

# 本編

## 第 I 章 総説 — マイクロフィルムの保存と状態調査

### 1. はじめに

マイクロフィルムは、被写体を縮小して記録し保存でき、必要に応じて原本と同程度に拡大し複写できるため、代替保存の手段として用いられてきた。現在では、デジタル化など他の手段も発達してはいるが、重要な代替手段の一つであることに変わりはない。

マイクロ化は、劣化により原本の保持が難しい場合や、原本の廃棄を前提として情報を圧縮して別途保存する場合に選択されるほか、資料の複製による収集の担い手となってきた。いずれにせよ劣化、廃棄、所蔵者の事情などにより、長い年月の間に原本が失われる可能性は否定できない。このため、マイクロ資料は二次資料とはいえ、原本に代わる一次資料としての価値を有する場合も多く、保存は一次資料に準じて考慮される必要がある。

本章では、次章以下の前提としてマイクロフィルムの保存や状態調査について、基本事項をまとめ読者の参考に供したい。

### 2. マイクロフィルムの構造 — 白黒銀塩（銀-ゼラチン）フィルムを例にして

マイクロフィルムは、色素の有無により白黒フィルムとカラーフィルムに分けられる。ここでは主として白黒フィルムを採りあげて、利用・保存の側からフィルム構造をいかに理解すべきかについて論じてみよう。

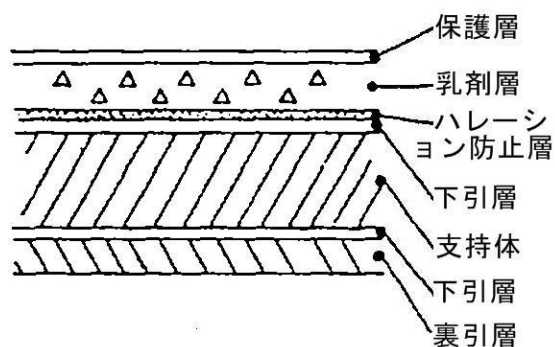


図 I-1 銀塩フィルムの断面図

[服部 1984, p37]

図 I-1 として引用したのは 1980 年代の概説書に記された銀-ゼラチン（銀塩）マイクロフィルムの断面図である。以下この図に基づいて進めよう。

#### 2.1. 保護層と乳剤層

最上部の保護層とは、画像保護のために塗布される保護膜で、ゼラチンを主成分とした極めて薄い層である。保護層に守られた乳剤層は、画像を形成する重要な部分で、感光膜、感光乳剤層、画像形成層、エマルジョン<sup>1</sup>などとも

呼ばれる。銀塩フィルムの場合、乳剤は結合剤たるゼラチンバインダー中にハロゲン化銀が懸濁したものからなっている。図 I-1 で△で示されるのが、ゼラチン中に分散するハロゲン化銀の粒子である。ハロゲン化銀とは、臭素、塩素、ヨ

<sup>1</sup> エマルジョン (emulsion) とは厳密には乳剤そのものを指す。乳剤とは物質の粒子 (分散質) が別の物質中 (分散媒) に分散している状態 (コロイド) のうち、分散質、分散媒がともに液体である場合をいう。牛乳は代表的な乳剤である。

ウ素などのハロゲン族と銀の化合物の総称で、感光性が強く可視光に反応して銀を遊離しやすい。この性質を利用して撮影時の露出（露光）により像を描き、一連の現像処理<sup>2</sup>により画像を定着、可視化したものがマイクロフィルムの画像なのである。

## 2.2. ハレーション防止層（＝AH層<sup>3</sup>）

マイクロフィルムでは、現像後の画像が白くぼやけてしまう現象（ハレーション）が起きやすい。これは入射光が乳剤層とベースの界面で反射し再び乳剤層に作用することによる。この現象を防止するためにハレーション防止層と呼ばれる光吸収膜が設けられている。図 I-1 によれば、AH 防止層は乳剤層と支持体の間にある。しかしハレーションの防止方法は時代やメーカー、製品などにより様々な手法がある。図 I-1 のような例のほかに、最背面の層が AH 防止層を兼ねているもの [宮本 1955, p98] や、最背面の層のさらに下に塗布され、現像処理中に取り除かれるような設計になっているもの、ベース自体を着色する（グレイベース）ことでハレーションを防止する場合などもあったという<sup>4</sup>。

## 2.3. 支持体（ベース）と下引層

上述の画像部分を支えるのが支持体（ベース）であり、現在一般的なのは次の 2 種類である。

- ① 三酢酸セルロース（TAC＝トリアセテート）ベース
- ② ポリエチレンテレフタレート（PET）ベース

TAC ベースは、高い安定性、保存性を誇るものとして普及したが、保存環境によっては僅か 30 年程度で劣化することが明らかとなった。この劣化は、酢酸臭を伴うことが最大の特徴で、フィルムが歪んだりべとついたりすることから、ビネガーシンドロームと呼ばれた。ビネガーシンドロームは 1980 年代後半以降調査・研究が進み、1990 年代初頭には劣化のメカニズムが解明された。この劣化は、酸加水分解が主原因で、一定のレベルに達すると急速に劣化が進むことが証明されたのである [安江 2006, 2009]。その結果、日本でも 1990 年代前半に、マイクロフィルムのベースは TAC から PET に切り替えられた<sup>5</sup>。

現在主流の PET ベースは、早くも 1940 年代に開発されている。PET は加水分解速度が小さく<sup>6</sup>、機械的強度が高く、薄くて軽い長所がある一方で、溶剤接合が

<sup>2</sup> 現像・停止・定着・水洗・乾燥といったフィルム作成の全行程のことを指す。

<sup>3</sup> AH とは Anti-Halation の略。

<sup>4</sup> 「コダック映画用フィルムの基礎情報」 <<http://www.jp.kodak.com/JP/ja/motion/support/technical/index.shtml>> [参照 2009-02-09] にハレーション防止層の種類についての詳細が述べられている。このページは映画フィルムに関する技術情報提供を主としてはいるが、マイクロフィルムについてもほぼ同様であり参考となる。

<sup>5</sup> ただし、カラーマイクロフィルムは、現在でも TAC ベースを用いている。

<sup>6</sup> PET は常温・低湿の保存条件下では、物理的・機械的諸特性が 20% 低下するのに 1800 年程度かかるという [小林 2005, p434]。しかし [Calmes 1992, p467] は、条件によっては PET も酸加水分解を引き起こすといい、現に資源再利用の観点から PET の加水分解の実験 [青木ほか 2003 など] が種々行われている。このほか、PET では経年劣化による可塑剤の離脱や [佐

できず、巻き癖も強い短所がある [安江 2006, p245]。このためマイクロフィルムに適した PET ベースの開発は技術的に種々の困難が伴ったという。こういった問題の一つに、ベースと乳剤層の接合がある。PET は結晶性で極端に疎水性のため接着性が悪く [木暮 2002, p49]、乳剤層を上手くベースに固定する接着剤の種類や接着方法は、試行錯誤の連続であったという。このベースとゼラチン層の接着剤を下引剤、接着層を下引層という。

#### 2.4. フィルム最背面の層

図 I-1 では、ベースの下部にもう一つ下引層が示されている。こちらはベースとフィルム背面に塗布された層との間の接着層のことをいう。図 I-1 では裏引層とされているが、帯電防止層の場合 [Eastman Kodak 1999, p3] や、バックコート層の場合 [倉地 2007, p239] もある。裏引層とは、フィルムの巻き込み癖 (Curling) を防止するためにベース下部に塗布されたもので、一般にはゼラチン膜で、厚さは乳剤層と同じだという [Eastman Kodak 1999, p4]。ベースを乳剤層、裏引層という同じ厚さのゼラチン膜で挟むことにより、フィルムの欠点である巻き込み癖を防いでいると説明される。また帯電防止層は静電気防止のための層であり、バックコート層は適切な摩擦係数を確保しフィルムを滑りやすくする保護層のことをいう。このようにフィルムの最背面の層は、目的も構成物質もメーカーや製品により多種多様である。本書ではこの多様な最背面の層のことをバック層と名付けておきたい。

本調査においては、PET ベースフィルムに斑が生じたり、固着や剥離を引き起こしているものが多数見つかかり、この問題がフィルム背面で生じていることが確認された。潮田峰雄が証明したように、この現象を誘引したのが水分であることは確実である [潮田 本書, p95-]。ただし、水分により溶け出して斑や固着、剥離の直接的な原因となったのは、乳剤層やバック層じたい [小島ほか 本書, p111-]、もしくは現像時の残留物質 [潮田 本書, p95-]、もしくはこの両方という可能性があり、最終的な断定までに至っていない。いずれにせよ、今回ダメージを受けたのがフィルム背面であることは特筆すべきである。

図書館や資料館の現場で参照されるマニュアル類は、次の図 I-2 や図 I-3 のように、画像とベースの組み合わせを基本として構造を説明している。これらにはバック層への言及は無い。図 I-2 や図 I-3 の典拠は、管理・利用する側にマイクロフィルムの特性と保存方法などについて理解を促すマニュアルである。ここにおいては、ベースの劣化、画像の劣化、画像とベースの剥離が最大の関心事であった。このため図 I-2～図 I-3 のようにバック層が表現されなかったり、図 I-1 のように本来は乳剤層と同じ厚さの裏引層が薄く描かれたりしていると推測される。マイクロフィルムの劣化においてベースと画像部分にのみ注目が集まったため、地味なバック層が忘れ去られたと言えるかもしれない。かくいう筆者らも当

---

野 本書, p81-]、その耐水性ゆえに結露等の水分を吸収できずフェロ化を引き起こしやすい可能性 [小島ほか 本書, p111-] が指摘されている。したがって、PET だからといって無条件に安心できるわけではない。

初は、バック層の存在が眼中になかったため、画像の固着や剥離だと認識していた [小島 2006, p15]。このため乳剤層ではなくバック層が主となる固着や剥離だと気づくまでに多くの時間が経過した。

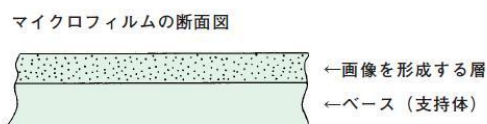


図 I -2 [NDL 2005.3, p3]



図 I -4

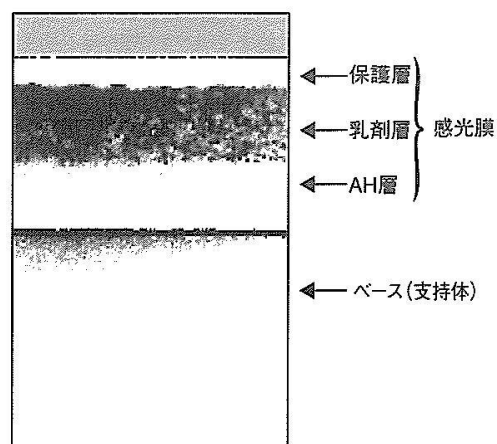


図 I -3 [JIIMA 2005, p4]

以上、白黒銀塩マイクロフィルムを採りあげて構造分析を行った。この結果、利用と保存の観点から、マイクロフィルムの構造を図示する方法として以下を提案したい。

詳細な表現としては図 I-1 に優るものはない。もし簡略化するのであれば、図 I-2、I-3 のような二層構造ではなく、図 I-4 に示す三層構造が望ましい。なぜならば、これまで述べてきたことから明らかなように、マイクロフィルムは、乳剤層、ベース、バック層のいずれでも劣化や異常現象の生ずる可能性を秘めており、この三層構造の理解無しではマイクロフィルムの劣化は説明できないからなのである<sup>7</sup>。

### 3. マイクロフィルムの種類と型式分類

前節では、白黒銀塩マイクロフィルムを例に挙げて、フィルムの基本的な構造について論じてみた。ここではマイクロフィルムにどのような種類があるか、表を使って簡単に示しておく。

表 I-1 はマイクロフィルムを形態的に区分 (分類) したもので、一般的な概説書、参考書に書かれていることをまとめ直したものである。なお表には、図書館等において現在一般的に取り扱っているものに限って掲げてある<sup>8</sup>。

<sup>7</sup> ただし、ベース下部に別の層が無い、すなわちベース=バック層というフィルムが存在する可能性もあり得る。

<sup>8</sup> 例えば、ベース素材は PET、TAC のほかに硝酸セルロースベースや二酢酸セルロース (DAC)

表 I-1 は、1 本のフィルムが形態的要素から複数に区分され、その区分の数だけ名称が存在することを示している。換言すれば、表の形態的要素による区分をさらに組み合わせることで、実際のフィルムを形式分類できることになる。フィルムをモノとして観察する場合、こういった形態的要素からフィルム型式を理解することが重要である。つまりこれらの要素は、フィルムの状態調査において不可欠の調査項目だといえる。

表 I-1 形態的要素からのマイクロフィルムの区分

区分（分類）方法	フィルム名称		
(1) ベース素材による区分	1) TAC ベースフィルム		
	2) PET ベースフィルム		
(2) 画像色の相違による区分 (色素の有無)	1) 白黒マイクロフィルム		
	2) カラーマイクロフィルム		
(3) フィルムの世代と画像の陰陽による区分 <sup>9</sup>	1) オリジナルフィルム 【第 1 世代】	① ネガフィルム（陰画）	
		② リバーサルフィルム（陽画）	
	2) 複製フィルム 【第 2 世代以降】	① ネガフィルム（陰画）	
		② ポジフィルム（陽画）	
③ リバーサルフィルム（陽画）			
(4) 画像形成方法による区分 <sup>10</sup>	1) 銀塩フィルム		
	2) ジアゾフィルム		
	3) ベシキュラフィルム		
	4) カラーフィルム		
(5) 形状による区分	1) ロールフィルム	① リール式	35mm フィルム
			16mm フィルム
		② カートリッジ式	35mm フィルム
			16mm フィルム
	2) シートフィルム	① マイクロフィッシュ	
		② フィルムジャケット	
③ アパチュアカード			

ベースがあるが、本学部に所蔵は無く、現在一般的でもないため割愛した。

<sup>9</sup> フィルムには陰画（ネガ）と陽画（ポジ）がある。ネガは被写体の明暗や色が反転したフィルムであり保存用フィルムとなる。ネガに基づき作成されたのがポジであり、明暗や色の反転がないため提供用として使用される。ただしネガからネガを作成することもできる。こういった陰陽反転せずに複製を作成する技術を Direct Duplicating (DD) といい、DD により作成された銀塩フィルムのネガを DD ネガという。DD ネガは第 2 ネガとして保存されるだけでなく、ポジに代わって提供用とされることも多い。またジアゾやベシキュラも複製ネガフィルムとなり得る。このように、オリジナルネガを第 1 世代のフィルムとすると、第 2 世代のフィルムとしてはポジとネガの両方があり得る。ポジであれば第 2 世代以降のフィルムだが、ネガだからといって第 1 世代だとは限らない。なおカラーマイクロフィルムについては、オリジナル、DD ともにリバーサルフィルム（陽画）である。

<sup>10</sup> 画像形成方法のうちジアゾとベシキュラについては、次節を参照のこと。

表 I-2 形態的要素からの型式分類

ベース素材	TAC					PET			
	白黒			カラー		白黒			
画像色									
フィルム世代	オリジナル	複製		オリジナル	複製	オリジナル	複製		
画像の陰陽	ネガ	ネガ	ポジ	リバーサル	リバーサル	ネガ	ネガ	ポジ	
画像形成方法	銀塩	○	○	○			○	○	○
	ジアゾ		○	△				○	△
	ベシキュラ							○	○
	色素				○	△			

表 I-2 は、フィルム型式分類を具体的な形で示したもので、マイクロフィルムを表 I-1 で示した形態要素の組み合わせから、32種の型式に分類したものである。ただし、(5)の形状に関する要素については、表に加えると煩雑になるため割愛している。この型式中、実際に存在し得るものには○（一部△<sup>11</sup>）、原則として存在しないものは■で示す。したがって、最終的には14種類の型式が存在することになる。例えばこの表から、画像形成方法が銀塩であるフィルムには、TAC>白黒>オリジナル>ネガ、TAC>白黒>複製>ネガ、TAC>白黒>複製>ポジ、PET>白黒>オリジナル>ネガ、PET>白黒>複製>ネガ、PET>白黒>複製>ポジという6通りの組み合わせが実存することがわかる。形態要素からの調査の実際については第三章をご覧ください。

#### 4. マイクロフィルムの主な劣化症状・異常現象

マイクロフィルムの長期保存に必要な三要件としては①使用素材、②処理方法、③保存方法が挙げられる。これらに不備があると劣化や異常現象を生ずる可能性が高くなる。ここでは、この三つに留意しつつ、マイクロフィルムの主な劣化症状や異常現象について、本学部の状況を中心に解説する。

##### 4.1. ビネガーシンドロームと酢酸による影響

ビネガーシンドロームとは TAC ベースフィルムで生じる酸加水分解によるフィルムベースの劣化現象である。一旦、酸加水分解により酢酸の放出が始まると、現在のところそれを止める手だては無い<sup>12</sup>。最終的にはベースは湾曲し複製を作るのも困難になってしまう（写真 I-1, I-2）。ただし、保存環境の改善により、ビネガーシンドロームの発症や進行を遅らせることはできる。このため TAC ベースを多く所蔵する機関では、第一にビネガーシンドロームの進行状態の把握が肝要となる。

ビネガーシンドロームの進行状況の把握には、A-D ストリップ（ADS）を用

<sup>11</sup> カラーマイクロの複製については、複製用の生フィルムの製造・提供が既に終了しているため△とした。またジアゾはネガからネガの複製を作成するのが原則である [服部 1984, p40]。ただし技術的にはポジからポジを作成することも不可能ではなく、現実にはジアゾのポジも存在するため（第三章 図Ⅲ-2(c)-2）△とした。

<sup>12</sup> ビネガーシンドローム発生のしくみや症状の詳細は [金澤 2003, p6-9] を、その解明の歴史的経緯は [安江 2006] を参照のこと。



写真 I-1 ビネガーシンドローム



写真 I-2 ビネガーシンドローム  
(側面 上から)

いた調査が一般化しつつある [安江 2007, 2009, 田崎 2008, 2009]。ADS は一定期間曝露させることで、フィルムごとの遊離酸度<sup>13</sup>を 4 段階の色調で測定できる検知剤である。ここでは ADS 測定レベルを 1.5 以上と 1.5 未満で区分することがポイントとなる。ADS 測定レベル 1.5 (遊離酸度 0.5) は自触媒作用点 (Autocatalytic point) と称され、フィルムが放出した酸が触媒となり酸加水分解が加速度的に進むレベルとされる。したがって、ADS 測定レベル 1.5 未満とそれ以上のフィルムでは、その後の講ずべき対策が自ずと異なってくる。1.5 未満であれば、環境の改善等に

よりビネガーシンドロームの進行を抑制することが保存対策の中心となる。温湿度の適正管理、フィルムの巻き直しによる放酸や、各種吸着剤<sup>14</sup>による酸の吸収などが考えられるだろう。これに対し 1.5 を超えるものについては、物理的な隔離、複製の作成、廃棄などフィルムの存廃の可否を問うような対策が必要となる。

一般的に、ビネガーシンドロームによる酢酸が PET フィルムに影響することを防ぐため、TAC と PET は分離保管すべきと言われる。しかし分離保管は物理的にも予算的にも困難が予想される。この場合、特にひどい状態のもののみ隔離し、それ以外は混在のままでも、温湿度の適正な管理と酢酸除去を徹底することである程度良好な保存環境維持は可能と考えられる。実際に本学部では、有機酸除去用の空気清浄機を用いることで、TAC と PET 混在のまま収蔵庫内の酢酸濃度の低下を実現している [佐野 本書, p81-]。

A-D ストリップは個別フィルムの状態把握には威力を発揮するが、保存環境全体の状態把握には向いていない。そこで、例えばパッシブインジケータなどの環境全体の酢酸濃度を測定できる検知剤も利用したい。パッシブインジケータは文化財保存環境を重視した検知剤で、有機酸検知用とアンモニア検知用が市販されている<sup>15</sup>。このうち有機酸用は酢酸の検出に優れており、変色度合いと曝露期間の相関関係からガス濃度の情報を得ることができる。

劣化した TAC フィルムからはどの程度の濃度の酢酸が放出されているのだろうか。試みに筆者らが、ガス検知管により測定したところによれば、ビネガー

<sup>13</sup> 遊離酸とはイオン化していない状態の酸を指し、遊離酸度とは遊離酸を中和するのに必要な水酸化ナトリウムの量から求めた酸の質量パーセント濃度である。

<sup>14</sup> モレキュラーシーブ (コダック社) やヤシガラ活性炭については酢酸の吸着性能が認められているという [安江 2009, p99]。他にも様々な吸着剤が市販されているが、性能について論文等の形で発表されているものや、第三者の科学的検証を公表しているものは少ない。吸着剤の信頼性のためにも、こういったデータは学術研究の形で公表することを業界に強く望む。

<sup>15</sup> パッシブインジケータの性能については [佐野ほか 2006.3] を参照。



シンドロームが進行し、フィルムが湾曲しかけたもの（ADS 測定レベル 3 以上）は、2 週間で 40～50ppm の高濃度の酢酸が放出されていた<sup>16</sup>。Jean Tétreault は、文化財に影響を与える化学物質の濃度レベルを一覧にしている [Tétreault 2003, p32]。表 I-3 はこの一覧に基づき作成した<sup>17</sup>。この表のうち「酢酸臭のあるセルロース・アセテートフィルム群」の部分と対比すれば、東京大学での測定結果が決して突出したものではないことがわかる。また表からはビネガーシンドロームを発症したフィルムから出る酢酸量の多さが際だっていることが解される。

表 I-3 酢酸濃度の比較

測定箇所	空気中の酢酸濃度（単位: ppm）
屋外	0.00012（清浄）～ 0.012（汚染）
屋内、オーク材使用の場合	0.016～0.04, 0.12～2.8
木製の包材	0.032～1.2
油性塗料 5 週間乾燥	8～28
乳剤系もしくは二液混合型エポキシ系塗料 5 週間乾燥	1.2～8
酸性シリコーン	0.04(7 日間硬化)～0.4 (29 日間硬化)
<b>酢酸臭のあるセルロース・アセテートフィルム群</b>	<b>0.36～40</b>

文化財に対して被害を与えない酢酸の基準値は 0.17ppm (170ppb)、推奨濃度は 0.08ppm (80ppb) [佐野 1999, p25]<sup>18</sup>、人体への許容濃度は 10ppm [日本産業衛生学会 2008, p159] とされている。これらの数値を参考の上、保管庫の酢酸濃度が高い場合は、保管環境全体の酢酸濃度を下げる対策をとる必要がある。酢酸はビネガーシンドロームの触媒として作用するだけでなく、健康なマイクロフィルムに画像の劣化なども引き起こす。また保存庫内の酢酸が高濃度になれば、キャビネットなどの保管器具類や、空調や除湿器の配管に損傷をもたらす。この例として酢酸により腐食した空調機内部（写真 I-3）と、酢酸によりゴム製パッキンが腐食し、緩衝材（朱色）が露出してしまったマイクロキャビネット（写真 I-4-1 ※パッキンが正常なものは写真 I-4-2）を示しておく。高濃度の酢酸は人体や他の収蔵物に影響を与えることも考えられる。木を見て森を見ずの対策にならぬよう、個と全体の両方のバランスをとらなければならないのである。

<sup>16</sup> 東京大学経済学部資料室において、第二次調査で ADS 判定 3 以上とされたマイクロフィルムをフリーザーバッグに密封し、平均室温 19.9℃、平均湿度 32.1%の室内に 14 日間（2008 年 4 月 14 日～28 日）放置後、ガステック社製ガス検知管により測定した。

<sup>17</sup> 読者の便宜を図るため、Tétreault の一覧中、酢酸に関する部分を訳出した上で、 $\mu\text{gm}^{-3}$  から ppm に単位を変換し、表の形式に整形した。

<sup>18</sup> 前出注 17 と同様に、出典における単位を  $\mu\text{gm}^{-3}$  から ppm に換算した。



写真 I -3



写真 I -4-1

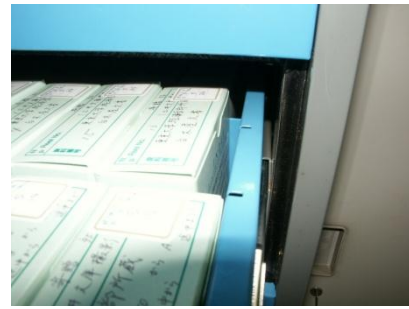


写真 I -4-2

これら検知剤による調査の具体例は [佐野 本書, p81-] を、各種検知剤の特徴と使用法については附編 1 を参照されたい。また従来であれば、写真 I -1 および I -2 のように湾曲が進むと廃棄以外の選択肢はあり得なかったが、複製を作成できる程度までこれらを平面化できる可能性が高まった。これについては [吉田・阪口 本書, p103-] を一読されたい。

#### 4.2. 変色・褪色

銀塩フィルムの変色や褪色は、画像銀の硫化もしくは酸化・還元により引き起こされる。いずれも黄変することがあるが、硫化では画像銀が硫化銀に、酸化・還元ではコロイド銀にそれぞれ変化する現象のため、両者は物質的に異なるものである。ここでは硫化、酸化の順に解説する。

##### 4.2.1. 硫化

硫化による変色・褪色は処理方法の問題、すなわち現像時の水洗不足による残留物の影響が第一に挙げられる。現像処理時の定着液には、定着主薬としてチオ硫酸塩が含まれている。定着主薬は未感光のハロゲン化銀を溶解するもので、銀塩フィルムの画像形成には欠かせない処理薬品である。しかしこの定着主薬が残留すると、画像銀と反応し硫化銀となることで、画像が黄褐色の斑状になってしまう。この際に硫黄臭がし、ひどいときにはフィルム表面に白い薬品が析出するという [金澤 2003, p55]。このほか、大気中のガスにより硫化が引き起こされる場合もある。またゴムには硫黄が含まれており、包材に輪ゴムが使用されたりすると硫化の要因となり得る。

硫化によるマイクロフィルムの変色・褪色原因は、処理方法や保存方法の問題だけにとどまらない。写真 I -5 は硫化銀の形成により変色したフィルムの例であるが、この主原因となったのは現像時の水洗不足ではなかった。複数箇所ヒトの指紋の形の変色が見られることなどから、フィルム使用時に取扱者の指に付着した硫黄分が変色の原因となったと考えられる。硫黄分が入った薬用ハンドクリームなどのほか、化粧品や洗剤の界面活性剤や、パーマ液などにも硫黄分は含まれている。したがって、マイクロフィルムに素手で触れることは、硫化を引き起こしかねない。このように硫化による変色・褪色は、利用上の問題が原因となる場合もある。管理側は「写真を取り扱う際には、清潔で起毛していない綿の手袋

<sup>19</sup>を使用する。写真画像の乳剤面には決して触れてはならない（写真プリント、ネガ、スライド、幻灯機用スライドなど写真の種類は問わない）」[アドコックほか 2003, p63] という写真資料の取扱原則を再認識する必要がある。



写真 I-5 硫黄分による変色



写真 I-6 マイクロスコ  
ピックブレミッシュ



写真 I-7 銀鏡

#### 4.2.2. 酸化

酸化、より正確には酸化・還元反応による変色・褪色では、マイクロスコピックブレミッシュ（ブレミッシュ：写真 I-6）がよく知られている。ブレミッシュはフィルムに赤っぽい色の微小斑点（マイクロスポット）が生じたり、画像全体が黄変したりする現象である。この現象は、銀画像が酸化して銀イオンとなり乳剤中を移動・拡散し、その後、還元によりコロイド銀（微小の銀粒子）となり定着することで生ずる。特にコロイド銀が乳剤の表面に定着・析出すると、フィルム表面に銀が浮き上がったような金属光沢が生ずる。この状態を銀鏡（写真 I-7）といい、フィルム上で銀メッキを施すのと同種の化学反応が起きているのである。銀鏡化はフィルムが帯や封筒に直接的に接していた面で起きることが多く、酸性紙の包材による長期間の保存が原因と考えられる [NDL 2005.7]<sup>20</sup>。

ブレミッシュや銀鏡化は、保存環境に酸化・還元性のある物質が存在することにより促進される。この種の化学物質には、「静電式コピー機からのオゾンガス、フェノール・ホルムアルデヒド樹脂からの有害ガス、美容院で用いられる毛染め液から発生するガス、自動車や各種産業設備からの窒素酸化物や硫黄酸化物等の排気ガス」[荒井ほか 2003, p38] などがあり、これらは、ある種の建材やプラスチック、樹脂、紙などからも発生するという [金澤 2003, p10] 。

<sup>19</sup> ゴム手袋は硫黄分が含まれるため使用してはならない。

<sup>20</sup> なお今回の調査では以前にゴムで留められていたフィルムのリード部分に、ゴムの跡に沿った銀鏡反応が認められた（発見時は既に包剤交換後）。ゴムと銀が反応した場合は既に述べたように硫化銀となり、酸化銀に比べてより安定した物質のため、どのような還元剤が作用して銀鏡反応が起きたのか不明である。ゴムに含まれる硫黄分解剤や加硫促進剤などの添加剤の影響、交換後の包剤のアルカリの影響など様々に考えられるが、ここでは現状と原因の可能性のみを指摘して後考を俟ちたい。

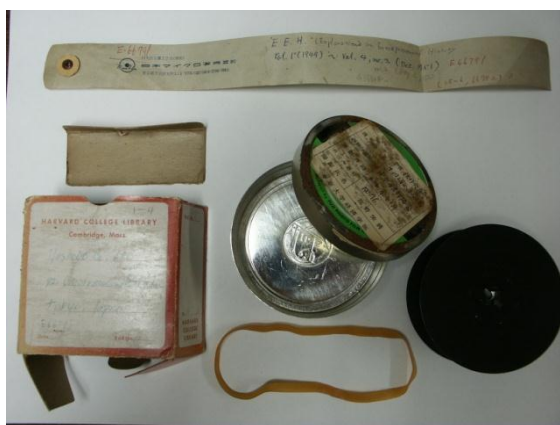


写真 I-8

このように、硫化や酸化による変色や褪色は、処理方法や利用方法が原因となる場合もあるが、保存庫や包材といった保存環境にも大きな影響を受ける。写真 I-8 に示すような、金属、ゴム、酸性紙を使った包材は中性紙などの包材に交換し<sup>21</sup>、PET や TAC の分離、保存庫の有機酸除去などによりリスクの軽減をはからねばならない。

なお硫化や酸化による変色・褪色が起きているのは、銀を含む銀塩フィルムということなり、状態調査において

画像形成方法を特定する根拠になり得る。

#### 4.3. 温湿度に起因する異常現象（固着、剥離、フェロ化、ひび割れ、カビ）



写真 I-9 フェロ化



写真 I-10 斑状の剥離

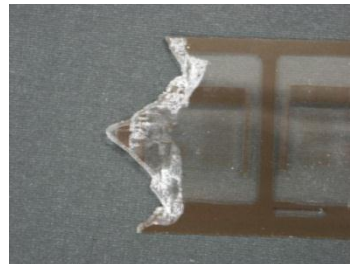


写真 I-11 フィルムの断裂

フィルムの乾燥不良や、水濡れ、結露などがあると、フィルム同士の張り付きが起きる。張り付きの原因は、乳剤層や裏引層のゼラチン質、フィルムの添加剤、フィルム処理時の残留物質などが考えられる。水分によりベース面から分離したこれらの物質を介在して張り付きが起きるのである。張り付きの度合いが大きいとフィルムが固着してしまい、無理に引き剥がそうとすると、画像やバック層の一部が剥離したり（写真 I-10）、ベースの断裂（写真 I-11）を招いてしまう。軽度の剥離は、フィルム内の層が浮き上がることで斑のように見え、重度の剥離はベース面から画像やバック層が完全に剥がれ落ちてしまう。張り付きがごく軽く、固着や剥離を回避できたとしても、水分を受けたフィルムは表面に押し痕が残る。これは張り付き部分が、正常なフィルム表面に比べて光沢を帯びた滑面状になっているのである。このように、フィルムの不適切な乾燥や凝結により、フィルム表面に浮き出た押し痕（光沢面）をフェロタイピング（ferrotyping：写真 I-9）と呼ぶ<sup>22</sup>。本書では、フェロタイピングの状態になることをフェロ化と表現してい

<sup>21</sup> 写真資料の望ましい包材の基準は [アドコックほか 2003] を参照のこと。

<sup>22</sup> フィルムのフェロタイピングについては、コダック社が映画フィルムを例として Web 上で情報を提供している。「フィルムトラブル集」 <<http://www.jp.kodak.com/JP/ja/motion/support/sl>>

る。1本のフィルムにおいて、先端（リード）部分がフェロ化しており、フィルム内部に進むにしたがい徐々に剥離、固着へと症状が進行していくものもあり、フェロ化、剥離、固着が水分による一連の現象であることを裏付けている。これらの異常現象についての詳細な考察は、本書研究編 [潮田 本書, p95-] [小島ほか 本書, p111-]を参照されたい。

また、「ゼラチンは人間にとっても食用になる製品群があるほど、高タンパク質の良好なエサである。特に、結露が生じるような条件に保管すると、すみやかにバクテリア等のエサになり、カビ等高等な微生物が次々に繁殖し、害虫を誘引するなど生物連鎖が生じ」[佐野 本書, p81] する。このほか埃が栄養源となって紙製のフィルム外箱にカビが発生することもある。したがって生物被害という意味からは、相対湿度 60%を超えないように湿度コントロールを徹底する必要がある。逆に相対湿度が低すぎると静電気が発生しやすくなって埃を寄せ付けたり、画像のひび割れを誘引する<sup>23</sup>。このようにマイクロフィルムは非常にデリケートな媒体なのである。参考までに JIS に規定されるマイクロフィルムの長期保管条件について表 I-4 および表 I-5 として示す。

表 I-4 JIS Z6009:1994 の保管条件

保存条件	温度 (°C)	相対湿度 (%)	
	最高	TAC	PET
中期保存 <sup>25</sup>	25	15-60	30-60
永久保存 <sup>26</sup>	21	15-40	30-40

表 I-5 JIS K-7641:2008 の保管条件<sup>24</sup>

画像	ベース	最高温度 (°C)	相対湿度 (%)
白黒	TAC	2	20-50
		5	20-40
		7	20-30
カラー	TAC	21	20-50
		-10	20-50
		-3	20-40
		2	20-30

JIS には「銀-ゼラチンマイクロフィルムの処理及び保存方法」(JIS Z-6009:1994)、「写真-現像処理済み安全写真フィルム-保存方法」(JIS

euth/> [参照 2009-02-09]および「映画用語の解説」<<http://www.jp.kodak.com/JP/ja/motion/student/handbook/glossary.shtml>> [参照 2009-02-09]を参照。なお本来フェロタイピングとは光沢面のことであり劣化や異常現象に限った用語ではない。押し痕が光沢面となるが故にフェロタイピングの語が使われているのである。

<sup>23</sup> 低湿度で保存されたフィルムは、使用前にゆっくりと高湿度環境に慣れさせることで安定する [Eastman Kodak 1999, p8]。

<sup>24</sup> PET の場合は熱現像銀、ベシキュラ、銀白素漂白の各画像方式も同様の保管条件となる。またジアゾ式フィルムの保管条件はカラー (TAC) と同じである。実際の規格にはこれらも含まれて一覧表にされているが、煩雑なため本書では割愛した。

<sup>25</sup> 中期保存とは最低 10 年保存できることを指す。

<sup>26</sup> 永年保存について、JIS Z6009:1994 は具体的年限を示していない。ただし長期保存を最低 100 年としているので、それ以上の年限であることは想像し得る。なお JIS K-7641:2008 では中期保存を 10 年、長期保存を 500 年と定義している。

K-7641:2008)の2種類の規格がある。両者の保管条件はかなりの隔たりがあるが、ここでは、二つの基準を併記して読者の参考に供するに留めておく。前者の規格はマイクロフィルム業界、後者は写真業界というように原案作成団体が微妙に異なるとはいえ、ダブルスタンダードの感は拭えない。

#### 4.4. 非銀塩感光材料の劣化

ここでは銀塩以外の画像形成方法のうち、今回の調査で現物を確認し得たジアゾとベシキュラを採り上げる。これらの画像形成方法によるフィルムは、いずれも第2世代以降の複製フィルムであり、ジアゾは原則ネガ画像、ベシキュラは一般的にポジ画像のフィルムとなる。以下にジアゾ、ベシキュラの順に述べる。

##### 4.4.1. ジアゾ



写真 I -12 ジアゾフィルム

ジアゾ化合物は紫外線によって分解される性質と、アルカリによって青く発色する性質を有する窒素化合物である。この性質を利用し、TACもしくはPETのベース上に感光体として塗布したものをジアゾフィルムという。ネガとジアゾフィルムを重ねて強い紫外線を照射すると、光が当たった部分のジアゾ化合物が分解される。さらに現像剤としてアルカリ性のガスを吹き付けると<sup>27</sup>、光が当たらず分解されていない部分は青に発色する。このように、

ジアゾ化合物の化学変化を利用して画像に陰影を生じさせたものがジアゾフィルムの画像である。ベースを紙に変えればよく知られた青焼（ジアゾ式）コピーとなる<sup>28</sup>。解像力が優れており銀塩より安価なことから、商業頒布のマイクロフィルムによく利用されている。同じマイクロフィルムに二種類の値段設定がある場合、高価な方は銀塩、安価な方はジアゾだとみてほぼ間違いない。

ジアゾ画像の分解は抑えることができないため、経年により画像が褪色する。具体的には、フィルムの茶変色に始まり、徐々に褪色が進んで画像が薄くなってゆき最終的に消滅に至る。ジアゾ画像には、黒く発色するよう設計されているものもあり、作成当初は銀塩フィルムのようにも見える。しかし黒調のものであっても同様に経年劣化は進行する。このようにジアゾフィルムは長期保存には不向きであり、この点を熟知せず、価格の点のみからジアゾフィルムを選択すると痛いしっぺ返しをくらうことになる。

ところで、ジアゾの茶変色はプロであっても銀塩の変色と見紛うことがある。

<sup>27</sup> ジアゾフィルムでは現像剤にアンモニアガスを利用して発色させる [岩岡 1992, p19]。このため現像処理が悪いと、残留アンモニアによってフィルムが劣化する可能性がある。

<sup>28</sup> 青焼資料の保存に関しては [小島ほか 2009] を参照のこと。

本学部の第一次調査では、専門業者への委託調査であったにもかかわらず、ジアゾフィルムの変色が全て銀塩フィルムの変色と判定されていた。同じ変色でも銀塩フィルムの場合は、処理や環境に要因があって改善の余地があるのに対し、ジアゾの変色は半ば経年的なもので如何ともし難い。フィルムの状態調査において、両者の区別ができないまま統計的に数値化されれば、保存対策の方向性を誤らせる恐れがある。マイクロフィルムの状態調査においては、ベースの区別ばかりに目を奪われがちであるが、画像形成方法の判定についても慎重な判断が求められるのである。ベースや画像の判断については附編2を参照いただきたい。

劣化したジアゾフィルムは、購入したものであれば再購入、自前で作成したものであればオリジナルネガにより銀塩のポジ（もしくは DD）として再作成するほかない。ジアゾフィルムから複製の作成はできないことはないが、変色・褪せたフィルムからの複製は再現性が極端に悪くなる。

#### 4.4.2. ベシキュラ



写真 I-13 ベシキュラフィルム

ベシキュラフィルムは、米国のカルバー社が開発したためカルバーフィルムともいわれ、日本では1965年に実用化された [岩岡 1992, p27]。

ベシキュラは熱可塑性樹脂の中にジアゾ化合物を含ませ、光分解中にジアゾ化合物から発生した窒素ガスを、熱により樹脂内に閉じこめる形で気泡を作り画像を形成する。ベース上に画像が気泡の集合体として形成され、写真

I-13 のように乳白色の画像のため、銀

塩やジアゾとの識別は容易である。ベースには180℃に加熱されても軟化しない強度が求められるため、PETフィルムが最適となる [岩岡 1992, p27]。

ただし熱可塑性樹脂を用いているため、形成された画像は熱に弱いのが弱点である。この樹脂は60℃で軟化し画像が消滅してしまため、ベシキュラフィルムは直射日光の当たる場所にさらさないように注意しなければならない。また熱可塑性樹脂は、ケトン、エステルに可溶であって、エタノールや酢酸エチルなどの気体でも画像が消滅する。このためマイクロ機器の汚れ落としの溶剤などにも十分に気をつける必要がある [金澤 2003, p11]。また JIS には、「ある種のベシキュラフィルムは酸性ガスを発生し、これが銀・ゼラチン、ジアゾ、色素・ゼラチン形のフィルムに影響を与えることがある」 [JIS K7641:2008, p6]、「ベシキュラフィルムは、本来酸性ガスを発生する懸念がある」 [JIS Z6009:1994, p5] などとある。JIS の記述は「ある種の・・・」、「本来・・・」と曖昧な表現であり、酸性ガスの主体も亜硝酸だとする説や、塩酸ガスとする説など定まっていない。ベシキュラフィルムが金属製のスプールに巻かれている場合、スプールに白い粉末が付着していることがあり、酸性ガスとの関連が疑われる。

なお、ジアゾ、ベシキュラはいずれも記録材料の寿命としては数十年とされている [岩野 1993, p42]。にもかかわらず、保存・利用機関へのこの事実の周知は遅れている感は否めない。保存の点からは異なる画像形式の分離保管だけが強調されがちだが、これらのフィルムが本来長期保存に適しておらず、消耗品として割り切るべきものであることこそ周知徹底すべきである。

## 5. むすびにかえて — 状態調査総論

これまでに述べたように、マイクロフィルムの劣化や異常現象は、それが起こり得る理由があり、内的外的様々な要因が積み重なって表出するものなのである。したがって、個々のフィルムへの対処療法に加えて、所蔵フィルム全体の状態や保管環境の状況など、個ではなく群としての劣化や異常現象の要因を掴む必要がある。このために行うのが状態調査であり、医療に喩えれば病状診断のための検査や問診に相当する。ただ可能であれば、異常が発見される前に健康診断として行われるのが望ましい。予防的な保存措置こそ最良の資料保存だからである。

紙資料の状態調査については、酸性紙問題が契機となり、日本でも既に 30 年近い実績がある<sup>29</sup>。これに対し、フィルムに関する状態調査の方法論は、近年になって安江明夫によりようやく深められた。安江はフィルムの状態調査について、ビネガーシンドローム問題への対処を念頭に、次の手順を示す [安江 2007, 2009]。

- 一次調査 (①フィルム蔵書の概要、②保管条件、③フィルムの状態など)
- ADS による状態調査 (サンプリング調査)
- 一次計画 (保存ニーズ査定に基づく劣化抑制策) の策定
- 二次調査 (劣化フィルムに限定した悉皆調査)
- 二次計画 (劣化フィルムへの対応) 策定

この手順に基づいて行われたのが、東京大学東洋文化研究所の状態調査 [田崎 2008, 2009] である。本学部においては、安江論文が公表された際、一次調査は既に実施済みであり、二次調査は実行直前の段階にあった。また既に触れたように、本学部の調査の契機は PET フィルムの異常現象であって、安江論文が意図するビネガーシンドローム問題ではない。一次調査においては、概略を掴むための総合的な判定調査を行い、二次調査は一次調査の不備を補いつつ、具体的な保存対策につなげるためのデータ収集を目的としている。すなわち本書に記す一次調査と二次調査の関係は、安江論文のように、段階を踏んだ二回の調査ではなく、最初の調査とその不備を補うための再調査という位置付けにある。また本調査は取り扱う問題も多岐にわたり、ビネガーシンドローム問題はその中の一つにすぎない。このように本書に報告する調査手順や問題意識は、安江の推奨するものとは異なる

<sup>29</sup> 日本における紙資料の状態調査については [小島・矢野 2008] を参照のこと。



る上、試行錯誤の跡が色濃く残り洗練されていない。ただし調査の根本的な部分では安江と見解を異にしているわけではない。そこで、安江の方法論と筆者らの方法論を総合して、以下にマイクロフィルムの状態調査を行う上での着眼点を記しておく。

まず、調査においては何よりもモノとしてのマイクロフィルムの観察が優先されることである。ビネガーシンドロームに ADS が有効だと解っていたとしても、TAC と PET の区別がつかなければ、ADS を仕掛けることすらできない。保存用のオリジナルネガなのか、提供用のポジや DD なのか判定できなければ、最終的な保存対策をたてようがない。また、画像形成方法の異なるフィルムは分離保存することとされている。しかし銀塩、ジアゾ、ベシキュラの分別ができなければ、それもできない。このように状態調査において全てに優先されるのは、対象とするマイクロフィルムをモノとして把握する形態調査なのである。同時にマイクロフィルム保存の小環境たる包材の形態・材質調査も行わねばならない。その上で、視覚や嗅覚など官能的な方法によりざっと現状を把握する。ビネガーシンドローム、変色、銀鏡、固着など想起される全ての劣化項目をチェックするのである。さらに、形態・材質調査と官能的劣化状況調査の結果を裏付けたり、その原因を究明するために、ADS で遊離酸度を判定したり、中性紙チェックペンで包材の pH を調べたり、室内環境調査のためにパッシブインジケータやデータロガーを使い、官能的調査の裏をとる。

このようにマイクロフィルムの状態調査は、形態・材質の調査、官能的劣化状況調査、試薬などによる裏付調査を有機的に組み合わせて行うべきである。もちろんこの中には段階を追って調査されるべきものと、同時進行的に調査されるべきものがある。こういったモノとしての観察の三調査は、医療に喩えればそれぞれ、問診、身体所見、臨床検査に該当する。医療現場ではこれらによって病気（病巣）を確定し治療に入るが、そこには最終的に患者の病気を治すという目的がある。同様に状態調査も資料保存の具体策に繋げることを目的にすべきである。このためには、物質としてのモノの観察だけでなく、資料としての価値や、所蔵の来歴、利用の状況、保存環境の経年変化など、いわばフィルムの生活環境に関わる全てを考慮せねばならない。幸いに図書館や資料館は物質としてのモノだけでなく、歴史の痕跡としてのモノを見る力がある（と信じたい）。フィルムの技術開発者や自然科学者とは一味違った視点から、調査計画を立案できるだろう。これを具体的に体現したものが本編に載せる報告部分であり、ここにその意義を記して総論のむすびに代えたい。

（小島浩之）

#### <引用文献>

- ・ Calmes, Alan [講演]; 岩野治彦 [記録]「画像メディアの安定性」『日本写真学会誌』55(6), p. 465-469. 1992.12
- ・ Eastman Kodak Company 「マイクロフィルムの保管と長期保存」 1999  
<<http://www.jp.kodak.com/JP/plugins/acrobat/ja/business/products/micro/a-2.pdf>>

[参照 2009-02-09]

- JIIMA (日本画像情報マネジメント協会)『マイクロフィルム保存の手引』2005.3
- JIS Z6009: 1994 「銀-ゼラチンマイクロフィルムの処理及び保存方法」
- JIS K7641: 2008 「写真-現像処理済み安全写真フィルム-保存方法」
- NDL (国立国会図書館)『マイクロフィルム保存のための基礎知識』平成 17年 3月改訂, 2005.3
- NDL (国立国会図書館)「マイクロ資料の劣化対策 (国立国会図書館の事例)」2005.7 <[http://www.ndl.go.jp/jp/aboutus/pdf/0508\\_rekka.pdf](http://www.ndl.go.jp/jp/aboutus/pdf/0508_rekka.pdf)> [参照 2009-02-09]
- Tétreault, Jean. *Airborne pollutants in museums, galleries, and archives : risk assessment, control strategies, and preservation management*. Canadian Conservation Institute, 2003
- 青木勝博・青山朗士・岡本正雄「PETの高温水中での加水分解」『山形大学紀要 (工学)』27(2), p. 41-45. 2003.2
- アドコック, エドワード・P 編集; マリー=テレーズ・バーラモフ, ヴィルジニー・クレンプ編集協力; 木部徹監修; 国立国会図書館翻訳「IFLA 図書館資料の予防的保存対策の原則」日本図書館協会, 2003.7
- 荒井宏子ほか『写真資料の保存』日本図書館協会, 2003.11
- 岩岡武彦『有機系非銀塩感光材料』学会出版センター, 1992.10
- 岩野治彦「写真画像と各種画像メディアの保存特性」『写真工業』51(4), p. 36-42. 1993.4
- 金澤勇二『マイクロ写真の基礎 Q and A』第二版, 日本画像マネジメント協会, 2003.2 (初版は 2002.5)
- 木暮元男「画像形成の場の提供に関与するケミカルス」『カラー写真感光材料用高機能ケミカルス』普及版, p. 42-84. シーエムシー出版, 2002.5
- 倉地育夫「感光材料における接着剤の応用例」『機能性エマルションの技術と評価 普及版』普及版, p. 238-251. シーエムシー出版, 2007.7 (初版 2002.4)
- 小島浩之「東京大学経済学部における資料保存対策事業の成果とその意義」『月刊 IM』45(6), p.10-16. 2006.6
- 小島浩之・矢野正隆「日本の図書館等における蔵書の状態調査-その歴史と方法論」『現代の図書館』46(2), p. 79-89. 2008.7
- 小島浩之・矢野正隆・内田麻里奈「蒟蒻版と青焼 (ジアゾ) のデジタル処理による情報の保存について」2009.1 <<http://www.lib.e.u-tokyo.ac.jp/shiryō/index03.html>> [参照 2009-02-09]
- 小林英俊「写真材料」『高分子材料と複合材製品の耐久性』p. 428-441. シーエムシー出版, 2005.8
- 佐野千絵「博物館等施設の室内空気汚染-酢酸・ギ酸濃度-」『保存科学』38, p. 23-30. 1999.3
- 佐野千絵・吉田直人・石崎武志「文化財公開施設の空気環境評価における変色試験紙法の再評価-パッシブインジケータ<sup>®</sup>との相関」『保存科学』45, p.

215-225. 2006.3

- ・ 田崎淳子「東洋文化研究所マイクロフィルム状態調査」『アジア古籍保存講演会記録集 第1回～第3回(平成17年～平成19年)』p. 327-338. 東京大学東洋文化研究所, 2008.3
- ・ 田崎淳子「マイクロ資料の調査と計画ー東京大学東洋文化研究所の事例ー」『資料保存の調査と計画』p. 106-121. 日本図書館協会, 2009.3
- ・ 日本産業衛生学会「許容濃度等の勧告(2008年度)」『産業衛生学雑誌』50(5), p. 157-182. 2008.9
- ・ 服部一敏『マイクロ資料論』全国学校図書館協議会, 1984.4
- ・ 宮本五郎『写真感光材料と取扱法』共立出版, 1955.10
- ・ 安江明夫「ビネガー・シンドローム問題再考ーマイクロフィルムの保存のためにー」『現代の図書館』44(4), p. 240-251. 2006.12
- ・ 安江明夫「マイクロフィルムの保存計画ービネガーシンドローム対策を中心にー」『専門図書館』223, p. 26-33. 2007.5
- ・ 安江明夫「マイクロ資料の保存状態調査」『資料保存の調査と計画』p. 89-105. 日本図書館協会, 2009.3

<参考文献>

- ・ Image Permanence Institute. *User's guide for A-D strips : film base deterioration monitors*. 3ed., 2006
- ・ 岩野治彦「写真の寿命とその予測および保存方法」『続高分子材料の寿命とその予測』p. 175-189. アイピーシー, 1991.2
- ・ 岩野治彦「マイクロフィルムの管理と使用法」1～3『月刊 IM』31(1,2,5), 1992.1,2,5
- ・ 画像工学シリーズ編集委員会編『写真のケミストリー』丸善, 2001.9
- ・ ジャン=ルイ・ビゴルダン著 ; 映画保存協会訳『家庭でもできるフィルム保存の手引き』映画保存協会, 2005.10
- ・ 檜林幸一「マイクロフィルムの長期保存ー劣化とその対策ー」2007.9  
<[http://www.ndl.go.jp/jp/aboutus/pdf/lecture\\_no18.pdf](http://www.ndl.go.jp/jp/aboutus/pdf/lecture_no18.pdf)> [参照 2009-02-09]
- ・ 日本写真学会編『改訂 写真工学の基礎ー銀塩写真編ー』コロナ社, 1998.10
- ・ 日本図書館協会「リーふれっと資料保存」2 資料保存 Q&A 2001 改訂版  
<<http://www.jla.or.jp/hozon/leaflet2a2001.pdf>> [参照 2009-02-09]
- ・ 野中治・植田博之「マイクロフィルムの管理と使用法」4『月刊 IM』31(6), p. 25-28. 1992.6
- ・ 本間武・菊地英夫「ジアゾ系感光材料」『光応用技術・材料事典』p. 177-190. 産業技術サービスセンター, 2006.