

## 10. メディア技術（製造工程）

コンピューターのテープストレージは 70 年ほど前に登場して以来、テープメディアの基本的な構造は変わっていない。その基本構造はテープの土台であるベースフィルムと、バインダー（接着剤）などに磁性粉を混ぜた磁性層からなっている。だが今や、テープメディアは人間の髪の毛の 10 分の 1 という薄さの磁気テープ上に、かつてのオープンリール 4.8MB に対し LTO-10（40TB）で 833 万倍（非圧縮時）ものデータを保存できるまでに劇的に進化を遂げている。ここではテープがどのような工程で製造されているのか、その製造工程と、そこに投入されているさまざまな技術についても紹介する。

### 10.1. 磁気テープの構造と素材

データ量の増加に伴い、特にアーカイブに使用されるテープメディアには大容量化に対するニーズが非常に高まっている。こうしたニーズに応えるためには単位体積当たりの磁性体充填量を増やし、記録密度を高める必要がある。

現在、テープメディアのベースフィルムには、PET（ポリエチレンテレフタレート）、PEN（ポリエチレンナフタレート）、アラミドのいずれかの素材が使われている。PET と PEN はポリエステル系、アラミドはナイロンと同じポリアミド系の素材である。なお、PET は 1950 年代に製造されたテープメディアでも使用されていた素材である。また、テープの厚さの 70～80% はベースフィルムの厚さが占めているほどで、まさに土台となる存在である。

基本的にテープの構造は、このベースフィルム上にデータを記録する磁性層とで構成されるが、さらに巻き乱れの防止や良好な走行耐久性を保つと共に、帯電防止や搬送性のためにバックコート層が加えられている。

最新のテープメディア製品のテープ厚さは凡そ  $4\mu\text{m}$ 、テープ幅は  $12.65\text{mm}$  である。LTO Ultrium（以下：LTO）10(40TB)では、この幅に、15,104 本のデータトラックがあり、そのトラック幅は、わずか数  $\mu\text{m}$  程度である。また、ヘッドが追従するためのサーボ信号も記録されている。

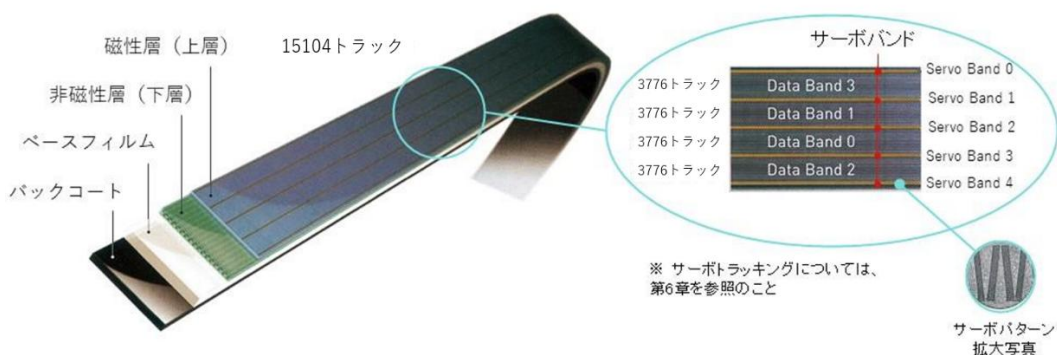


図1. 磁気テープの構造と素材

データを記録、保持している磁性体について、もう少し詳しく説明していきたい。

LTO-7からはバリウムフェライト(Barium Ferrite: BaFe)が採用された。この BaFe 磁性体の大きさは、これまでのメタル磁性体と比較して小さいため、テープの高密度化、高容量化に適している素材といえる。

また、BaFe 磁性体は酸化物で化学的にも安定しているため、さらに長期保管に対しても優れた適性を示している。

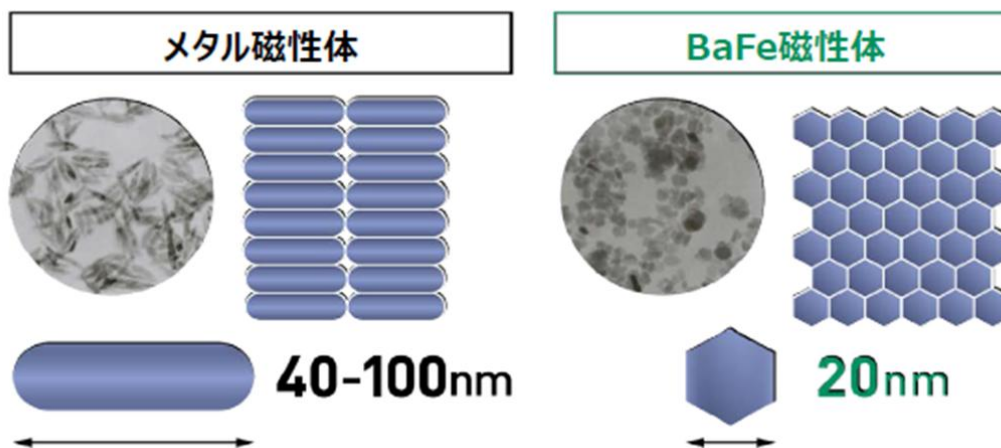


図2. 磁性体

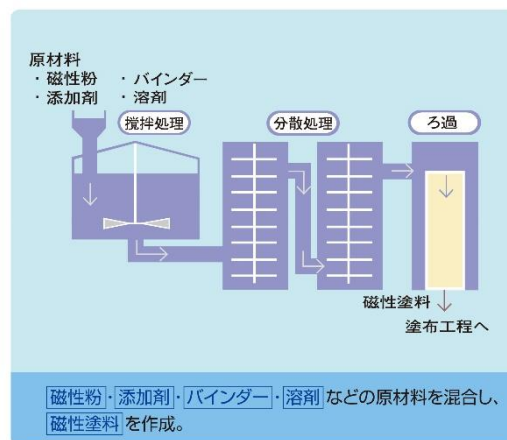
さらに、将来の高密度化に向けた次世代磁性体として、ストロンチウムフェライト (Strontium Ferrite : SrFe) 磁性体が研究・実証されている。SrFe 磁性体は、BaFe 磁性体よりもさらに微粒子化しても高い磁気特性を維持できることから、将来技術として有望な磁性体である。

以下、磁気テープ製造工程を、順を追って説明する。

## 10.2. 混合工程

磁性層をベースフィルム上に形成する方法としては、磁性粉を接着・粘着性のある物質と混ぜ合わせてベースフィルムに塗布する方法と、磁性金属を気化、昇華などをさせてベースフィルムに付着させる方法の2種類がある。磁性金属を気化、昇華させる方法として、真空容器内で材料を蒸発させる真空蒸着（電子ビーム加熱、抵抗加熱）のほか、イオンプレーティングやハードディスクで用いられているスパッタなどがある。

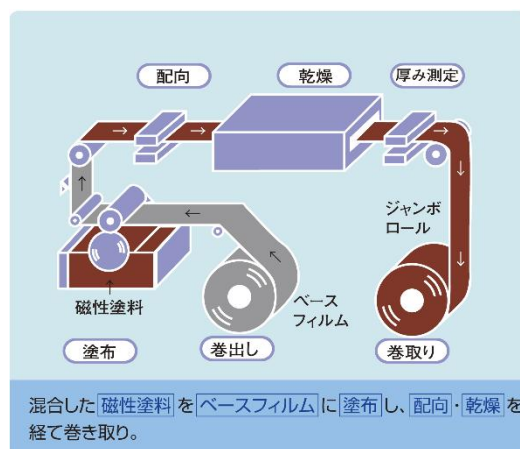
このうち磁性粉をベースフィルムに塗布する方法の場合には、まず、磁性粉をバインダー、添加剤、溶剤といった接着・粘着性のある物質と混合し、混練・分散させて磁性塗料を作る必要がある。なお、磁性粉には酸化鉄、酸化クロム、コバルト、メタル粒子、バリウムフェライトなどが使用されている。



### 10.3. 塗布工程

ここでは、混合工程で作成した磁性塗料をベースフィルムに塗布する。そして、乾燥工程に進むが、乾燥させる前に塗布した磁性塗料の磁性体の向きを揃える配向を行う場合もある。

なお、テープの記録密度が高くなるにつれ、磁性体の改良や製造工程の改良も進み、磁性層の厚みもどんどん薄くなってきている。最近の塗布によるテープでは、磁性体を含まない下層と磁性体を含んだ上層の 2 層構造となっている。

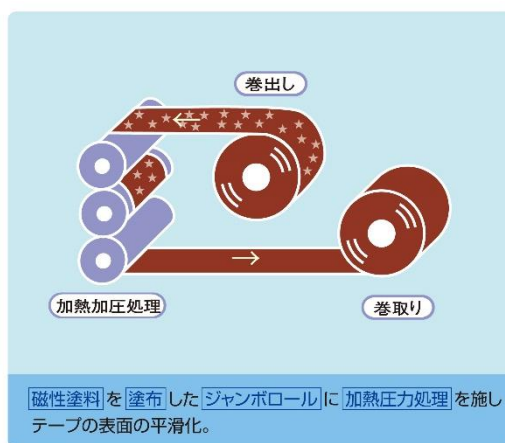


### 10.4. カレンダー工程

磁性塗料をただベースフィルムに塗るだけでは高密度記録が可能な磁性層は形成できない。そこで、磁性塗料が塗布されたベースフィルムのロール（ジャンボロール）に、加圧加熱処理を行って、表面を滑らかにする加工（鏡面加工）を行う。この一連の工程に使用する装置をカレンダーマシンという。

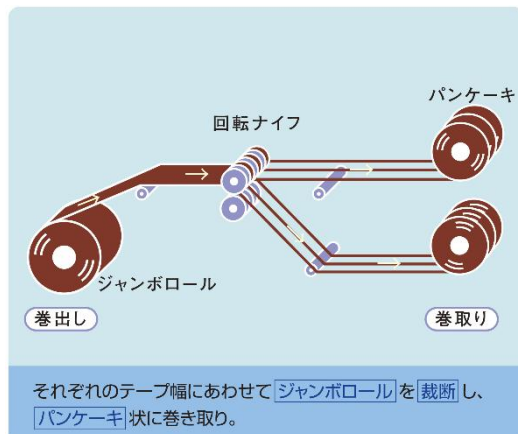
テープの高密度記録を実現するキーとなるのが塗膜厚である。磁性層の塗膜厚が厚いと、重なった磁性体の磁気エネルギーが互いに干渉する自己減磁によって、シャープな信号が得られなくなってしまう。現在のテープの表面の凹凸はわずか数 10nm とごく僅か。これを鹿児島ー札幌間 1600km の道路に例えると、わずか数 10 $\mu$ m の粗さで塗装することになる。そのため、テープメーカー各社にとって、薄膜塗布は磁性体と並んで技術の要となっている。

なお、塗布と比較して、磁性金属を気化・昇華させてベースフィルムに付着させる蒸着法は、表面平滑性において優位とされている。



## 10.5. 裁断工程

ここではジャンボロールから規格に定められたテープ幅に合わせて裁断（スリット）する。その裁断した磁気テープが巻き取られたものを「パンケーキ」という。LTO-9 ではテープの長さは 1km を超えるが、サブミクロン単位の精度が要求される記録・再生では、ほんのわずかなテープ走行の蛇行でもエラーが生じてしまう。この可能性を可能な限り低減するため、裁断にも高度な技術が投入されている。最近のテープスリットの精度はテープ全長に対してわずかに数  $\mu\text{m}$ 。これを鹿児島ー札幌間 1600km の直線道路に例えると、わずかに数 cm のブレで一直線に裁断するという作業に相当する。

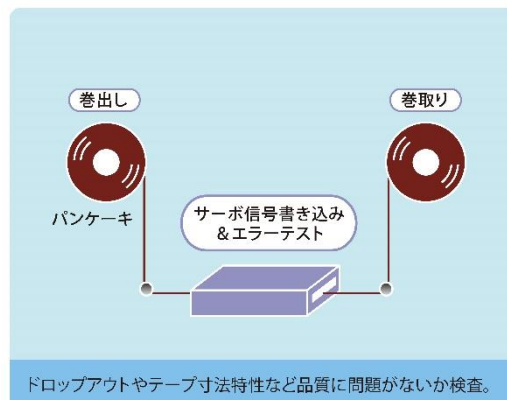


## 10.6. サーボライティング

LTO テープの製造においては、ヘッドがテープの所定の位置に所定の精度で追従していることを確認するために不可欠なサーボ信号を書き込まなければならない。そして、サーボ信号が適正に記録されているか否かのベリファイ（確認）を行う必要がある。

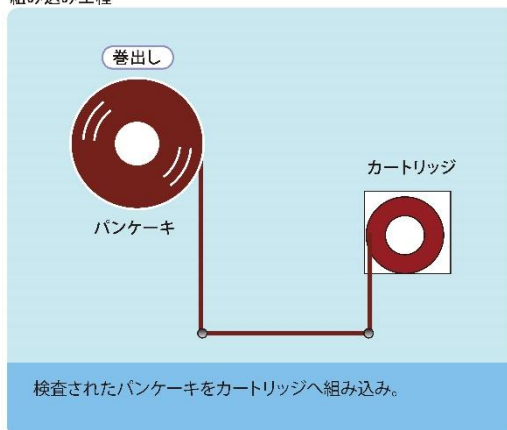
### 10.7. パンケーキ検査／組み込み／完成品検査／出荷工程

ここでは製造したパンケーキにドロップアウト(記録欠陥)やサーボ信号の書き込みエラーなどの問題がないかの検査を行う。



組み込み工程

そして検査をクリアしたテープが巻き取られて、カートリッジへの組み込みが行われる。



製品出荷

さらに、この後も完成品の検査を実施した後に、製品として出荷されるという工程を辿る。

