中ほどに移動したことと、キャビネットの振動が手に吸収されたことなどが音質変化の理由と考えられます。これに力を得て、部屋の中での様々な吊り方を検討しました。

長いスタンドに取り付ける

まず、床とスピーカーとの距離を取る目的で、足の長いスタンドにスピーカーを固定する方法を確

かめました。床との干渉はゼロにはなりません、スピーカが床から離れ、より空中に配置されることや受聴者の耳の高さに近くなることで聴きやすさが増します。スピーカの下部には M5 のナットが埋め込まれており、これを利用することでスタンドに簡単に取り付けすることができます。



図2 手作りの木製スタンドを用いた例

### 天井から吊るす

スピーカを空中に配置するもう一つの方法は天井や壁に吊るす方法です。多目的ホールをはじめ大空間ではマイクロホンを天井から吊るして収録することが多く見受けられます。これにより壁や床の影響を受けずに音源の音を録音できます。余談ですが、仮にその位置に客席があれば、まさにロイヤルシートと呼べるかもしれません。さて、これとは逆の発想で、スピーカを空中に配置することで周りの影響を受けずに音の再生ができるものと考えます。

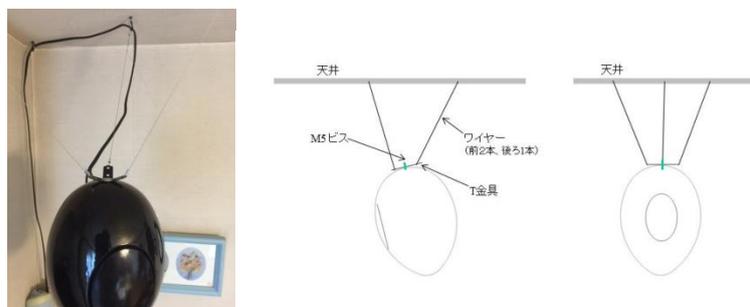


図3 天井からワイヤで吊るす例

図3は天井にたまごスピーカを吊るした例で、3本のステンレスワイヤでつり下げています。また、図4は店舗の天井に市販の吊り下げ金具を利用して吊り下げた例です。たまごスピーカの放射特性は図5のようにとても広い指向性を持つため、店内の隅々までむらなく音を届けることができ、どの場所でも音楽や放送が同じように聴こえることが特徴です。



図4 店舗での天井取り付けの例

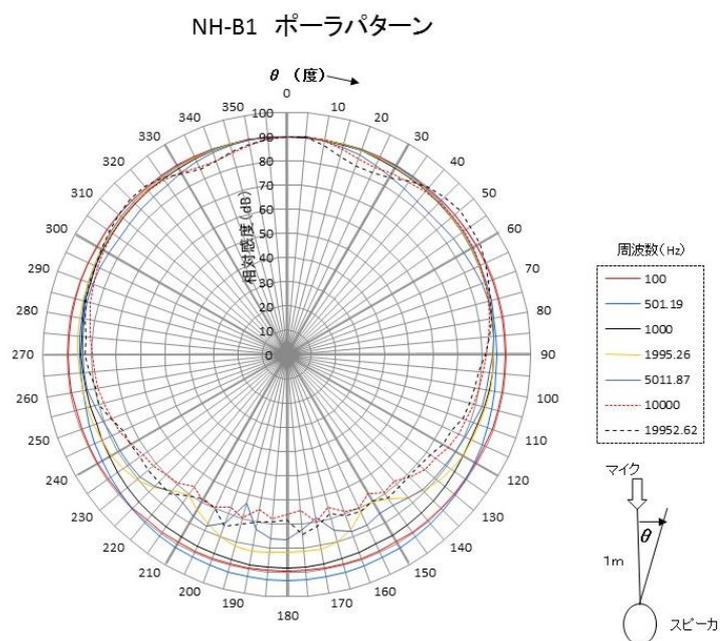


図5 タマゴスピーカの音圧指向特性

### スピーカを吊るした場合の効果

スピーカを空間に何らかの方法で吊るした場合に、キャビネット自身の振動およびスピーカを置いた場所の振動を比較してみました。

図6は天井からスピーカを吊るす代わりに、スピーカつり下げ機能をもったスタンドを試作しました。(以下フレームスタンド) 材質は鉄材で、スタンド上部にひもを掛けるフックが用意されています。スピーカ下部にあるφ5 mmのねじ穴を利用し吊りひもをねじに固定し反対側をそのフックにかけることでスピーカを空中に浮かせる方式です。

机の上に、標準のスピーカ(アクリルのスピーカ台が取り付けられたもの、以下プラ台呼ぶ)と前述のフレームスタンドに吊り下げた場合の、スピーカキャビネットの振動加速度と測定台の振動

加速度を調べました。測定器はオノソクの FFT-CF7000 と加速度ピックアップ-NP3211 を使いました。

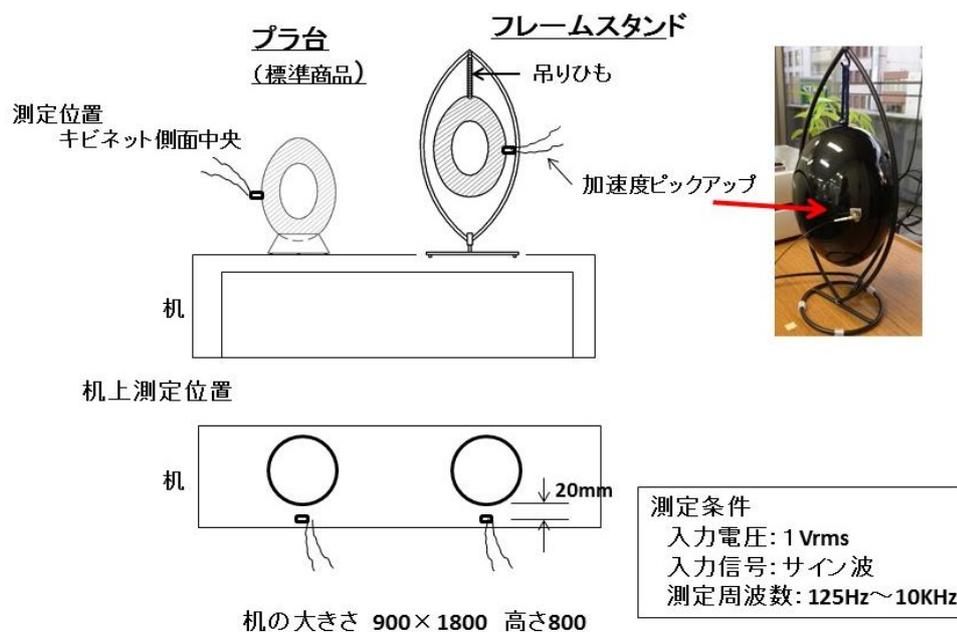


図6 測定セットアップの概要 (セミナー資料より抜粋)



図7 スピーカキャビネットと置台の振動加速度測定～プラ台



図 8 スピーカキャビネットと置台の振動加速度測定～フレームスタンド

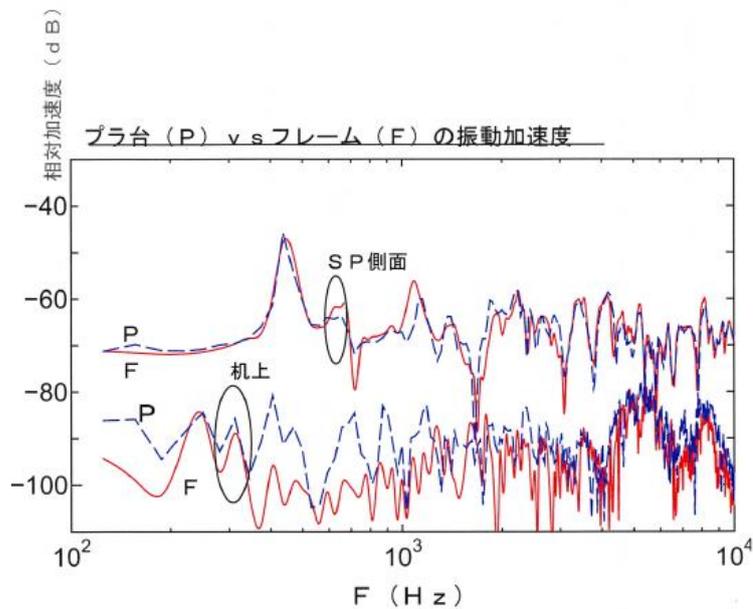


図 9 スピーカキャビネット側面と置台の振動加速度

図 9 から、プラ台とフレームスタンドともキャビネット側面の振動加速度は全帯域に渡りほぼ同様ですが、機の振動は 1kHz 以下で大きく異なります。プラ台の方が振動レベルは最大で 15dB 程度大きいことが分かります。キャビネットは同じように振動していますが、その振動は吊りスタンドの方が置いた場所（机など）に伝わりにくいことが分かります。

図 10 は スピーカを吊り下げるひもの材質を変えた場合の振動変化を調べたものです。綿のタコ糸が最も振動を伝えにくく、金属線では撚り線と単線ではほとんど差がありません。線材の剛性や内部損失が振動伝播に影響するという、容易に予想出来る事象ではありますが、この差はスピーカ再生時の音質に与える影響はとても大きいものです。

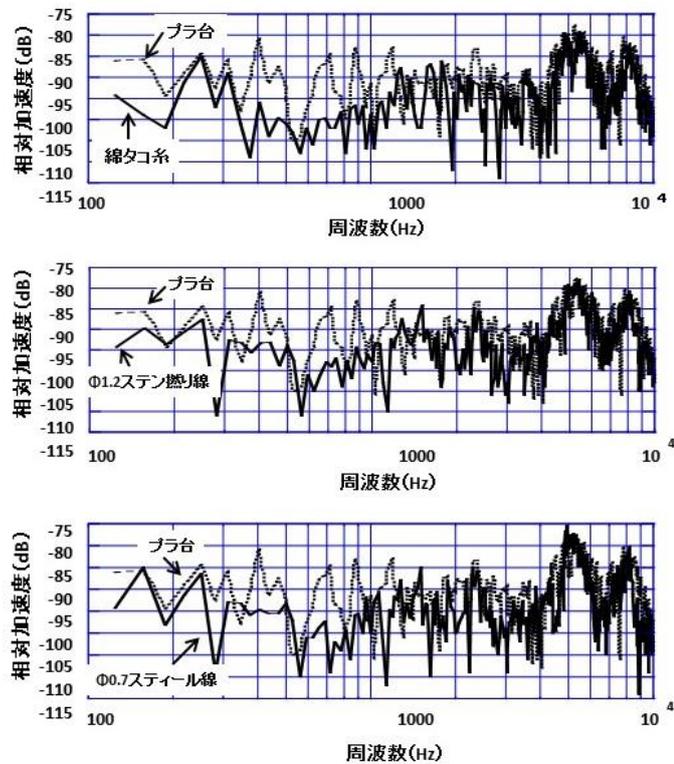


図 10 吊り下げる線の材質による振動の違い  
 上から 綿タコ糸 ステンレス撚り線 (φ1.2 mm) 鋼単線 (φ0.7 mm)

以上の基礎実験を踏まえ、スピーカを吊った時の効果を誰でも簡単に楽しめるような吊りスタンドを商品化しました。

図 11 はデザインイメージで、これをもとに現在は 4 種類の商品を用意してあります。NH-ST1A シリーズはすべて木製で、暖かみや優しさを感じていただける音になります。塗装は 3 種類 (クリア、黒、シロ) 用意しましたので、使う場所の雰囲気に適したものを選んでいただけます。

また、NH-ST1B は陶器のベースに鉄製のフレームを組み合わせ、クリアですっきりした音が得られます。さらに NH-ST1B には着脱可能なスタビライザ (おもり) がついており、お好みで特に低音の微妙な音の変化を楽しむことができます。

吊り下げるひもの材質は、さまざまな材料での試聴を繰り返した結果、すべて皮材を用いています。

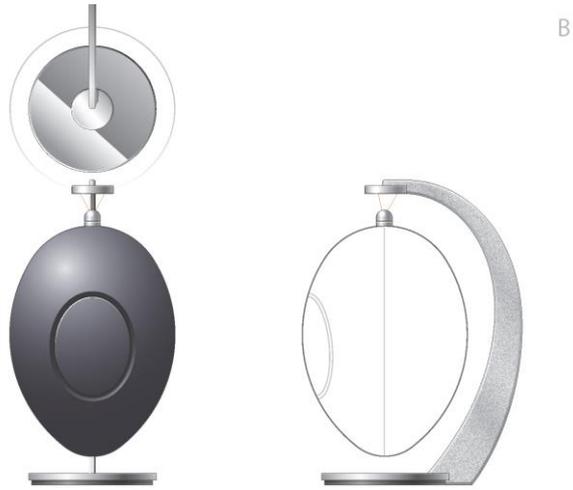


図 11 吊スタンド デザインイメージ図



図 12 現行商品 All 木製スタンド NH-ST1A



図 13 現行商品 陶器台+鉄製スタンド NH-ST1B

## 2：スピーカの定温化：瓜生 勝

一般的なコーン型ダイナミック・スピーカに入力された電気エネルギーが音響エネルギーに変換される割合は約 1%程度で、凡そ 99%がボイスコイルの熱として消費されます。この熱はスピーカの部品を温め、特にエッジ等の材料物性、弾性率に影響を与え、エッジのステフネスを変化させ、結果としてスピーカの音圧再生周波数特性（以下 f 特）に変化をあたえ、最終的な音質を変えるものと推測されます。

そこで、ゴム材料で作られたエッジを用いたスピーカを試作し、f 特への温度の影響を調べ、スピーカの磁気回路部の定温化について検討しました。

### 1 温度変化による f 特への影響

ゴムエッジ材料として多用される NBR（アクリロニトリルゴム）/EP（オレフィン系ゴム）ブレンドゴムをエッジとした表 1 に示した仕様のスピーカを作り、測定条件に基づき、温度 20℃、25℃及び 30℃の雰囲気中で定温化したスピーカの f 特測定結果を図 14 に示します。

口径 (cm)	振動板材料	ダンパー材料	エッジ材	ボックス寸法 (cm)
6	紙	綿布/フェノール	NBR/EP	18×25×11 (木)

スピーカユニット：8Ω、5w

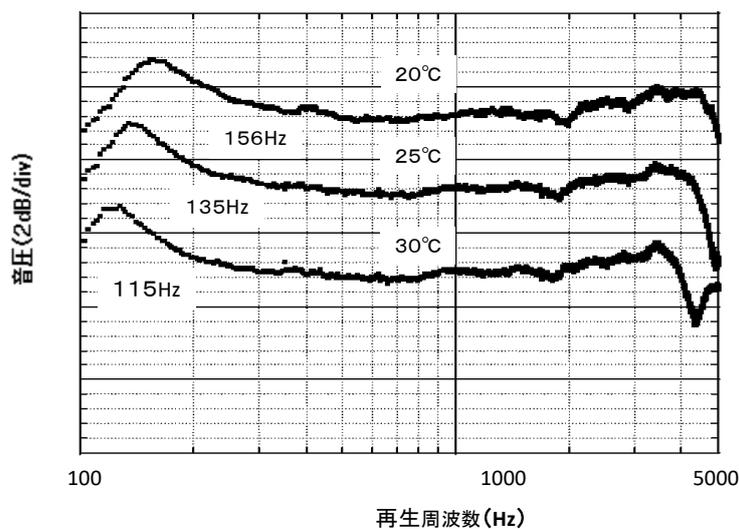


図 14 f 特の温度変化

エッジ以外の振動板材料、ダンパー材料は温度変化の小さい材料を使用しているため、高温になるに従い、低域共振周波数  $f_0$  が低下する現象は、ゴム材料の弾性率が低下したことによるエッジのステフネスの低下したことが  $f$  特に現れた結果と考えられます。また各温度におけるスピーカで音楽を試聴すると、20°Cでは高周波数側が強調され、30°Cでは逆に高音不足、全体的に暗めの音質傾向に感じられ、25°Cが音のバランスが良いように感じられます。よい音を追及にはスピーカの温度を安定化することも重要な要素ではないかと思われます。

## 2 ゴムエッジ材料の温度特性

スピーカの  $f$  特の温度変化の要因であるゴムエッジ材、NBR/EP ゴムの弾性率の温度変化を図15に示します。10°C~90°Cの温度領域でゴム状態になり、ゴム弾性を発現、いわゆるゴム特性を示します。

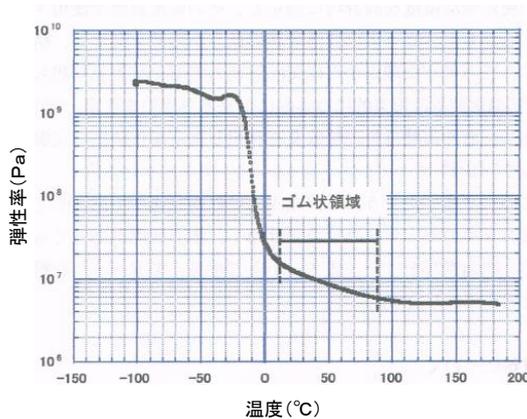


図 15 NBR/EP ゴムの弾性率温度特性

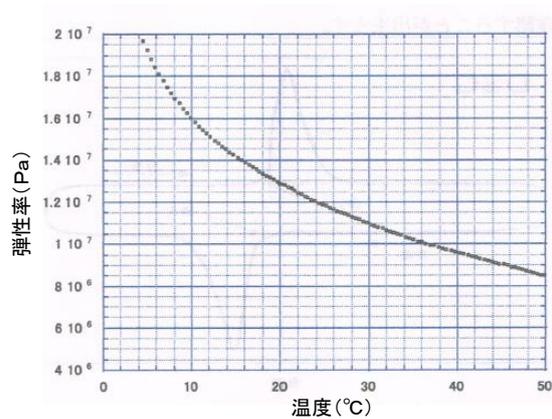


図 16 ゴム状態領域の拡大図

スピーカが使用される温度環境を 15°Cから 50°Cと想定し、この間の弾性率の温度特性、図 16 から温度に対する弾性率の変化の大きさを読み取ることが出来ます。

スピーカの使用環境温度は、25±5°C程度の室内温度を想定し、設計されているものと思われます。25°Cの弾性率を基準にすると、20°Cでは約 8%の増加、30°Cでは約 8%の減少する変化が見られます。この弾性率の変化がエッジのステフネスの上下に影響を及ぼし、スピーカの  $f$  特、音質の変化を起す原因と推測されます。

スピーカの使用環境温度を設計時に想定した温度 (25°C) で使用するのがベストと考えられます。しかし、スピーカは変換効率の低さから熱を発生し、構成材料の温度変化を避けがたく、このような理由から磁気回路部の定温化装置を発想し、検討をしているところです。定温化装置は電気的には容易に出来ると思いますが、今回は簡単な装置化、コストも考慮し、潜熱蓄熱材料の熱収支を利用する定温化装置「定温カプラー」の開発に取り組んでいます。

## 3 潜熱蓄熱材料について

潜熱蓄熱材料とは耳慣れない材料と思いますが、普段使用している水もその一つです。

水が冷却され凍り、氷（凝固）になるときに大きな熱が放出（発熱）、その反対に氷が融け水（融解）になるときに熱を吸収（吸熱）します。また、水と氷が共存する領域は 0℃が保たれる定温域です。このような現象を示し、比較的大きな融解熱量を持つ材料が潜熱蓄熱材料と呼ばれ、表 2 に示した様な材料があります。

水は 0℃、硫酸ナトリウム 10 水和物は 32℃に融点があり、固体/融解液を共存させ、共存する固体が液体になるまでの時間において、融点温度での定温が維持されます。氷であれば 0℃、硫酸ナトリウム 10 水和物であれば 32℃の定温化を図れます。

今回の磁気回路部の定温化には、比較的扱いやすく毒性等の恐れがない融点が 40℃のパラフィン系の潜熱蓄熱材料を用い検討を進めています。

材料	融点 (°C)	融解熱量 (KJ/Kg)
氷	0	330
ノルマルパラフィン	4、10、20、40	150～250
硫酸ナトリウム 10 水和物	32	190～270
使用パラフィン系材料	40	190～210

表 2 潜熱蓄熱材料

NH ラボのたまごスピーカ「NH-B1/W1」への実装を想定し、磁気回路部と同重量の鉄材（径 5cm、厚さ 2cm の円柱形状）を使用して潜熱蓄熱材料による定温化の可能性を測定した結果を図 17 に示します。

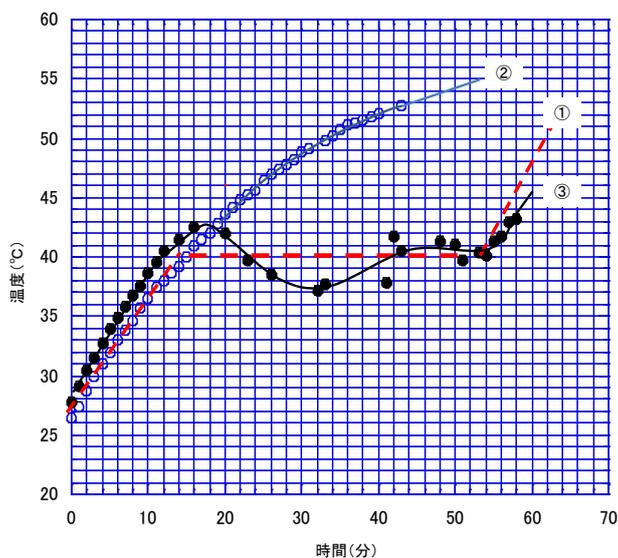


図 17 磁気回路定温化温度変化

磁気回路の温度上昇を 1℃/分と仮定し、鉄材円柱を電気ヒーター上で加熱すると図 17②に示した様な温度上昇をします。40℃迄は理論計算に従い上昇、以降は、外気温が影響し小さくなります。図 17①は鉄材円柱の天面と側面をパラフィン系潜熱蓄熱材料、25g で包み込んだ状態を想定した温度上昇を理論計算したもので、およそ 40 分の定温化が図られこととなります。

図 17③は理論計算値①と同量、25g の潜熱蓄熱材料を用いた実測値で、ほぼ理論値と同等の定温化結果が得られ、磁気回路発熱による周囲の温度上昇を

抑制し、エッジ材料等の弾性率の温度変化を少なくし、スピーカの f 特の安定化が図られることとなります。

#### 4 定温化カプラー

たまごスピーカ「NH-B1/W1」の磁気回路を包み込む構造をしたアルミ外筐に定温化時間、120分間を想定し、前項の定温化確認測定で用いた3倍、75gの潜熱蓄熱材料を封入した「定温カプラー」(図18)を実装し、以下の入力で定温化効果を確認したところ、



図18 定温カプラー構造図、スピーカユニット



図19 定温カプラー実装

入力条件：IEC ノイズ、15W

入力時間：2時間

入力時間、2時間程度ではボックス内の温度は入力前の室温25°Cが保たれ、温度変化は見られず、磁気回路部と定温カプラーとの境界部は潜熱蓄熱材料の効果で40°C前後の定温にあるものと推測されます。

また、ボックス内の温度上昇が見られないのはパラフィン系潜熱蓄熱材料の熱伝導性が低いことによる断熱性効果が働き、ボックス内の空気への熱伝達が防止されたことも要因と考えられます。

本技術はまだ完成したものではなく、たまごスピーカ NH-B1/Nh-W1 のユーザーの方にモニタをお願いし、定温効果の確認のご協力を頂いています。

#### 参考文献

- (1) L.E.Nielsen (小野木 重治訳) “高分子の力学的性質” (化学同人)
- (2) 中川 鶴太郎著 “レオロジー第2版” (岩波全書)
- (3) 理科年表 平成23年度 (国立天文台編)

\*\*\*\*\*

<執筆者の自己紹介>

### 高田 寛太郎

現在、NH ラボ(株)で事務と測定業務を担当しています。

大学卒業後ソニー(株)に入社し技術研究所(中島代表が所長)に配属されました。どれも初めての仕事でしたが、当初は、毎朝早く会社に行って昨日の続きを手掛けたいという気持ちが湧いてくる、今では考えられない時期でした。振りかえると様々な研究開発に携わることができました。

エレクトレットフィルムの開発、それを使ったコンデンサヘッドホン ECR500 の開発、NASA が開発した有限要素法プログラム NASTRAN を使ったスピーカの振動解析、変位サーボをかけた平板ウーファの開発(サーボにより手で振動板を押しても全く動かない)、ソニーミュージックとのプロジェクトで大型スタジオモニタースピーカの開発、ソニーピクチャーズのサウンドエンジニアのアドバイスを受けながら大型シアター用スピーカの開発などを行いました。その後は業務用オーディオチームのマネジメントに専念し、デジタルチャンネルデバイダ、デジタルミキサ、ワイヤレスマイクロホン、業務用パワーアンプ、PA スピーカなどの多くの商品開発に参画いたしました。

### 瓜生 勝

オーディオ、ましてスピーカとは全く関係の無い化学部門、ソニー羽田工場において、現在知る人は少ないと思いますが電卓「SOBAX (ソバックス)」のキースイッチに使用する導電性ゴム等の開発に参画していました。当時のキーはリードスイッチで、現在の導電ゴムによるスイッチは用いられていませんでした。キーには電気的特性と同時にキーを打った時に指先に伝わる感覚が大切なパラメータであり、両方を満たす高分子材料の物性を検討しておりました。

そのような時にソニーの音響の総本山である技術研究所が行った「音響材料開発者の社内募集」を知り応募。幸運にも社内転職することが出来ました。「音響材料の開発」と「中島代表(当時の技術研究所長)」との初めての出会いです。移動早々、中島代表が自らプロジェクトリーダーを務められた振動板材料開発プロジェクト、通称「コーンプロ」に参加し、多くの新しい振動板の開発に携わりました。それ以来 30 数年、中島代表には、材料屋にとっては非常に面白い音響材料の分野(「音響材料開発は新材料の実験場」と言っても過言ではない)に導いて頂き、ご指導を頂いております。