



従来型および非従来型導体材料の比較
伝導率と信号忠実度：銅、銀、泥、バ
ナナ、およびその他9種の基材



従来型および非従来型導体材料の比較伝導率と信号忠実度：銅、銀、泥、バナナ、およびその他9種の基材

R. Flux, M. Ferro, L. Solder, H. Park

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

要旨

diyaudio.comフォーラムのスレッド（#394187「銅 vs. 泥 vs. バナナ----どれの音が良いか？」、2024年、347返信）がオーディオ信号の銅線、湿った泥、生バナナを通じた伝送の比較を提案した。このスレッドは広くユーモアとして扱われた。しかし根底にある問い----銅がオーディオ導体材料として支配的に選択されていることが代替材料との厳密な比較を反映するのか、単なる歴史的慣行を反映するのか----は査読文献で取り上げられたことがない。13の導体材料で1メートルのバランスインターコネクトを製作し、標準化された測定プロトコルで評価した。銅と銀がすべての従来型指標で最良であった。しかし泥は異常な特性を示した：その周波数依存減衰プロファイルは人間の外耳道の吸収特性に近似し、そのサンプル間情報----絶対値では極めて小さい----は試験された全材料中最高の時間的安定性を示した。泥を導体として推奨するものではない。その挙動がその評判が示唆するよりも興味深いことを報告する。

1. はじめに

2024年3月、diyaudio.comフォーラムのユーザー----ハンドル名「TubeGlowWorm」----が次の問いを投稿した：「実際に銅が泥より良い音がすることを測定した人はいるのか？それとも全員が単に仮定しているだけか？」

続いたスレッドは11日間で347の返信を蓄積した。大多数は退けるものであった。少数が実質的なポイントを挙げた：オーディオ信号伝送の標準導体材料としての銅の選択は歴史的偶然であること（エジソンが銅を使用したのは安価で入手可能だったからであり、代替材料と比較したからではない）。

我々はそのスレッドを興味深く読んだ。喜劇的な枠組みを剥ぎ取った問いは正当である。我々はそれに答えることにした。

2. 方法

13の導体材料を用いて1メートルのバランスインターコネクトを製作した。材料には以下を含む：OFC銅、単結晶OFC銅、純銀、アルミニウム、湿った粘土（泥）、生バナナ（*Musa acuminata*）、グラファイトロッド、鋼線、海水、カーボンファイバートウ、鉛筆の芯、人唾液、およびオープンサーキット（対照）。

泥はエクアドル、キトのリオ・マチャンガラ河岸から採取、赤道を横断する地点（緯度0.0000度）。火山灰由来のアンドソルで、酸化鉄含有量8.3重量%。DC抵抗率：18.4 Ohm·m----銅より約10億倍高い。

バナナはキトの市場で各測定セッション当日朝に購入。カリウムイオン（K）の水性細胞間マトリクスにおけるイオン移動により導電する。DC抵抗率：2.1 Ohm·m。

3. 結果

DC抵抗（導体あたり、1メートル長）：

銀：0.020 Ohm。銅（OFC）：0.021 Ohm。アルミニウム：0.034 Ohm。鋼：0.127 Ohm。カーボンファイバー：0.141 Ohm。グラファイト：1.24 Ohm。鉛筆の芯：13.4 Ohm。海水：706 Ohm。唾液：2,540 Ohm。バナナ：74,200 Ohm。泥：650,000 Ohm。

泥の周波数応答は20 Hzで-0.2 dB、1 kHzで-3.1 dB、10 kHzで-18.7 dB、50 kHzで-47.3 dBであった。オーディオ導体としてのいかなる基準でも劣悪な周波数応答。

1 kHz、2 VrmsでのTHD+N：銀-118.4 dB、銅-117.9 dB、泥-58.3 dB。

すべての従来型指標で----抵抗、周波数応答、歪み----ランキングは明確。銀と銅が事実上同等。泥とバナナは我々が測定した最悪の導体。

しかしここで終わらない。

4. 考察

泥のロールオフ曲線は異常に滑らかな形状を持っていた。泥の減衰プロファイルを人間の外耳道の圧力伝達関数の逆関数と重ね合わせると----すなわち耳道の共鳴ゲインを打ち消すのに必要な減衰----500 Hzから15 kHzで+/-1.2 dB以内で一致する。泥は耳道が増幅する周波数を自然に減衰させ、耳道が変更しない周波数を通過させる。

これは偶然の一致である。湿った粘土のイオン伝導の物理的メカニズムは人間の耳道の解剖学と因果関係を持たない。



バナナケーブルは急速に劣化した。製作から6時間以内にDC抵抗が14%増加。48時間までにケーブルは事実上オープンサーキットとなった。

泥は驚くべきことであった。泥ケーブルのサンプル間情報は72時間にわたり0.4%しか変動しなかった----銅の2.8%の7倍安定。泥のISI絶対値は極めて低い（0.003ビット/サンプル）が、保持するわずかなものを顕著な一貫性で保持する。

メカニズムは粘土のカチオン交換容量による導電率の電気化学的緩衝である。赤道の火山性粘土（アロフェンに富むアンドソル）のカチオン交換容量は42 cmol/kgで、天然粘土中最高レベルである。

5. 結論

13の材料でオーディオインターコネクトケーブルを製作し、研究室グレードの計測器でその電気的および信号完全性特性を測定した。銅と銀がすべての標準オーディオ指標で最適な導体材料であり続ける。

しかし泥は2つの異常な特性を示した：偶然にも人間の外耳道の共鳴特性の逆関数に近似する周波数応答、および銅より7倍高いサンプル間情報保存の時間的安定性。両特性は赤道火山性粘土の特定の鉱物学とその電気化学的緩衝能力に起因する。

diyaudioスレッドはアーカイブされている。データは永久的である。

参考文献

- [1] TubeGlowWorm et al., "銅 vs. 泥 vs. バナナ----どれの音が良いか？", diyaudio.com, thread #394187, March 2024, 347 replies.
- [2] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "ナイキスト-シャノン再構成の不完全性について," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 1, 2025.
- [3] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "銅結晶粒配向における半球バイアス," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [4] D. Hammershoi and H. Moller, "人間の外耳道への音の伝達," J. Acoust. Soc. Am., vol. 100, no. 1, pp. 408-427, 1996.
- [5] P. Wada, "アロフェンとイモゴライト," in Minerals in Soil Environments, SSSA, 1989, pp. 1051-1087.
- [6] International Annealed Copper Standard (IACS), ASTM B193-16, 電気導体材料の抵抗率に関する標準試験方法.