随筆「音の細道」

「月日は百代の過客にして蘇りし楽曲に往きかふ年もまた旅人なり」
遠大な時の流れを詠む日本人の感性は、その真摯な眼差しに生きている。
遥かなる時空を越えて飛来する数多の音楽とオーディオの古今東西。
オーディオのロマンを売らんとし、音のセールスクラークを生業と
志す者は、自らその感性の研鑽を日々の勉めと諫めたらん事を望む。
されば世界の未知なる音を、己の足で探訪する旅人でありたいと願う。
彼の国からやって来る南蛮渡来の道具を手に異国の人情に思いを馳せよ。

作　川又利明

第 57 話「比類なき AC ケーブル誕生!!ESOTERIC 7N-PC9100 の秘密!!」

プロローグ

オーディオの世界には結果としてわかっていても、その原因が科学的に証明されにくいという事象がたくさんある。そして、「聴けばわかる!!」を合言葉にして音質を変化させる要因を科学的に追究することを放棄してしまうメーカーが意外に多いということもある。

この分野にこのくらいのコストと物量を投入すれば音質はこうなるはずだ、というシミュレーションをきっちり行なってコンポーネントを設計するというのは近年コンピューターの進歩が可能にしてくれた領域でもあるのだが、そもそもコンピューターには音質なるものを目的とする定義を与えられないので、あくまでも人間が考えた手段として採用すべき選択肢の検討と特殊なアルゴリズムによって可能になったモデリングということで物理的なデザインを与えてくれるのみである。この最たるものが本随筆の前作で紹介しているContinuum Audio LaboratoriesのCaliburn Analog Playback Systemであろう。他社が過去に開発した既成の技術に資金をかけて完成度を高めるという発想ではなく、むしろそれらを否定して完全にゼロから理想的なものは何かを追求した結果である。

同様な発想から、いくらのコストをここにかければこんな音が出る、という到達点を設定してから設計し商品化するのではなく、自分たちの技術力を持って理想を追求したら結果としてこのような音質を得ることが出来た、という意欲的な挑戦を繰り返していくのがハイエンドメーカーと言えるだろう。市場規模を見込んでマーケットリサーチを行い、販売台数の目論見とコスト計算とを計りにかけて量産し、大量販売を当然とするメーカーとは必然的に発想が異なるものだ。こんな未知の到達点に向かって新境地を開拓して行こうとする大変貴重な存在の国産メーカーがある。ここで紹介している「VRDS-NEOの覚醒」ESOTERICがそうだ。

さて、ESOTERICは得意とするメカニズムを核とする製品作りが世界的にも評価を受け、同社の歴史は「VRDS-NEOの覚醒」でも述べているが、いよいよ来年はブランド創立 20 周年を迎えるという。オーディオによる再生音とはシステムを構成するコンポーネントすべての集大成であり、同時に再生系はループとなっておりコンポーネントを連結するケーブルという要素も音質決定の重要な要素となっている。同社は 2004 年 2 月にこの分野にも積極的なアプローチを行い、私もこの試聴室で全面的に採用することになるMEXCELシリーズを発表している。このケーブルの中でも音声信号を伝送しない電源ケーブルによっても音質変化が起こるということは今では常識ともなっているが、なぜなのか? その答えを今まで科学的に説明できなかった私は ESOTERIC の新製品、7N-PC9100 の登場を機にその謎にメスを入れることにした!!

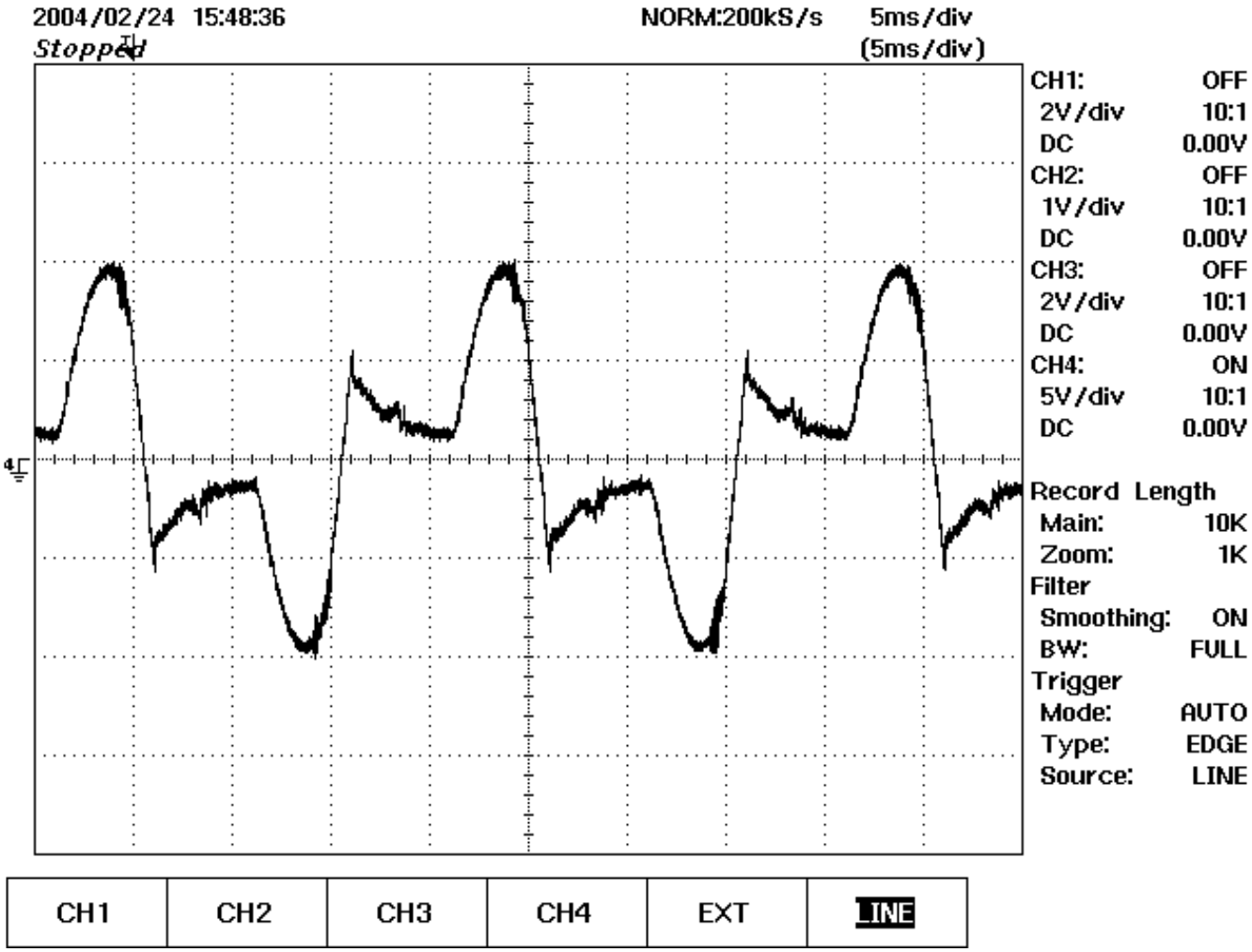
第一部「電源ケーブルに求められる条件とは何か?」

これまでにも私は音質本意で電源ケーブルを選択してきた。しかし、これも私の聴覚での判断であり、ケーブルの設計に関して理屈がこうだから…という理論が選択基準だったことはない。電源ケーブルといえば高価で太いものが商品としては凄そうに見えるものだが、家庭用の電源コンセントには基本的には 15 アンペアという電流容量が決まっており、それ以上の大電流を流せばブレーカーが落ちるだけということで、ケーブルの威容として見かけの太さなどは実質的な選択基準にはならない。一般的な屋内配線でも 15 アンペアの範囲にとどまることなく、配線材としてのケーブルだけをとってみても芯線の太さでは 100 アンペアを流すことが出来る電線は当たり前のように使われているが、オーディオ用電源ケーブルに使用されている内部の導体の太さだけを考えれば既に必要以上の容量を持っているといえる。

また 15 アンペアという制限についても 15 アンペア以上の電流が流れた瞬間にブレーカーが反応するというものではなく、一定の継続時間があってから遮断されるものだ。私も大音量での試験的な再生でブレーカーを飛ばしたことは何度もあるので体験的に承知している。

このような背景から優秀な電源ケーブルは電流容量が大きいということでは決してない。コンポーネントが求める電流を大河のようにとうとうと流してくれるだけが電源ケーブルの仕事なのだろうか?電源ケーブルが音質に関係するという事実を当たり前のように知りながら、その原因について議論を掘り下げられない追求の甘さがあったのが事実だろう。

交流電源を引き込んだオーディオコンポーネントの電源部は整流回路で数ボルトから数十ボルトの直流に変換して内部回路に電源を供給する。その電源部がいかに重要であるかは各社のカタログでも力説されているところだ。しかし、そのコンポーネント個々の電源部に電力を伝えるケーブルが動作状態でどのような挙動をしているかはあまり知られていない。
私は、三菱電線工業株式会社から提供された次の資料をひと目見てひらめくものがあった。



我々が電源ケーブルの中を流れている電流は、上述のようにコンポーネント内部の電源部と整流回路が受け手になるので、商用電源の 50/60Hz の正弦波として電力を伝えているものだとイメージしていたのではないだろうか?

このグラフはパワーアンプのスピーカー出力に４Ωの負荷を繋ぎ、40.5Vrms 出力時に電源ケーブルに流れる電流を測定したものだという。電源ケーブルの途中に抵抗（0.075Ω）を入れ電流を電圧に変換しオシロスコープで観測したものだ。当然パワーアンプが必要とする電力を電源コンセントに求めるのだが、アンプ内部の電源部が一定の緩衝領域となっているはずなのに出力される音声信号による影響がこれほど大きなものだとは思ってもいなかった。

つまり電源ケーブルを流れる電流はこのように音楽信号の波形によって大きく変化しているということなのだ。壁コンセントまで送られてきている正弦波の電源のイメージとはかけ離れているものであり、フーリエ展開することで非常に高い周波数まで含んでいることがわかってくる。私は数学が苦手なので詳しいことは上記のリンクなどから察して頂ければと思うが、要は「同じ周期を持つ波はどんなに複雑なものでも単純な波の合成である」という理論であり、私がオーディオの基礎を学んだときには次のような言葉で教えられたものだった。

「自然界のすべての音の波形は多数の正弦波の合成によるものとして置き換えが出来る」

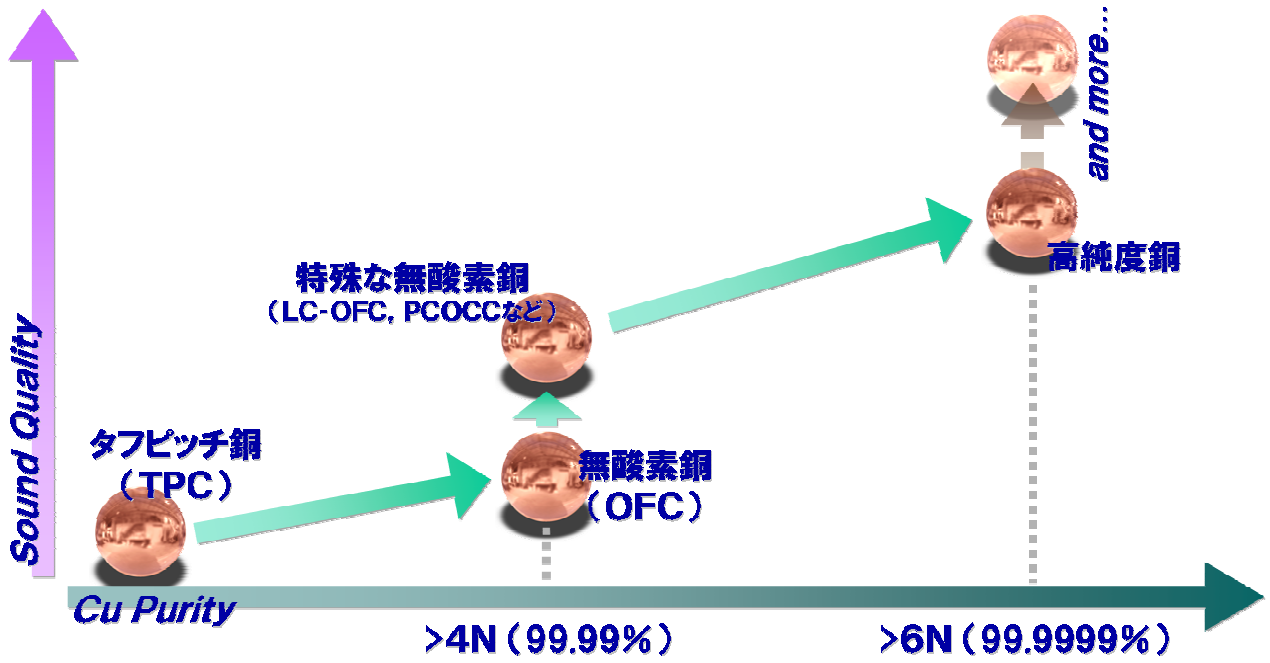
簡単に言えば、このように言い換えることが出来、上記のグラフで見られる細かい波形は**非常に高い周波数を多分に含んでいる**ということだ。ここで強調したいことは、電源ケーブルというのは 50/60Hz の正弦波だけを伝送すればいいという概念は全く的外れであるという事実だ。電源ケーブルではインターコネクトケーブルやスピーカーケーブルと同様にワイドレンジな伝送周波数特性が求められるという、この発見が私の頭にガツンと響き渡った!!

高価なケーブルを音質本意で推薦し販売してきた私が電源ケーブルの実態を知らなかったことを反省し、そこで音質で選んできた電源ケーブルの根拠をこの論点で掘り下げていこうと思い立ったものだ。

第二部「素材によって電源ケーブルのワイドレンジ化を求める!!」

私は次ページのチャートを見て大変懐かしく当時を思い出したものだ。それは私がこの業界に入って、もうそろそろ 30 年になろうというところだが、入社当時は同軸構造のモガミ電線が流行しており、スピーカーケーブルまで同軸構造がもてはやされたことがあった。

そして、確か日立電線だったか、無酸素銅(OFC)をオーディオ用に商品化すると国産ケーブルメーカーは右へ倣え、とばかりに OFC ブームがあり、銅の結晶を大きくしたからいいぞ、ということで LC-OFC がもてはやされ、1986 年になると今度は PCOCC(Pure Copper by Ohno Continuous Casting process)ということで単結晶状高純度無酸素銅がオーディオテクニカから発表された。この二年後にはスーパーPCOCC ということで 6N 純度の製品も開発されてきたが、20 年前には高級オーディオケーブルと言え、4N グレードがせいぜいであったということだ。銅の結晶の大きさと配列の方法ということが論点になっていた時代から次第に高純度銅が着目されるようになり、それは海外製品も含めて純度を競い合う時代が現在まで続いているということになる。ここで最も大切なことは、このような経緯の 20 数年間に渡り世界的な流れとして業界とユーザーの双方で導体である銅の純度を高めていくことが**ワイドレンジ化**にもつながり間違いなく音質向上に貢献しているということが確認されてきたという事実だ。



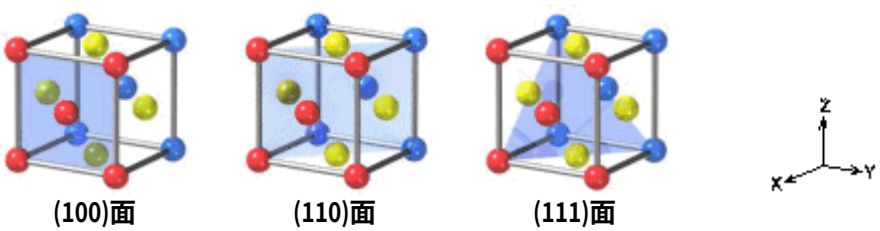
そして、もう一つの着目点をしっかりと記憶して頂きたいのだが、このような純度を高めていくという追求がなされてきたのは肝心な信号ケーブルという分野であったということだ。

このチャートで純度の他に、もう一つの要素がサウンドクォリティーの向上に関係していることを示しているのが、上記の LC-OFC や PCOCC のような銅の結晶の大きさと形状などの違いである。このミクロの世界で観察するための分析方法は 30 年前と比べて格段の進歩があった。結晶の方位角を追求するためには電界放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM)などの X 線回折を用いる観測法を行なっているということだった。

そして、純度は銅の精製の際に問われる問題だが、結晶構造に関しては銅を伸線加工した後での熱処理によってコントロールできるという技術を三菱電線株式会社は開発していたのだ。さて、その結晶構造をコントロールするための測定法として X 線回折とはどういう原理なのか。オーディオには直接関係ないが後学のために調べてみた。この理屈をちょっぴりかじっていただき、後のグラフを見ると素材に関するこだわりが少しわかったような気になる。

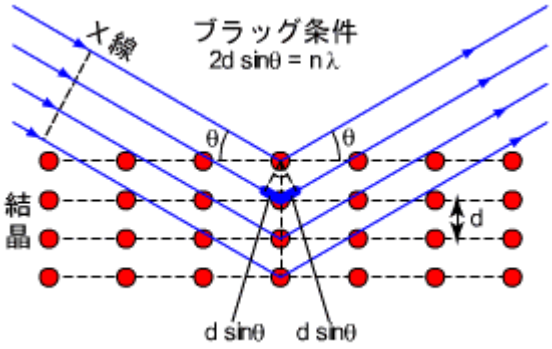
・ X 線回折の原理

原子が規則的に配列していることを「結晶構造」と呼び、銅も結晶構造を持っている。銅の結晶構造は面心立方格子と呼ばれ、下図のような配列になっている(実際には原子はもっと大きく緊密に並んでいる)が、この構造中には幾何学的に平面状に原子が並んでいる部分が無数にあり、下図はその一部を示している。



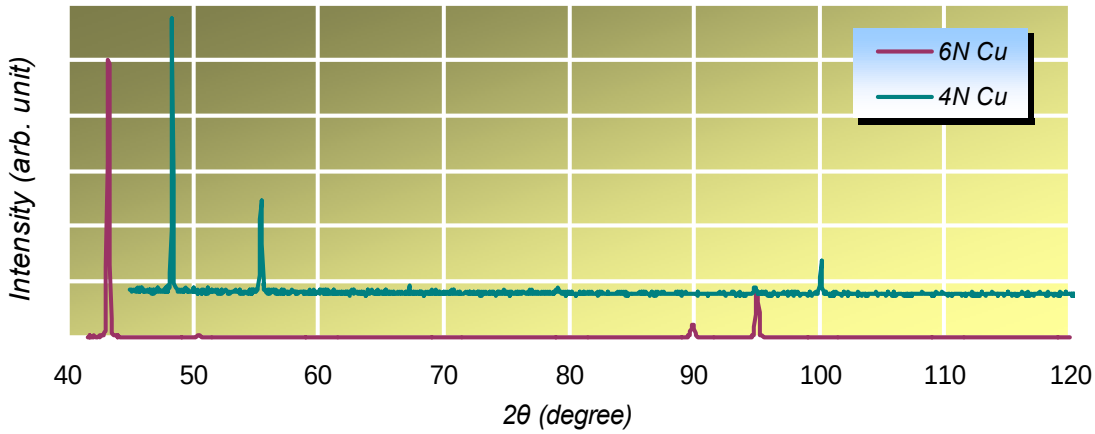
(100)面　(110)面　(111)面

この面の法線方向を(xyz)とすると、面は(1/x 1/y 1/z)面、その間隔は d と表現されるが、これにある角度で X 線を当てた場合、下のブラッグ条件 $2d\sin\theta = n\lambda$ を満たす角度で回折した X 線の強度が強くなる。これが X 線の回折現象だ。後述のグラフで（111）面という表現が出てくるが、結晶体を三次元的な方位で観察した断面ということになる。

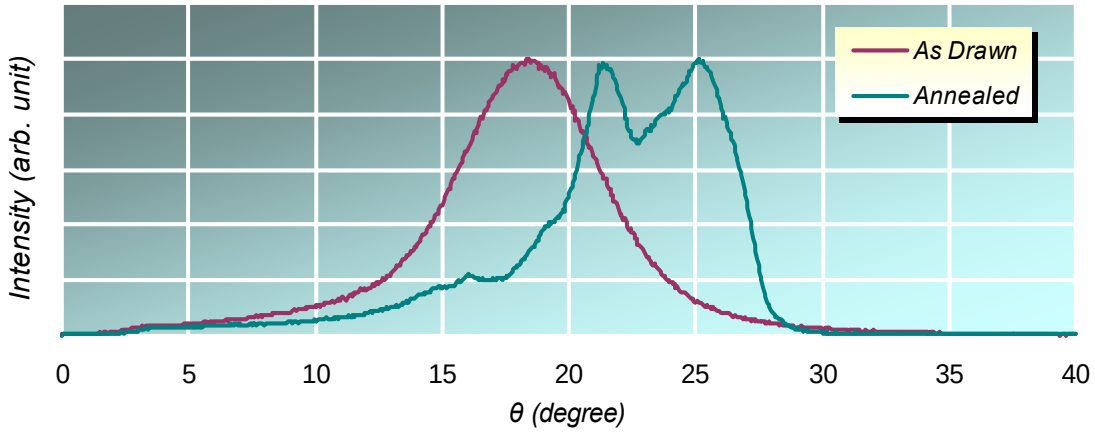


・X 線回折パターンの見方

上記の回折現象について、横軸に角度、縦軸に X 線強度をプロットしたものが回折パターンで、物質の結晶構造や原子の種類によって異なるパターンとなる。よって、未知物質でもパターンを測定してデータベースと照合することで特定できるという。では、その測定した結果を示すグラフというのが次のようなものとなる。

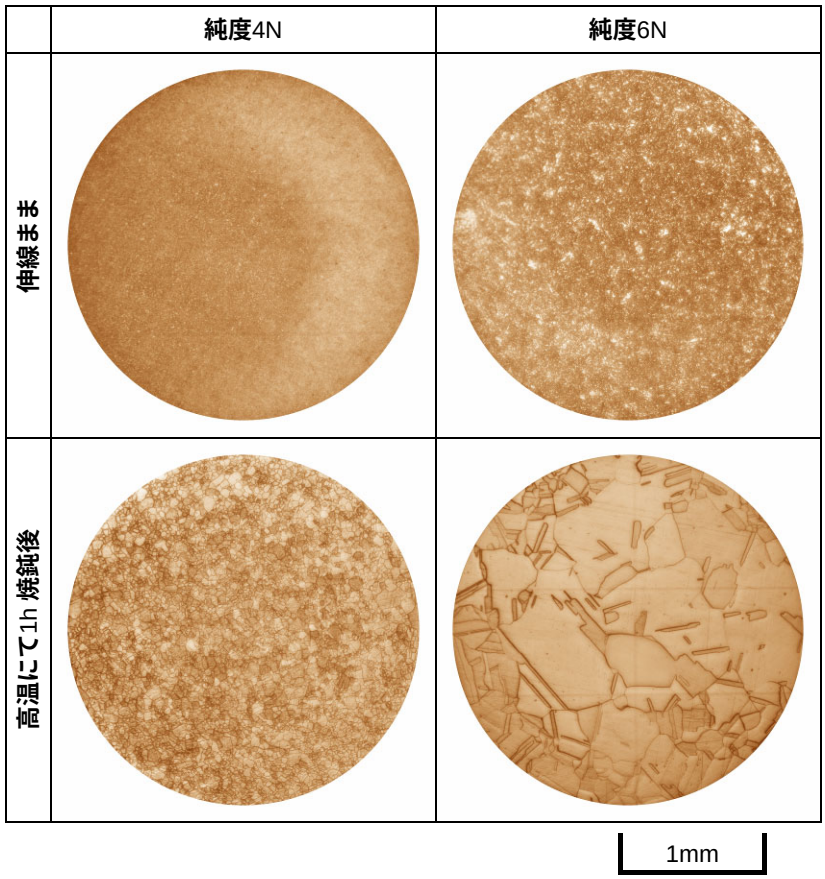


熱処理を行った純銅の X 線回折パターンの比較



熱処理前後のロッキングカーブの比較(6N 導体・(111)面)

なにやら難しくなってきたので、ここで結晶構造に関して 4N と 6N の違い、熱処理をする前後の比較を私たちにもわかりやすいように写真で見ると次のようになる。



高純度銅線の横断面ミクロ組織

この断面のサンプルとなったのは高純度銅導体φ2.6㎜線 2 種(純度 4N および 6N)である。まずサンプルは銅を伸線加工した素線となるものであり、伸線したままだと二種類の純度でこのような違いがあるということ。下のふたつは特殊アニール処理による高温に一時間さらして自然放熱させて焼きなました結晶構造だ。ここで言う【焼鈍】とは「やきなまし」の漢語的表現。

5 ページのグラフで示されている枠内の「anneal」とは、この焼鈍のことであり、as drawn とは伸線加工したままで焼鈍していない線のことだ。この写真と前ページのグラフは純度によってこう違うということを象徴する目的で掲載したの。実際にはもっと詳細な多数の測定とグラフがあるのだが、本論とかけ離れてくるので思い切って割愛し、測定結果として報告された代表的なコメントを紹介しておくと…。

・純度 4N、6N ともに伸線加工により横断面は(111)配向を示している。
・焼鈍を行うと 4N は等方的な構造に近付くのに対し、6N はさらに(111)に配向する傾向が見られる。
・焼鈍後の(111)面のロッキングカーブは伸線後のものと比較して平滑さがない。
・純度 6N のロッキングカーブではピークが 2 本見られた。
・焼鈍後の(111)面のロッキングカーブは仰角によってピーク位置が異なり、結晶粒ごとに角度にばらつきがあることが示唆される。

耳慣れないロッキングカーブというのは、回折パターンでピークが見られるある結晶面において、どの程度の角度のばらつきがあるかを測定したもの。そのロッキングカーブグラフの見方としては、カーブのピークの幅が広いほど、結晶面の角度のばらつきが大きいことになる。上述特定面が一定の方向を向いた物はロッキングカーブのピークが、幅を持たない 1 本の線になる。X 線回折パターン測定結果を解析した結果、4N 導体は熱処理によって等方的な結晶構造に近づくのに対し、6N 導体は熱処理を行うことによって(111)方向への配向度がさらに上昇することが突き止められた。

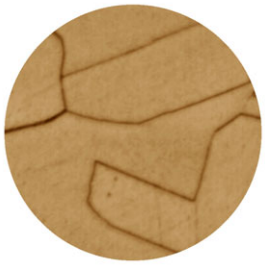
これらの測定結果を私の解釈で最もシンプルな表現でまとめると次のようになる。

「純度 6N は熱処理を行なうことで 4N よりも大きな結晶体に変化し、その結晶体の方位角は xyz 軸における幾何学的配列密度が高くなっている。」

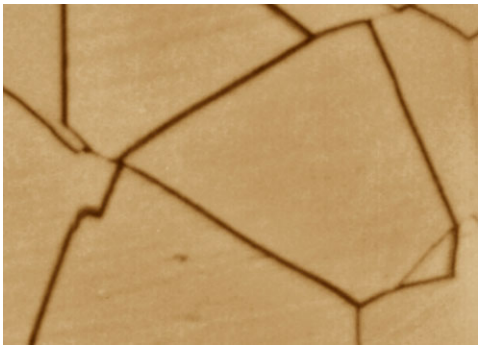
早い話しが 4 ページで述べている銅の結晶体が大きいほど音質向上が期待でき、純度の追求による音質向上効果との相乗効果を期待できる、ということだろうか。

さて、ここでようやく今回の主役である新製品、ESOTERIC 7N-PC9100 に関して以上との関連性を述べることになる。これまでの解説で純度に対する研究対象としては 6N で行なっているが、7N-PC9100 は文字通り 6N を上回る素材として 7N を使用し、前述の測定で判明した純度の熱処理の貢献でより音質向上に期待できる結晶構造を開発した。それが D.U.C.C.（Dia Ultra Crystallized Copper）※１である。この技術の採用により従来の 7N Cu 素線と比較して更に結晶が大きく、高い伝送特性を獲得している。**こんな素晴らしい素材と技術を電源ケーブルのために用いているというのだから驚いてしまうではないか。**

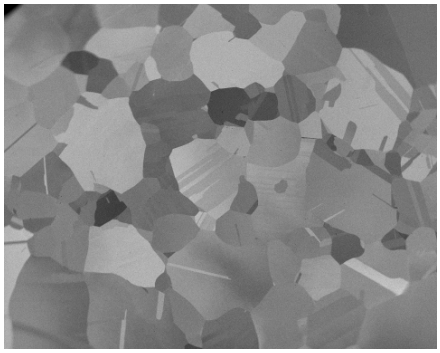
通常導体の断面組織



D.U.C.C.導体断面組織



D.U.C.C.導体断面組織



反射電子検出器からの D.U.C.C 組成像

※１）「D.U.C.C」は三菱電線工業株式会社の登録商標です。

第二部「構造と絶縁によって電源ケーブルのワイドレンジ化を求める!!」

二年前に限定生産で発売した 8N-PC8100 と今回の 7N-PC9100 の大きな違いは 8N と 7N という素材だけではない。むしろ 8N という素材の特徴を上回る MEXCEL という絶縁処理がワイドレンジ化に大きな貢献を果たしている。では、その MEXCEL とはいったいなんだろうか?

先ずは二年前に突如として表れた新技術に関して当時の ESOTERIC のコメントを引用する。

Esoteric MEXCEL SERIES
Produced by ACROLINK

MADE IN JAPAN の真実。

高い技術だけが、より高い、いわば次世代の技術を生むことができる、という言葉があります。現在日本の工業技術やハイテクが世界的な観点においてもトップレベルにあることに異論はないと思います。ここで見落としてならないのは、あるひとつの分野だけが突出して優れているのでないと、ということです。

たとえば、ナノテクノロジーや光触媒などの将来最も期待されるテクノロジーは日本発。山が高ければ高い程その裾野は大きい。優れた工業技術・製品というのは、素材開発、設計、製造設備、検査測定などさまざまな高度な関連技術の集大成として成り立っています。

さらにいえば、発想力や洞察力あるいは美的感性といったものも欠かすことのはできないでしょう。素材の純度を極限までに高めるという技術も実は日本のハイテク工業技術を支えている重要な技術であり、ほとんど日本でしか製造できないというものさえあります。

オーディオケーブルにおける 6N 以上の Cu 素材というのはまさにこれにあたります。6N Cu の開発は日本鉱業（株）(現・日鉱マテリアルズ社)が 1985 年に研究開発に着手し、1987 年に量産化に成功。現在の 6N 以上の高純度銅の需要の大半は、1997 年に開発実用化が図られた高集積度半導体用の配線素材であり、これに使用されている高純度素材の量産生産者は「日鉱マテリアルズ社（旧ジャパンエナジー社)」と「三菱マテリアル社」の 2 社に事実上限られているのが世界的な現状です。実体として高度な品質保証を要求する半導体業界では上記 2 社の素材以外の高純度銅は製品の量産に用いられていないと考えられます。アクロリンクはこの 2 社と提携、分析値保証を受けた真の 6N 以上の Cu を使用する世界唯一のケーブルメーカーです。

現在、オーディオケーブルの分野では銅の母材品位を 6N、7N、8N などと表記されることが多く見られますが、本来、銅の母材品位は差数法で計算されるべきもので、厳密には周期律表の銅以外の全ての金属元素（不純物）を測定し合計を 100 から差し引いた値が純度として表記されるべきものです。しかし、オーディオケーブルの規格として表示規準がない現状では、どの不純物をカウントし、あるいは除外するかによって品位の計算値（純度表示）は変わってしまいます。

つまり、値の高い不純物元素を意図的に仕様対象から外すことすら不可能ではありません。たとえば、ごく一般的な日本の銅地金（電気銅）は 4N5=99.995 純度ですが、特に値（含有量）の高い不純物は Ag 等数元素であり、たとえばその Ag を差数法の対象から外した場合、Ag はおおむね 10ppm 程度ですからすぐにその銅は 5N を超える表示が可能となってしまいます。

アクロリンクがプロデュースし、ティアック エソテリック カンパニーが取り扱うエソテリック MEXCEL シリーズ・ケーブルは自主的に規定する 7N 銅とは高度な品質保証を要求する半導体用途と同等の母材生産プロセスによって生産された、厳密に 99.99999%以上の純度を有するものであって、金属不純物のトータル数が 1ppm 以下である事を原則としております。

純度 6N 以上の高純度銅の不純物測定には GD-Ms（ジーディーマス）と呼ばれる微量測定装置を用いて大半の分析が行われており分析作業自体も高度なノウハウが必要とされます。
アクロリンクでは、他ブランドに先駆けて数十種におよぶ分析項目の内、音質に影響があると思われる代表的な元素の分析値を公開。圧倒的な品質によって達成したハイスピード&ハイレスポンス、パワフルかつ繊細、ナチュラルな直接音と澄み切った間接音など、全く新しい音表現のすべてのオーディオファイルに向けて発信して行きます。

独創のストレスフリーの 7N Cu。

ストレスフリー加工は 7N 素材同様に大きな特長であり、基幹技術でもあります。純度を高め、結晶粒を大きくし、原子配列を極めて健全に仕上げた素材であってもさまざまな段階で曲げなどの外部応力が加わることを避けることはできません。この際、歪み欠陥と呼ばれる乱れが生じる場合があります。

通常、伸線加工時にはアニール加工を施して結晶粒の成長を促し、大きな組織に還元しますが問題はリールに巻かざるを得ない流通過程や配線時にも同様に外部応力が加わる点です。エソテリック・MEXCEL シリーズのストレスフリー製品は独自の特殊焼鈍処理と高純度銅の特性により、あまりに大きな外部応力でない限りセルフアニール現象で組織を健全な状態に復元することを実現した世界でも唯一のケーブルです。

伸線加工後の加熱処理時点で原子配列の転移は通常の 4N 銅に比べ 1/10 倍のオーダーを達成、結晶粒の数も 1/80～1/100 となっています。

さらに電流が流れることによってエージング=セルフアニール環境が促進され残留歪が減少し組織が健全に回復して、より高音質化するのです。

ＭＥＸＣＥＬ CABLE SERIES
そしていま、さらなる高みへ。
驚異のハイテクケーブル MEXCEL シリーズ、誕生。

いま、エソテリックブランドでアクロリンクプロデュースの究極の伝送特性を極めた新しいケーブルシリーズが誕生しました。最大の特長は、現在市場で得られるオーディオケーブルの周波数特性の高域伝送限界がほぼ 1GHz 程度であるのに対し 7N-DA6100、7N-DA6000 にいたっては一挙に 18GHz までフラットという超ワイド化を達成したことです。交流導体抵抗値の変化が極めて少なく、他の MEXCEL シリーズも可聴周波数帯域から高域限界周波数まですべての領域においてほぼフラットレスポンスという驚異的なケーブルとなっています。

導体素材にはさらに高純度化したストレスフリー7N Cu を使用。内部導体、外部導体ともにストレスフリー7N Cu を使用した MEXCEL 絶縁素線を開発、使用しています。MEXCEL とは、三菱電線工業株式会社が開発した、新しいエナメル線でその断面形状は平角型となっています。従来、平角エナメル線は断面の長方形の 4 つの角への絶縁被膜形成が困難で、このため多くは丸導体がやむなく使用されていました。しかし、三菱電線工業株式会社では絶縁樹脂の電

気メッキともいえる画期的な MEDIS 電着絶縁法を開発。丸導体のような線間の隙間空間のない高密度超高性能コイルの製造を可能としたのです。新しいエソテリック MEXCEL シリーズはアクロリンクがプロデュースし、この最新テクノロジーを活かした超高性能オーディオケーブルを 2 社の共同生産によって完成させました。

シールド用の編組の高密度化をはじめ、信号導体にも高密度編組を使用。超ワイドレンジオーディオケーブルを実現したのです。MEXCEL ケーブルはオーディオ分野ではリッツ線と呼ばれる種類に入りますが、断面形状は長方形でありこれを高密度な編組に仕上げています。

導体断面積が非常に大きくなるので、表皮効果による高周波特性の劣化の大幅な抑制を実現。外部導体も平角 MEXCEL 絶縁素線を高密度に編み上げることにより、信号の外部への輻射を抑えています。また平角線を使用することで同じ断面積の丸線よりも導体表面積が格段に広くなるため、断面全体に均一な伝送が可能となり表皮効果をさらに抑制します。

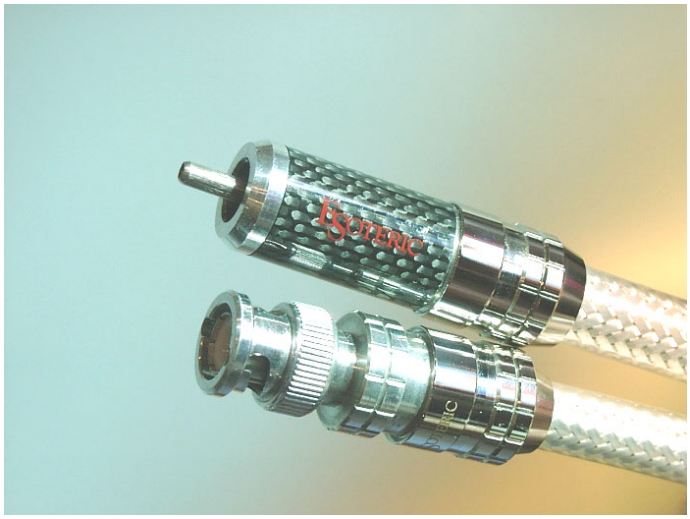
同軸タイプのケーブルでは、3 重同軸ケーブル構造とし、電磁波等への万全な外来ノイズ対策を施し、２芯シールドタイプでは導体、シールドともに高純度ストレスフリー7N Cu を使用した平角 MEXCEL 絶縁素線を編み上げています。スピーカーケーブルでは絶縁体上に設けた半導電層により、電磁波等の外来ノイズはもちろん、絶縁体同士の振動摩擦による静電気の発生をも抑制しています。

絶縁体素材には宇宙・防衛機器にも使用されるほどの極めて低い誘電率で、かつ誘電率の周波数依存性、温度依存性がなく、周波数帯域、周囲温度に関わらず信号の劣化のない特殊樹脂を使用しています。そしてシースには特殊ポリウレタン樹脂を使用するなど、これまでの常識では考えられなかった高品質素材と精緻な構造設計を駆使し、MIL 規格を遥かに凌駕する品質を提供するケーブルの誕生です。こうして達成した全く新しい音世界は、近年富に増えてきた超高級オーディオ機器の能力をフルに引き出し、新しい高密度大容量メディアの情報を損ねることなく伝送します。

＊「ACROLINK」は登録商標です、「MEXCEL」および「MEDIS」は三菱電線工業株式会社の登録商標です。

★

いかがだろうか、これほどオーディオケーブルに関わるワイドレンジ化という技術に執念を燃やし、しかも、その技術を今回は何と電源ケーブルに転用したというのだから驚きだ。

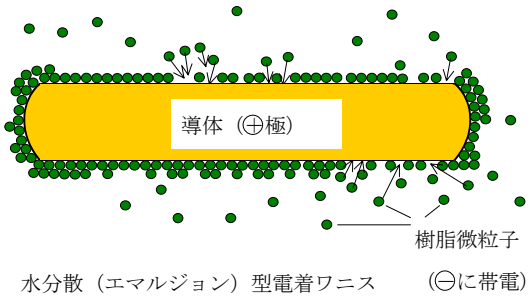


印象的な背景の写真ですが、これは当時川又が撮影したものです。我ながら上出来か～(^^ゞ

それではMEXCELとは何かをもう少し簡単にご理解頂くために次のイメージをご覧頂きたい。

MEXCELとは、世界唯一の電着によるマグネットワイヤ製造法であるMEDIS法により製造されるマグネットワイヤである。MEDIS（Mitsubishi Electro-Deposition Insulating System）MEDISは絶縁樹脂の電気メッキとも言える方法で、形状に係わらずに均一な絶縁が得られ、平角線の絶縁方法として理想的である。ただし、これはMEXCELシリーズのインターコネクトとデジタルケーブルに製造方法に関しての説明であり、下記のような断面をしているのは素線の表面積を丸線よりも大きくとって表皮効果を軽減するためである。7N-PC9100では高周波伝送の改善に加え、低域でのレスポンスの良さを両立するために素線は丸線となっている。

MEDIS電着法による MEXCELの製造



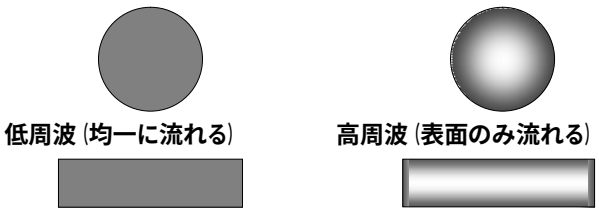
水分散（エマルジョン）型電着ワニス　　（㊀に帯電）

- **樹脂粒子は絶縁の薄い部分を探すように均一に付着します。**
- **コーナ部は電界の集中が起こるため厚めに絶縁されます。（従来のディップ法ではコーナー部に絶縁が付きません）**

これも当時のMEXCELシリーズの解説の引用だが、ここで特筆すべきは絶縁素材としてエマルジョンを使用していることだ。このエマルジョンとは水と油の混合物に、分離を防ぐための乳化剤を加え、安定させた混合物であり乳濁液ともいわれ液中に混じりあわない他の液体が微細粒子となって、分散、浮遊しているものだ。

表皮効果とは

- **信号の周波数が高くなればなるほど、電流は導体の表面に集中して流れる性質があります。**
- **そのため電流通路の断面積（実効断面積）が減少し、導体抵抗が増加するとともに導体抵抗値に周波数依存性が生じます。**
- **表面積が広いほど抵抗の増加は小さくなります。**



さて、ここで電源ケーブルでありながらワイドレンジ化を狙った 7N-PC9100 が素線の一本一本をなぜ絶縁したかということだが、上述にもあるように表皮効果を低減させるためであり、その表皮効果とは伝送する周波数が高くなればなるほど導体の表皮に近いところを信号電流が流れるという性質であり、それをデータとして捉えると次のようになっている。

表皮深さ

- **表皮効果により電流が流れる深さを表皮深さといいます。**

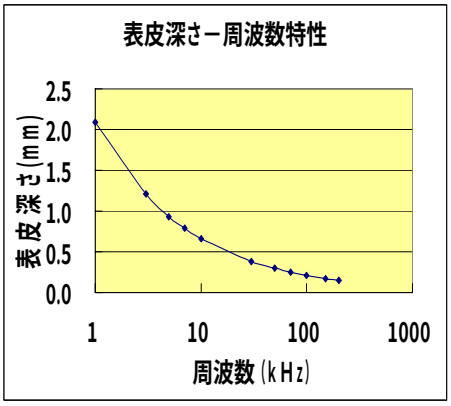
表皮深さ　δ（m）＝√（2／ ωμσ）

ω：2πf　（f：周波数）

μ：透磁率（4π×10⁷）

σ：導電率（銅：58×10⁶）

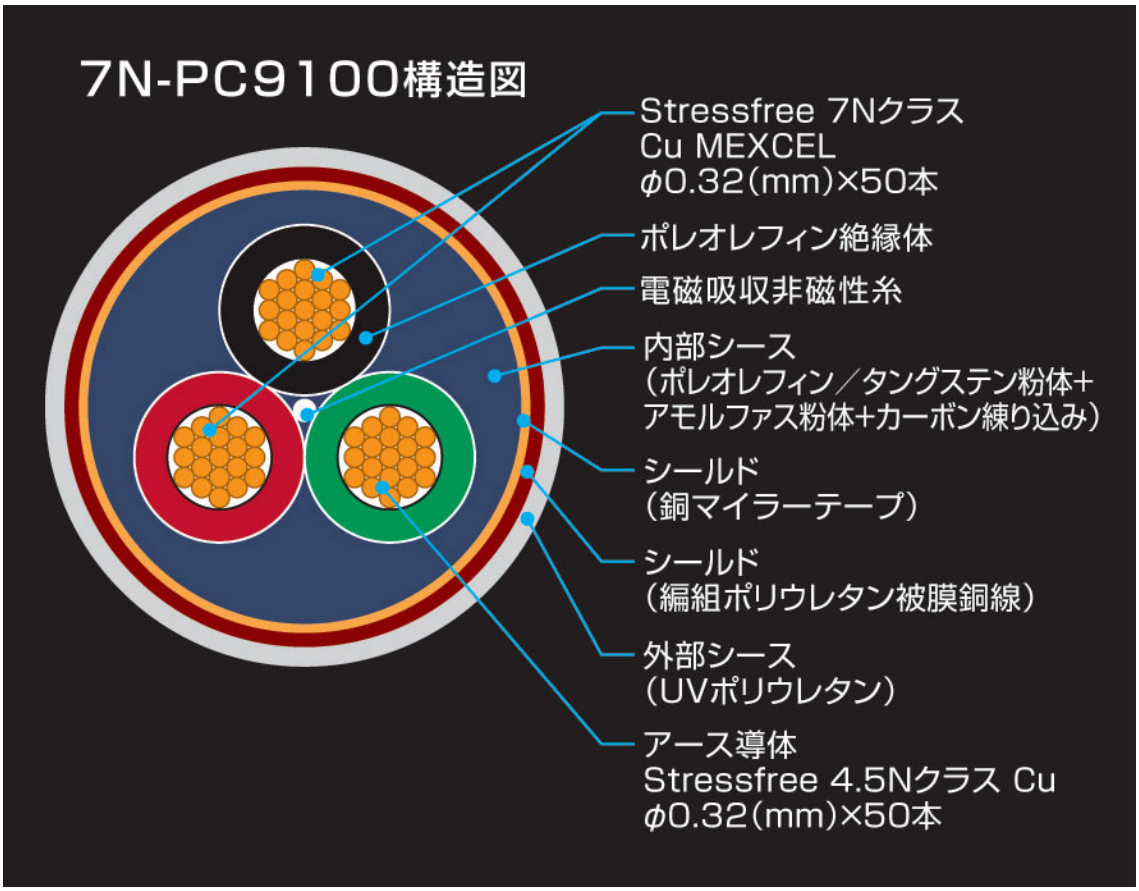
周波数 [kHz]	表皮深さ [mm]
1	2.090
3	1.206
5	0.934
7	0.790
10	0.661
30	0.381
50	0.296
70	0.250
100	0.209
150	0.171
200	0.148



ちなみに、他社の電源ケーブルでは素線一本ずつには絶縁処理がなされていないので、それを束ねた本数の総和となる直径が一個の導体として考えられるので、上記の表皮深さのグラフからもワイドレンジ化の妨げになっているものだ。他社製品であれば、例え素線が 7N で、素線の撚りを硬く締めているとしても線間は完全な密着構造ではない。そのために素線間の電位差で電流ジャンプが発生することが懸念されるが、MEXCEL であればその心配もない。ちなみに ESOTERIC の 8N-PC8100 は素線には絶縁処理はされていない。このように素線一本ずつを絶縁し、かつ同時に PSE（電気用品安全）を取得して販売できるのは 7N-PC9100 だけである。

また、高電圧の信号ほど表皮効果は大きくなるため（例えば、高圧電線などは殆ど導体の最外皮部分を信号が流れている）MEXCEL 絶縁処理により表面積を増やすことは、電源（電力）伝送においても必要な電力をハイスピードで供給でき、切れのある電源供給力の点で効果が大きいことが予測できる。更に、表面を鏡面状に研磨した素線を使った電源ケーブルなどもあるが、MEXCEL は表面がメッキ処理でありウレタンなどによるコーティングに較べ、表面の均一精度が圧倒的に高く硬度も高い。従って、表皮付近を流れる大きな電力伝送のロスを極めて効果的に低減することが可能。絶縁のメリットに加え、プラスアルファのメリットが期待できる。そして、ホット、コールド、グランド各線の撚り方向（左撚り）に対して、それぞれの内部の素線の撚り方向（右撚り）を逆にすることにより、磁束キャンセル効果を持たせたのは今回の新たな試み。編組線は PSE 認可されないため、現状、最もシンプルで効果的な磁束キャンセル方法として採用した。

このようにMEXCELシリーズのように高価なオーディオケーブルに用いられた手法を踏襲し、かつ新技術も投入された電源ケーブルが 7N-PC9100 なのである。素材の 8N と 7N の違いを通り越して、なぜ ESOTERIC が電源ケーブルに MEXCEL を採用したか、その目的と合わせてご理解頂ければ幸いである。



最後に述べておきたいのがシールドとアイソレーション効果だ。

シールドは、銅マイラーと UEW（ポリウレタン編組線）を使用した 2 重シールドだが、ドレン線により、それぞれが壁コンセント側のグランドに落とされている。IEC コネクター（機器）側は導通していないため、機器からはアイソレートされている。電界シールドを片切にする方法は RCA ケーブルなどでは一般的な方法だが、グランドループを効果的に防いでアイソレーションを高めシールドに適度な電荷が加わることにより、外部から侵入する輻射ノイズを効果的に吸収する方法をとっている（尚、アース導体は両側がグランドに落ちているので、電源のグランドを落としている海外製品などの場合でも問題なく使用可能だ)。

また、低域の引き締まったキャラクターに影響のあるシース部分に関しては、高価ながら、金に次いで比重の高いタングステンを採用しケーブルを硬く引き締めている。比重の高い素材は振動のコントロールにも効果的であり、プラグ部分にも今回特殊素材の充填材を入れ制振効果を強化している。

更にケーブルにある程度の電荷を与えることにより、効果的にシールド効果を高める一つの方法として、シースにアモルファス素材＋カーボンを混合させている。アモルファス素材のほかにはフェライトなどの素材が使われることもあるが、音質的に効果の高いアモルファス素材を採用した。これらの素材自体は導電性のある素材で、これによってわずかな誘電による電荷によりシールド効果を発生させている。ケーブルの C（キャパシタンス）の増加も極僅かに押えつつ適度なシールド効果を生むため、シールドが音質に与えるデメリットも極めて少ない。コンデンサなどの素子によって積極的なシールディングをするケーブルもあるが、最もシンプル且つ効果的な方法で且つシールド効果の高い方法として今回採用している。

第三部「電源ケーブルをワイドレンジ化したことで得られたもの!!」

7N-PC9100 の登場とその評価に関して私は慎重を期するためバーンインの時間経過と共に観察し試聴するという段階を踏んできた。そして、アイソレーターなどの電源関係の製品との共存関係を最初から試したのでは複雑になりすぎて 7N-PC9100 そのものの評価が難しい。そこで、じっくりと時間をかけて過去のリファレンスACケーブルと比較したレポートがこれ。

電源ケーブルの試聴と評価には手間ひまと時間がかかり、7N-PC9100 を使用しての検証ではやってみたい実験が多数あるので今しばらくの時間がかかるものだ。そして、実はこの原稿を制作しているのは 2006 年 9 月某日の深夜一時を回ろうかという時間帯。

そこで、私は今まで一本だけ使用していた 7N-PC9100 を更に二本だけ使用し、それも TRANSPARENT PIMM と PI8 を用いて第二段階へと移行する手始めの試聴をしてみることにした。使用システムは下記のとおり。

◆ “7N-PC9100” Comparison verification system Vol.2 ◆

ESOTERIC G-0s(税別¥1,200,000.)*Rubidium only
TRANSPARENT PLMM+PI8+PIMM(税別¥996,000.)
↓
ESOTERIC 7N-DA6100 BNC(Word-sync用　税別¥240,000.)×3 本
↓
ESOTERIC P-01 (税別¥2,200,000.)
With
ESOTERIC 7N-PC9100(税別¥350,000.) + TRANSPARENT PIMM(税別¥390,000.)
↓
ESOTERIC 7N-DA6300 XLR 1.0m　Dual AES/EBUで二本使用(税別¥560,000.)
↓
ESOTERIC D-01(税別¥2,200,000.)
With
ESOTERIC 7N-PC9100×2(税別¥350,000.)+ TRANSPARENT PI8(税別¥390,000.)
↓
ESOTERIC 7N-DA6300 RCA 1.0m (税別¥560,000.)
↓
HALCRO dm8(税別¥2,200,000.)
TRANSPARENT PLMM+PI8(税別¥606,000.)
↓
ESOTERIC 7N-DA6100 MEXCEL RCA 7.0m
↓
HALCRO HALCRO dm88 ×2 (税別¥7,600,000.)
TRANSPARENT PLMM×2+PIMM(税別¥822,000.)
↓
STEALTH Hybrid MLT Speaker Cable 5.0m H.A.L.’s Special Version
↓
MOSQUITO NEO (税別¥4,800,000.)

今後はもっと多数の曲で 7N-PC9100 の検証を進めていくのはもちろんだが、現在では入手できる 7N-PC9100 の数も少なく、追加で二本を当フロアーのシステムに投入してどのような変化があるかを試してみようと考えた。そして同時に+ TRANSPARENTのPIMMとPI8との共演ということで上記のようにセットアップした。

その選曲だが、これまで最も聴きなれていたオーケストラということで、小澤征爾とボストン交響楽団によるマーラーの交響曲第一番「巨人」の第二楽章をかけることにした。すると…

「あっ!! これはなんと言うことか!! 演奏とスケール感そのものが違うぞ!!」

冒頭の弦楽器群が始まった瞬間に我を忘れて思わず胸のうちに叫んでいた!! 最初に耳にした馴染みの演奏なのに、スピーカーの周辺に展開するホールエコーの拡散領域が拡大しているという変化を直感的に私の耳は検知していた。言い換えれば余韻感が空間に漂う時間軸が延長されており、ホールの空気が清浄化されて見通しがよくなり視野が拡大したような錯覚を覚える。ノイズフロアーが低下したということだろうか、二本増やした 7N-PC9100 の効用が直ちに聴けるとは!! ただし、この二本も 200 時間以上バーンインを行なっているので念のために追記しておく。しかし、これだけではない。楽音の質感そのものにも変化が…

第一ヴァイオリンがセンターから左前面に、第二ヴァイオリンが指揮台から右側の前列にという配置でコントラバスを従えて奏でるアルコが織り成すレイヤーに今まで見えなかった色彩感が厚みを加えている。それは今までは一色であった弦楽器の群れの中に微妙に色合いを異にする響きが埋もれていたことを示し、かつ黒髪に櫛を通すようにヴァイオリンの弓の律動に規則性が表れ、また同時に数重の櫛目が通されていくように演奏する楽員の数だけ存在感の分離をイメージさせる。これは初めてだ!!

左右の弦楽器に包み込まれるようにして定位する管楽器は明らかに点としての音源から空間に飛躍するエコー感の充実が高まっている。そして、トライアングルの打音は低めに設定したボリュームにもかかわらずスピーカーユニットが存在しない空間に輝く光点として私の目に残像を残す。譜面の進行に従って次々に過去の記憶との相違点が私の耳にインプットされては以前の記憶を更新していく。これはまずい!! 実験的な試聴にもかかわらず引き込まれていく演奏は更になまめかしく力強くもあり、数分間の体験がこれからの試聴に対する未知との遭遇を予感させ期待に胸が弾む。そう、7N-PC9100 は多くの意味で前例のない電源ケーブルであるということが理論以外にも感性の上でも証明されたということなのだろう!!

さて、ここで皆様はこの事実にお気付きだろうか!?

私は第一部でパワーアンプの電源ケーブルを流れる電流波形の実態に端を発して、アナログ音声信号に追随される形でAC ケーブルには大変高い周波数の伝送能力が求められると述べている。であれば…??

パワーアンプということで電力消費も大きく、動作方式によってアンプのバイアス電流と同時に消費電力も大きく変動するパワーアンプであればこそ、2 ページのグラフのように電源ケーブルに流れる波形はこのように変化するだろう。しかし、P-01 のようなトランスポートではせいぜいスピンドルモーターの回転数による消費電力の変動か、D-01 にしても確かに最終段はアナログ信号を扱っているが、ラインレベルでありパワーアンプ程の消費電力はない。

言い換えれば、パワーアンプのように音楽信号の変動によって電源ケーブルに流れる電流波形が変化するという要素はほとんどないということだ。ということは上述してきた電源ケーブルにはワイドレンジの伝送能力が必要という仮説と矛盾するのではないか!? いや待て!!

そうだ!! ここで使用している Master Clock Generator、CD トランスポートや D/A コンバーターにしても、アナログ音声信号が含んでいる高い周波数よりもっと高い周波数の信号を扱っているではないか!!

これを見落としてはならない。デジタル信号とはそもそも**矩形波**であり、シャープで正確な立ち上がりと立下りの**矩形波**を再現しようとした場合、理想的には伝送周波数特性はメガヘルツ帯域までを必要とする。とすれば、デジタル回路はレスポンスの高いハイスピードな電源供給を必要とするのでは? さあ、ここで上述の MEXCEL シリーズの解説で思い出して頂きたいのが次のポイントである。

最大の特長は、現在市場で得られるオーディオケーブルの周波数特性の高域伝送限界がほぼ 1GHz 程度であるのに対し 7N-DA6100、7N-DA6000 にいたっては一挙に 18GHz までフラットという超ワイド化を達成したことです。交流導体抵抗値の変化が極めて少なく、他の MEXCEL シリーズも可聴周波数帯域から高域限界周波数まですべての領域においてほぼフラットレスポンスという驚異的なケーブルとなっています。

アナログとデジタルの両方で使用できる画期的なケーブルとしてMEXCELシリーズを紹介しているが、電源ケーブルで同様なMEXCEL仕様を施したらどうなるのか!? そうだ!!このワイドレンジ&ハイスピードという特徴がデジタルコンポーネントに対する電源供給という役割に前例のない可能性を拓き、それらデジタル機器が暗黙のうちにACケーブルに求める要素を 7N-PC9100 は音質変化ということで私の仮説を証明してくれたのではないだろうか!!
この発見は大きい!!

各種アイソレーターなど電源関連製品との共存でも一層素晴らしいパフォーマンスを示し、使用本数が増えるほどに未体験の音質を当然のように提示してくる。電源ケーブルという分野で前例がないということがどのようなことか、今回の随筆でご理解頂ければ幸いである。

エピローグ

このフルサイズの随筆をほぼ一晩で仕上げたのは今回が初めてだ。それは今後 7N-PC9100 を私が十二分に試聴していくには相当な時間が必要であるが、**400 本限定生産**という商品の背景からユーザーへのプロモーションを早急に始めたいという葛藤もあった。この随筆は 7N-PC9100 の解説で幕を閉じるはずだったが、7N-PC9100 の導入によって新たな幕開きが皆様に訪れることを予言して締めくくらせて頂くことにする。

ご精読ありがとうございました。

〔完〕

2006 年 9 月吉日　Dynamic audio 5555 店長　川又利明