

## チョークコイル・リアクトルなどのコイル・コアからの音の発生について

2010/12/6

マグネケミカルテクノ

大久保

トランスやリアクトル，チョークコイルなどからよく音が発生することがあります。  
この音の発生源は，磁性材料の磁歪現象です。

磁歪（じわい）とは，強磁性体の磁化の強さを変化させると，磁性体にひずみ（歪，形状変化）が現れる現象のことです。

この現象は 1842 年に ジェームズ・プレスコット・ジュールにより，ニッケルで現れることが発見されました。

軟質磁性材料の丸棒にコイルを巻いて，これに交流電流を流すと，この丸棒は電流の大きさに比例してわずかに伸びたり縮んだりします。

**これが磁歪現象です。**

この伸び縮みが，空気に振動を与え私たちの耳に聞こえるのです。昔はよく道路わきの電柱に載っている柱上トランスからジーっという音が聞こえたものです。これも磁歪音です。

流れる電流の周波数が低いと低い音が出て，周波数が高くなると高音のキーンと言う音に変わってきます。

20 KHz 以上になると，人間の可聴周波数を超えるので聞こえなくなります。また商用周波数近傍では低音になって聞こえづらくなります。電流が大きくなり，磁性材料が励磁され磁束密度が上がってくると磁歪も大きくなるので，音も大きくなります。

多くの磁性体では，磁歪の大きさは非常に小さく，Fe（鉄），Co（コバルト），Ni（ニッケル）などの強磁性体では，歪 $\Delta L/L$ はわずかで， $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 程度です。

しかし，最近では，Fe と希土類元素（Tb，Dy 等）を混ぜ合わせた材料が 0.1 % 程度の磁歪量を示すことが発見され，巨大磁歪材料として実用化されています。

磁歪材料は振動子として魚群探知機や超音波発生器などに用いられています。また，電気信号が電磁石などを通じ磁場に変換されることで，磁歪を外部から非接触制御することも可能であり，機械やロボットの駆動部にも応用が期待されています。

なぜ磁場印加によって磁性体は歪むのでしょうか。一般の金属中では，原子核（+）の周りを電子（-）が円運動し，電氣的な力を作用させ結晶を形成しています。強磁性体中では，電子の自転（スピン）により磁場が発生しており，円軌道運動によって生じる磁場と作用して原子サイズで NS 極を持つ微小磁

石を形成しています。このため電子の円運動の軌道はスピンを反映して変化します。電子と原子核の間では電気的な力が作用しているため、軌道の変化は原子核の位置変化を生じ、微小な歪みが発生します。磁場印加により原子サイズの微小磁石のNS極が揃うため歪みも結晶全体で同方向に揃い形状が変化します。

詳しくは、裳華房発行の近角聡信著、“強磁性体の物理”を読んでみてください。こちらの方が分かりやすいと思います。

一方、磁歪の逆の効果、すなわち、磁性体に歪みを与えることで磁性体の磁場に対する応答が変化する現象はビラリ効果と呼ばれ、応力センサなどに応用されています。最近の身近な例としては、この効果を利用した電動アシスト自転車の踏力センサが挙げられます。上で述べた磁歪現象は長さの変化ですが、体積が顕著に変化する磁歪現象もあります。また、最近では、磁性を持つ形状記憶合金において、双晶磁歪と呼ばれる磁歪現象が発見されました。この磁歪の大きさは数%にも及び、新規の磁歪現象として注目されています。

(ウィキペディア，東北大学大学院工学研究科・工学部 マテリアル・開発系のWebページ 9P.磁歪ってなに？から一部引用させて頂きました。)

さて、実際の製品では、音がするもの、ほとんどしないものと色々とばらつくことがあります。

その原因は何でしょうか？

実際のトランスや、リアクトル、チョークコイルなどは完全な環状コアではなくて、磁路の一部にGAPが設けられています。そのGAP部には、非磁性のプラスチックなどのGAP材が入れられ、接着されています。しかし、その接着が不完全だと次のような事象により、音が発生します。

この事象の詳細な説明は、株式会社 JSOL エンジニアリング本部殿開発のJMAG アプリケーションカタログに、磁界解析による実際のリアクトルでの音の発生事例として記載されています。そこには、電磁力のもつ基本周波数(20kHz)付近における固有モードが図に示されています。スペーサが剥がれたことにより変形の左右対称性が崩れ、剥がれているスペーサ付近が変形しやすくなっています。電磁力分布はギャップ部に集中しているため、スペーサの剥がれによる振動および音圧の増加が予想されます。詳しくは下記ホームページをご覧ください。

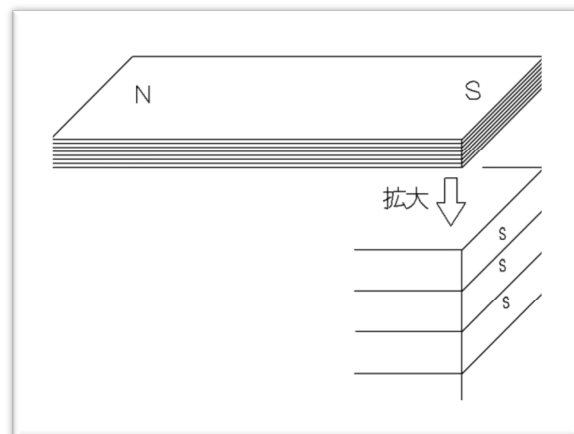
[http://www.jmag-international.com/jp/catalog/4\\_Reactor\\_SoundPressure.html](http://www.jmag-international.com/jp/catalog/4_Reactor_SoundPressure.html)

それから、高周波で使われるこうした磁性材料は、金属の場合薄板であることがほとんどです。もしくは、金属粉を圧縮成型して作られた、いわゆるダストコアがほとんどです。薄板の厚みは、アモルファスの場合約0.025mm前後、JFEスチール株式会社のスーパーEコアの場合は0.1mm、方向性ケイ素鋼板の場合は0.23mm、無方向性ケイ素鋼板の場合は0.35、0.5mm程度です。

下記に薄板コアを積層した、いわゆるブロックコアと呼ばれるコアの図を示します。このブロックコアにコイルを巻いて交流電流を流すと、ブロックコアの両端にはそれぞれN、Sの磁極が発生します。ブロック全体の両端はそれぞれN、Sの磁極が出ますが、ブロックの端のS極だけを拡大してみると、薄板のそれぞれの板の端にS極が発生することが分かります。このそれぞれのS極は各々反発します。もし、薄板同士の接着が完全でなかったとしたら、この反発力で板はパタパタと動いてしまいます。ここからも音が発生することになります。

薄板同士の接着、ブロックとブロックの間のGAP材の接着がバラツクと音のばらつきの原因となります。

それから、こうして発生した振動でコイルが共振して音がさらに大きくなることも考えられます。よくEIコアなどのトランスがワニス含浸してあるのは、絶縁強化、錆の発生防止のためですが、その他に共振による振動を止める効果も考えられます。



その他GAP部近傍の漏れ磁束が大きい部分にコイルがあると、電磁力を受けるので線が細いと振動音が発生することも考えられます。

音の発生原因をまとめると次のようになります。

1. 原因は磁歪現象。
2. ブロックコアなどの場合には、コアとGAP材の接着不具合。
3. コアが薄板の場合には、板同士の接着不具合。
4. コイルの共振。

対策

1. 磁歪現象から来る音を止めることは困難です。磁歪定数の小さい磁性材料を使うことを検討してみてください。
2. 接着があまくて音が出るようであれば、硬化した時に固くなるエポキシ樹脂系の接着剤で、強化補強してみてください。
3. 薄板同士の剥れがありそうな時は、ワニス含浸などをして補強してみてください。
4. 接着、ワニスなどの補強をする時は、その作業が他に影響を及ぼさないことを確認してから実施してください。特に耐熱性や、ヒートサイクルなどへの対応を念頭に置いてみてください。

以上