

日本語版

USER'S GUIDE

FOR

**A-D
STRIPS**

FILM BASE DETERIORATION MONITORS

*Awarded a Certificate of Technical Achievement in 1998 by the
Academy of Motion Picture Arts and Sciences*

**The Safe and Accurate Way to Check
Film for Vinegar Syndrome**

IPI A-D Strips 日本総販売代理店



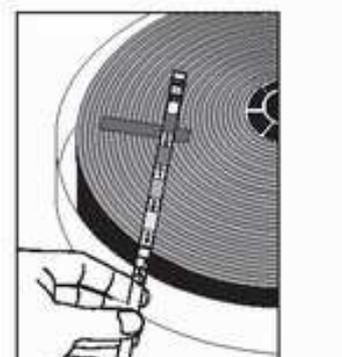
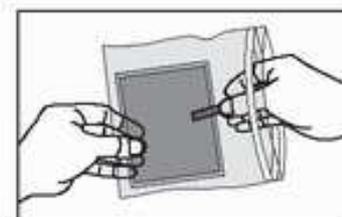
(株)国際マイクロ写真工業社

〒162-0833 東京都新宿区タンス町 4-3 s@kmsym.com

TEL : 03-3260-5931 (代) FAX : 03-3269-4387

基本的な使用方法

1. フィルムが入っている缶・箱・袋、または引き出しをあけ、フィルムの上にA-D Strips をのせてふたを閉めます。
2. 測定する場所の温度に応じた時間で測定します。(6 ページの表 1 を参照)
3. 一定時間後 A-D Strips を取り出し、すぐに添付の鉛筆のカラーチャートと比較します。ストリップを直接カラーチャートにあて、適切な判定をしてください。
4. カラーチャートの最も近い色の数字を記録します
5. 一度使用した A-D Strips は廃棄して下さい。



注意：使用しない A-D Strips は袋に密閉し、暗いところに保管してください。

解説

ロール・シートフィルム（アセテートベース）対象

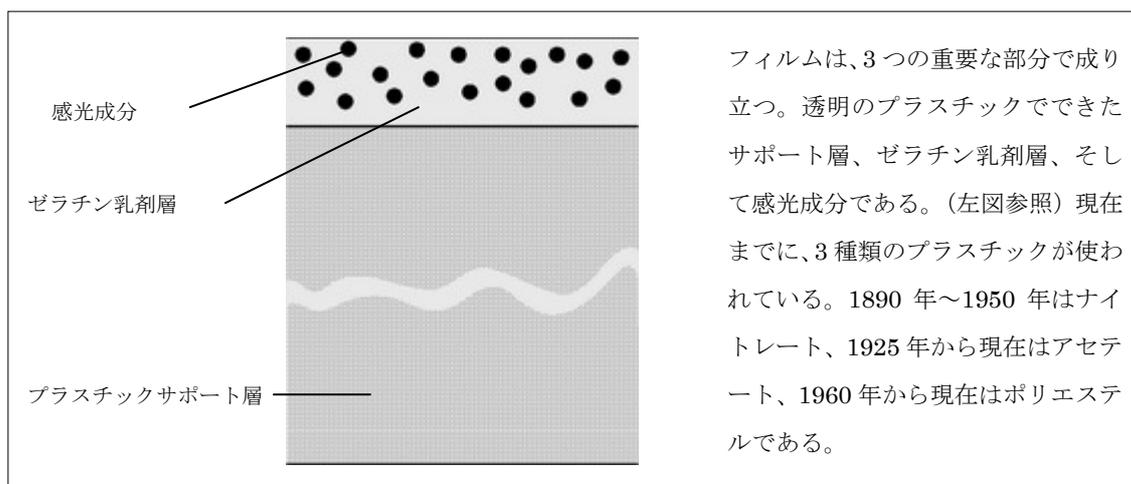
Label	フィルムの状態	奨励される対処
0	良好	劣化なし 低温/冷温保存
1	良好から可の段階	劣化が開始 冷温保管 点検頻度を増やす
1.5	急速劣化が開始	自触媒作用点 冷温保管または冷凍
2	脆弱	劣化が活発に進行中 冷凍 複製化を推奨
3	危機的	縮小、ゆがみ現象が顕著。 取り扱いが有害の可能性 すぐに冷凍 複製化

アセテート（酢酸）・フィルムの劣化 — ビネガーシンドローム

セルロース・アセテート・フィルムは、ビネガーシンドロームと呼ばれるゆっくりとした化学的劣化を起しやすい。この劣化の過程で、フィルムは酸性化して、縮み、そして酢酸によるすっぱい臭いを発する。化学的反応は、熱、湿気、劣化フィルムより発生する酸性化ガスによって影響を受け、フィルムの支持体の中に酸を発生させる。支持体で発生した酸はゼラチン層や空気中へと広がりすっぱい臭いを放つ。A-D Strips はこのような現象に基づいて機能する。

ナイトレート（硝酸セルロース）フィルムとアセテート（酢酸）フィルムの両方とも化学的分解を起しやすいのだが、A-D Strips はアセテート・フィルムの検査に適するように作られている。ナイトレート・フィルムで使用する場合は、6 ページに記載された注意が必要である。ポリエステルは、ナイトレートやアセテートと比べると化学的に安定している。したがって、A-D Strips はポリエステル・フィルムの保存状態を知る目的では、有用な情報を提供できない。

IPI、コダック、英国のマンチェスター・メトロポリタン大学の研究により、フィルム支持体の劣化に関する理解が深まった。



A-D Strips とは何か？

A-D Strips は酸に反応する指示薬であり、酸の量に応じて青から緑を経て黄色へと変化する。（名前の A-D は「酸-検出」という英語の頭文字である）フィルム周辺の空気中にどれだけの酸があるか、ということから間接的にフィルムの劣化状態を測定するものである。ストリップを空気にさらしたあと添付されている鉛筆に印刷された判定カラーチャートの色と比べる。この判定の結果、これまでの保存状態で十分なのかどうか分かり、劣化している場合、その度合いに応じて複製する順番などを決めるための情報になる。

A-D Strips が開発されたのは、フィルムの保存に寄与するためである。対象フィルムは、

シートフィルム、ロールフィルム、映画フィルム、マイクロフィルムなどである。A-D Stripsを使うことによって、ビネガーシンドロームの進行度合いを、非破壊的方法で知ることができる。アセテート・フィルム向けに開発されたが、劣化の過程で酸を発生するものへ応用することも可能である。例えば、ボール紙、接着テープ、繊維、木製品、その他博物館や美術館などで一般的に使われている素材など。ただし、添付の判定用カラーチャートは、アセテート・フィルムに最適化されているので、その他の素材の場合は、このチャートでは正確な情報を提供できない。

A-D Strips とフィルム保存

A-D Strips は、ビネガーシンドロームに対する診断ツールである。個々のフィルムでどれだけ劣化が進んでいるか、のおおよその状況を把握することができ、所蔵フィルム全体の状態をおおまかに把握するための調査・ツールとしても使うことができる。統計学のサンプリング技術を使い、少数のテストを実施することで、全体の状況を把握することができる。もちろん、全てのフィルムを検査し、そのデータをコンピュータで管理することで、保存状態や複製の必要性などの正確な情報が手に入るが、それは実用的とは言えない。最初から全てを検査するのではなく、なんらかの理由で利用したフィルムに、A-D Strips を入れていき、次の利用時にストリップの色の状態をチェックしていく、というのも一つの方法であり、変化の履歴の記録になるだろう。

正しい保管が必要である

A-D Strips のような診断ツールは、ビネガーシンドローム問題に対する対処の一部でしかない。アセテート・フィルムの保存における一番重要な点は、正しい保管をすることである。アセテート・フィルムもナイトレート・フィルムも、タイプやブランドに関係なく、全てのフィルムが劣化する傾向にある。温度、相対湿度に応じてスピードは違えど、劣化は日々進行する。

単純な話として、室温および適度な相対湿度で保管すると、フィルムは約 50 年くらい経ったころより、深刻な劣化を開始する。より高温、より高い湿度は、その劣化までの期間を縮める。逆に涼しく乾燥した環境では、その期間を延ばすことができる。現像したばかりのフィルムを弱冷温（摂氏 21 度以下）か冷温（摂氏 10 度以下）で、相対湿度 20～50%で保管すれば、数百年は保存できる。劣悪な状態で保管されたフィルムは、数十年で劣化を開始することもある。カラーフィルムの場合、冷温で保存しておくことには、2つの利点がある。ひとつは、上記にあるようにフィルムベースの劣化が抑えられることと、もうひとつは、退色を最小限に抑える効果も期待できる。フィルムの保管条件については、ISO18911:2000を参照。

概して、ビネガー・シンドローム問題に対処するためには、劣化の過程を良く理解し、正しい保管環境を整えて、A-D Strips を使ってフィルムをモニターすることが必要である。

A-D Strips を使う

保管と取扱い

外袋を開封しない状態で、A-D Strips は 1 年以上もつ。

開封後は封のできるポリエチレンの袋に入れ、使わないときは半透明の外袋に入れて保管する。A-D Strips は光に反応する。部屋の明かりに数日さらすと色あせする。ストリップは、ブロモクレゾールグリーン(BCG)とナトリウム塩を含んでいる。BCG は有害ではないが、水ないしアルコールに溶けるためストリップがぬれると薬品が流れてしまう。

使用条件と反応時間

正しい測定をするために必要な時間は、フィルムの酸性レベル・温度・相対湿度によって変化する。室温かつ適度な相対湿度の状態では酸性度の高いフィルムを測定すると、ストリップは数分で変色する。フィルムの酸性度が低い場合測定時間は長くかかる。しかし、通常 24 時間くらいで色の変化は完了する。

低い温度ないし乾燥した環境では反応時間が遅くなる。A-D Strips を氷点下の環境で使用することもできるが、その場合、色変化をチェックするまでの時間を長くとる必要がある。表 1 は、環境に応じた推奨測定時間を示している。(もちろん、テストの目的は早く行うことではなく正確に行うことである) 特定の保管庫環境下でどのくらいの時間が必要であるかを知るために、何回かテストすることを勧める。いくつかのフィルムを使い、室温と保管庫環境で同じ結果を得るために、どのくらいの時間が必要であったか、を記録しておく。その結果を特定の保管庫環境での最低テスト時間とすることができる。



図 1 缶の中のフィルムをテストする場合、ストリップをフィルムの上に置き、缶を閉じる

フィルム劣化に伴う健康への被害

劣化のひどく進んだアセテートフィルムやナイトレートフィルムは、健康に害を及ぼす可能性がある。酢酸やその他の酸性物質は、やけど、肌や粘膜のかゆみなどの症状を引き起こす。劣化したフィルムを扱う場合は、保護手袋をして、十分な換気を行うことを強く勧める。A-D Strips を使用することで、フィルムを嗅ぐことによる健康被害リスクを避けるとともに、劣化状態を知る客観的な基準を与えてくれる。

長く放置するとどうなるか？

室温でストリップを数週間放置する程度であればテスト結果に違いはない。しかし包装材料の中でフィルムと共に数ヶ月放置された場合、色変化が起きてフィルムの状態を正しく表示しない場合がある。

A-D Strips のナイトレート・フィルム適用は勧めない

ナイトレート・フィルムは劣化の過程で揮発性の窒素酸化物が発生する。この窒素酸化物はそれ自体「酸」ではないが、酸素や水と反応することで「酸」となる。そのような事情により、A-D Strips のナイトレート・フィルムに対する反応はアセテート・フィルムに対する反応よりも遅くなる。また、A-D Strips の色変化も一様ではなくなることもある。A-D Strips が色変化を起した場合はそのナイトレート・フィルムは劣化していると言えるが、色変化をしなかった場合にそのフィルムが劣化していないと言い切ることができない。IPI での研究が進むまでの間、アセテート・フィルムだけに適用することを勧める。

ロール・フィルムの場合の使い方

A-D Strips による測定は、いつでも（余分な空気の入っていない）閉じられたスペースの中に置いて行う。ロール状の映画フィルムやマイクロフィルムは、（通気孔があるものでも、ないものでも）缶、箱、プラスチック袋などの中に収納した状態でテストすることができる。図 1 のように、フィルム・ロールの上に A-D Strips を置く。（リールの上に置くことも可能だが、色が早く変化するよう直接フィルムに触れるように置くほうが好ましい）フィルムの下に置くことは避け、必ず包材の中の空気に触れるようにする。缶、箱、袋を閉じ、表 1 にある推奨時間に従って待つ。

温度	最低テスト時間
室温	24 時間
13 度以下	1-2 週間
5 度以下	3 週間
2 度以下	4 週間
-4 度以下	6 週間

表 1 相対湿度 30-50%の環境での、温度と最低テスト時間の関係

推奨テスト時間が守られるなら、フィルムは保管場所に置いたままテストすることができる。テストのためにわざわざ別の場所へ移動させ、テスト後に元の場所に戻すという方法よりもはるかに便利である。とくに、調査を行うときは多くのフィルムをテストするので保管場所でテストする方が好ましい。

映画フィルムに適用する場合、フィルムベースがアセテートである限り、映像部分と磁気トラック部分の両方に対して使用できる。劣化の判定基準は映像部分と磁気トラック部分で同じである。

ロールの長さは関係するか？一般的に言ってフィルムの量（長さ）はテストの結果の正確さにほとんど影響しない。実験室でのテストでは、25 フィートのロールと 400 フィートのロールをそれぞれの適切な缶に入れた。48 時間の室温でのテストの結果は（16 倍の長さの違いがある）両者は同じ結果を示した。しかし、低温でのテストの場合、反応時間に影響する可能性がある。（フィルムの量が増えるとストリップの反応時間が早くなる）また極端なケースとして、とても大きな缶にとっても小さなフィルムを入れた場合（すなわち空気の量が多い場合）テスト結果が不正確となる可能性がある。大きな容器で保管されているフィルムをテストする場合は、プラスチックの袋などにフィルムとストリップを入れてテストするとよい。

シートフィルムやアマチュア向けロールフィルムなどをテストする場合、保管している入れ物からシートフィルムを取り出し、プラスチック袋に入れてフィルムの上にストリップを置く。袋を閉じ際、中の空気を全て押し出してしまうわずにストリップの周りに少し空気が残った状態にしておく。もしシートフィルムやロールフィルムがいつもスリーブに入った状態であるなら、そのスリーブの中にストリップを挿入することもできる。シートフィルムを 1 枚でテストする場合、同様のテスト環境（温度や湿度）で行っても、映画用ロールフィルムよりは時間がかかる。室温で行ってもシート 1 枚の場合、4 日は必要である。

・マイクロフィルムをテストする場合

16mm や 35mm のマイクロフィルムで、100 フィートのロール状のものをテストする場合、ボール紙の箱の中でテストすることも可能である。しかし、より正確に測定するために、フィルムを箱から取り出して、プラスチック袋に入れ、袋内でフィルム上にストリップを直接置くことが望ましい。カセットやカートリッジに入ったフィルムの場合、そのカセットやカートリッジのまま袋に入れて、テストすることが望ましい。

・ストレージ・キャビネットに入った状態でのテスト

図 2 や図 3 にあるように、キャビネットや箱に入った状態のまま A-D Strips を使ってテストすることもできる。ストリップを入れてテストをしている間は、キャビネットや箱を閉じておく必要がある。色変化のためのテスト時間はロールフィルムの条件と同じで、温度や湿度などの環境条件に応じて変わる。



図2 箱の中のフィルムをテストする場合、ストリップを箱の中に入れ、箱を閉じる

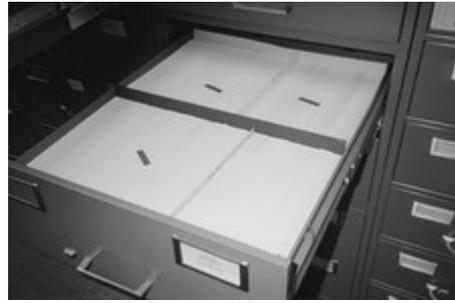


図3 キャビネットに入っている場合、ストリップをフィルムの上に置き、キャビネットを閉じる

・テストルームの条件

短期間のテストとして使う場合、A-D Strips は保管エリアの空気中の酸レベルについて、ラフな推計値を提供する。表2は、A-D Strips の示すレベルが、空気中にある酸の濃度(ppm)にどのように対応しているのかを示している。実験室でディフージョン・チューブ（ガス拡散管）とA-D Strips を同時に使いながら、異なる劣化状態のフィルムを入れた小袋内の空気中の酢酸濃度を測定しながら、この関係が明らかにされた。テストは摂氏0度から5度の範囲で行われた。値はおおよそその値であるが、A-D Strips のテスト結果と、空気中の酸レベルの間の直接的な関係を示している。

ADS レベル	酢酸濃度 (ppm)
1	1-2
1.5	3-5
2	6-8
2.5	18-20

表2 ADS レベルと空気中の酢酸濃度 (ppm)

色変化の評価と記録

ストリップをフィルムの上や横に置き、それを袋などの容器に入れ、適切な時間そのままにしておく。その後、判定用鉛筆に印刷されたカラーチャートと比較して、結果を読み取る。鉛筆上のカラーチャートは、クール・ホワイト色の蛍光灯で読み取るようにデザインされている。色の変化がまだ完了していない場合（例えば、ストリップ上での色変化が一様でないときなど）、ストリップをもう少し置いておく。

酸が存在しない場合、ストリップは青色のままである。酸が多くなるにつれて、ストリップは青色から緑色、緑色から黄色へと変化する。酸がかなり高いレベルあると、ストリップは明るい黄色になる。ベストな状態で色判定を行うために、鉛筆と隣あわせにしながら照合することが重要である。

色変化は、青色から黄色へ（無限）段階的に変化するので、鉛筆上の4つの色に正確に対応しない場合もしばしば起こる。テスト結果は次のようにして記録するのが良い。もし変化後の色が、4つの色のどれかとかなり似ているとき、その領域の値（番号）を記録する。もし2つの色の間である場合、両者の中間の値（番号）を記録する。例えば、レベル0の青色とも言えないがレベル1の緑色とも言えない場合、中間の0.5とする。このようにして、7つのレベルができる：0,0.5,1,1.5,2,2.5,3 これを記録の標準とすれば、統計学的処理を行うときに取扱いが簡単になる。

ストリップの色判定はすぐに行う。ストリップをテスト袋から取り出すとすぐに青色へ向かって戻り始める。わずかに数分で大きく変化する。あとで見直すためにストリップの色を残したい場合、透明のプラスチックのシート上に置きその上からプラスチックのテープで貼ってシートごと暗い場所で保管する。この方法でストリップの色は数ヶ月維持できる。

良い状態のアセテートフィルムは、通常、青と緑の間の色を示す。（判定チャートのレベル0とレベル1のあいだ）このレベルにあればほぼ元の状態のままであり、この先長い寿命を持つことになる。レベル1とレベル1.5の間で、緑を示している場合、少し劣化が始まっているがまだ深刻ではない。数年後にもっと詳しくテストしてみる必要がある。もし冷温で保管すれば長い寿命を持つ。

レベル1.5以上の場合、フィルムは深刻な劣化を始めている。レベル1.5は、遊離酸度0.5に該当する。このレベルは「自触媒作用点」として、IPIの「アセテートフィルムの保管ガイド」でフィルム寿命予想の基点となっている。このレベルにあるフィルムの多くは、使用しても全く差し支えない状態であるが、レベル1.5から3のフィルムは優先的に複製や隔離を行うようにする。同時に、フィルムの保管条件を改善する良いきっかけとすべきである。図4は、A-D Stripsの結果レベルと、フィルムの保存状態の直接的な関係を示す。「自触媒作用点」以降、曲線は急勾配となる。すなわち、このあと急激にフィルムの劣化が進むことを意味する。

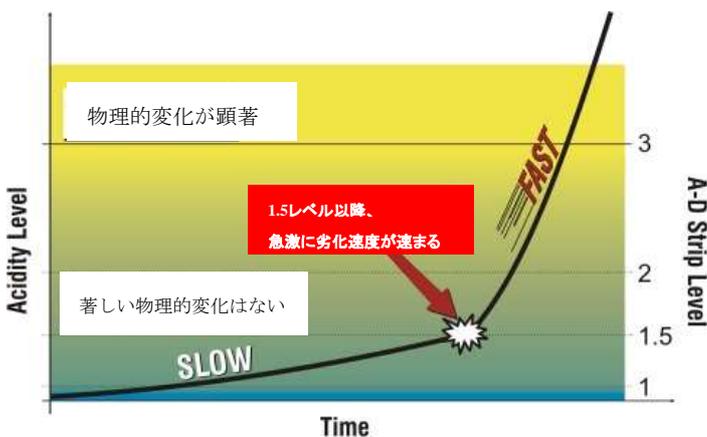


図4 ADS レベル、遊離酸度、劣化状態の相関

ストリップが黄色に変化したフィルムは、すでに相当臭いがするはずである。これらのフィルムは、優先順位をトップにして複製を行う。そうしないと、反ったり縮んだりして取り返しがつかなくなる。このような状態になったものは、取り扱いに十分注意しないと触れるだけでダメージを与えてしまうこともある。

実験室テストとの関係

A-D Strips の色レベルは、実験室でのテスト結果によって遊離酸度の値と関係付けられる。遊離酸度は、1 グラムのフィルムに存在する遊離酸を中和するために、どれだけの 0.1N 水酸化ナトリウムが必要かの単位で示してある。(表 3 参照) A-D Strips は準定量テストであり、表 3 に示すようなベンチマークに従った指標である。(注意) ただし、このベンチマークで示す値は、密閉されたスペースでテストされたアセテートフィルムに対応したものである。

ADS レベル	フィルムの遊離酸度
レベル 0	0-0.1
レベル 1	おおよそ 0.2
レベル 1.5	おおよそ 0.5
レベル 2	おおよそ 1
レベル 3	おおよそ 2 以上

表 3 ADS レベルとフィルム内の遊離酸度の関係

調査の技術 - データの統計学的取り扱い

ランダムに抽出したサンプルに対する結果を記録し、平均値、標準偏差、中央値を計算する。この統計的手法によりフィルムコレクションの全体または一部の状態をある程度把握できる。データが取得できたら、図 5 のような頻度ヒストグラムが作れる。この図は、フィルムコレクションのうち、サンプル抽出したものに関してビネガーシンドロームの分布を提示する。データの正確性を最大にするため、かならずフィルムのすぐ近くに置き、時間を正確に測定し、色判定を決められた方法で行うようにする。

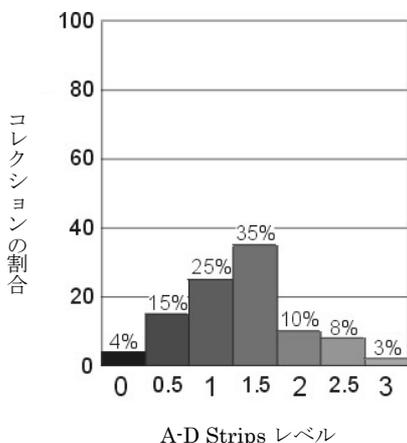


図 5 頻度ヒストグラムは、サンプリングテストの結果を示す (割合表示)

フィルムコレクションの状態をモニターする

アセテートベースのフィルム劣化は、継続的に起こる化学反応である。それゆえフィルムの状態は、定期的にチェックすべきである。どのくらいの頻度でチェックすべきかは、最初の調査の結果とフィルムの保存状態に依存する。表4は、チェックする頻度に関する一般的なガイドラインである。このガイドラインの前提は、すでに劣化が始まっていて、A-D Stripsによるテスト結果が1.5あたりを示しているものとなる。

テスト結果を受け、次のアクションは？

結果が出たら、その次のアクションが必要である。すでに説明したとおり、アセテート・フィルムの劣化を効果的に抑えるためには正しい条件で保管するしか方法はない。フィルムの状態によってその緊急度合いも変わる。一般的なアクションについてはこの冊子の冒頭、「基本的なインストラクション」で述べてある。それらのアクションを簡単にまとめると、

- ・ 保管条件を改善する。これが一番重要なアクションであり、冷温（摂氏10℃以下）で保管されると最も効果的である。
- ・ 複製を作る順番に優先順位をつける。劣化の進んだものから、先に複製していく。
- ・ 定期的にフィルム・コレクションの状態をチェックする。（表4参照）コレクションの状態を常にモニターしていることで、必要なときに受身でない措置ができる。

フィルム保管温度	再チェックまでの時間
ほぼ室温（21度）	最低2年ごと
弱冷温（21度未満）	最低5年ごと
冷温（5度～10度）	最低10年ごと
強冷温（5度未満）	最低25年ごと

表4 フィルムの保管温度による推奨テスト頻度

その他、注意すべきこと

酢酸は、揮発性が高い。だからこそA-D Stripsは機能する。しかし同時に、この高い揮発性により劣化したフィルムから発生したガスは、保存容器や他のフィルムによって吸収されやすい。例えば、かなり状態の悪いフィルムを入れていた紙の封筒や、ボール紙でできた箱などを測定してみると高いレベルの酸を検出する。これは、フィルムを取り除いた後でも同じことである。（プラスチック袋もまた、酸を吸収しそれを保持する。したがってA-D Stripsでテストするときに使用する袋は、再利用せずに破棄すべきである。）

一度、箱、袋、封筒などに吸収された酸は、時間の経過とともに発散されるがそれでも少しは残る。

同様に、まだ劣化の進んでいない「良好な状態」のフィルムは、同じ箱やキャビネットに劣化したフィルムが保管されていると、そこから発生する酸を吸収することがある。これは有害で、吸収した酸が良い状態のフィルムを劣化させる。

フィルムが空気中の酸を吸収することにより、時にポリエステル・ベースのフィルムも酸性化する可能性がある。ポリエステルは化学的に非常に安定しているので、酸を吸収したところで大きな危険につながるわけではない。それゆえ、酸を吸収してしまったフィルムを複製することは時間と労力の無駄である。なぜなら、アセテートベースと比較して、ポリエステル・ベースは酸による脅威がかなり小さいからである。（しかし、色の安定性に対する影響は大きいので、その点は注意が必要である）**A-D Strips** によるテストで何か次のアクションをとろうとする場合、フィルムの種類がアセテートか、ナイトレートか、それともポリエステルかを特定することは重要である。1960年以降のマイクロフィルムとシートフィルムは、アセテートとポリエステルが混在している可能性が最も高い。ポリエステルフィルムを特定するシンプルな方法は、偏光フィルターを使うことである。（IPI の『アセテート・フィルムの保存ガイド』参照のこと）

酢酸の揮発性が高いということは、時間の経過につれてフィルムから酸が蒸発していることを意味する。そのため、明らかに劣化しているフィルムをテストしても **A-D Strips** がそれほど高くないレベルの酸を示すことがあり得る。このような状態のフィルムは、**A-D Strips** をわざわざ使う必要もなく劣化の状態を確認できる。このような現象は頻繁に使用されるシート・フィルムで起きる場合が多い。



The Image Permanence Institute は、画像メディア保存を目的とする私立の非営利研究機関です。ローチェスター工科大学の附属機関で、Imaging Science and Technology 学会からの出資を得ています。A-D Strips の収益は、IPI の保存研究プログラム継続のためにあてられます。