

## 空中写真フィルムから発生する酸性ガスの調査と対策の検討

### Investigation of Acid Gas Generated from Aerial Photographic Films and Examination of the Countermeasures

地理空間情報部 岩下沙綾・織部珠代・森今日子<sup>1</sup>・中田昌吾<sup>2</sup>・下地恒明・藤村英範  
Geospatial Information Department IWASHITA Saaya, ORIBE Tamayo, MORI Kyoko,  
NAKATA Shogo, SHIMOJI Tsuneaki and FUJIMURA Hidenori

#### 要 旨

国土地理院が保有する空中写真フィルムは、フィルム劣化現象の一種であるビネガーシンドロームが進行している可能性があり、適切に保管するためにこれまでも空調機器による温湿度環境の管理を実施していたところである。

保有する空中写真フィルムの種類が不明であったため、ビネガーシンドロームが発生する種類のフィルムがどれくらいあるのかを把握する調査を実施した。さらに、ビネガーシンドロームがどの程度進行しているかを把握するため、ビネガーシンドロームにより発生する酸性ガスの濃度を測定する調査を実施した。

調査の結果、ビネガーシンドロームが発生する可能性があるトリアセチルセルロースフィルムは保有する空中写真フィルム全体の約13%であった。また、それらの約86%において、ビネガーシンドロームが急速に進行する濃度の酸性ガスが発生していることが明らかになった。さらに、本調査を実施する中で酸性ガスの発生以外にも変形や結晶化などの劣化現象が進んでいることも把握した。これらの劣化現象が進むと空中写真フィルムの利用が困難になる可能性があり、その具体例を示した。そのほか、一般的な対策方法を整理し、今後の対策についても検討した。その結果に基づき、酸性ガスを吸着する性能を持つ対策剤を投入した。

#### 1. はじめに

国土地理院では、フィルムカメラを使用した空中写真撮影が実施されていた。基本測量成果である空中写真フィルムは保管庫に保管している。これらの空中写真フィルムはロール状に巻かれ円筒の容器に格納されており、1956年から2014年にかけて撮影された約12,000本が保管されている。円筒の容器1本に格納された空中写真フィルムには、多いもので440枚程度の空中写真が含まれており、全体で約97万枚に及ぶ。保管庫内では冷房又は送風による空調管理が行われており、令和2年度の年間平均では、室温21.3℃、湿度48.3%の環境で保管されていた。

ビネガーシンドロームは、特定の材質のフィルム

が加水分解により酢酸を含む酸性ガスを発しながら劣化していく現象であり、「酢酸臭が出始める時期は、密閉状態の場合、温度24℃、相対湿度50%で約30年」(荒井, 2003)とされている。ビネガーシンドロームが進行したフィルムには、酢酸臭のほか、「フィルムエッジの波打ち、べとつき、白い粉の析出、画像の崩れ、ベースの破壊」(日本画像情報マネジメント協会, 2005)が見られることがある。発生した酸性ガスは、フィルムが加水分解する際の触媒にもなり、周囲の健全なフィルムのビネガーシンドローム発生を促進する。ひとたびビネガーシンドロームが発生すると、そのフィルムは発生前の状態には戻らない。また、ビネガーシンドロームが進行したフィルムは所期の用途を満たせなくなっていく。さらに、発生する酸性ガスは、人間への健康被害や空調機器の故障に繋がる恐れがある(Image Permanence Institute, 2001)。写真フィルムや映画フィルム、図書館などで保管されているマイクロフィルムでも同様の現象が生じており、様々な組織において問題視されている(文書管理通信編集室, 1994)。

国土地理院で保有する空中写真フィルムは、空中写真撮影から60年以上経過している空中写真フィルムがあることや、酢酸臭が漂っていることから、ビネガーシンドロームが発生していると推測される。酢酸臭以外にも、フィルムエッジの波打ち(うねり)などの変形や層の剥離(写真-1)、白い粉の析出や結晶化(写真-2)が見られるものがある。また、ビネガーシンドロームの主な発生原因は、「高温」、「高湿」、「ビネガーシンドロームによって発生した酸性ガス」の3点である(日本画像情報マネジメント協会, 2005)。現在、国土地理院では空調管理が行われているが、発生した酸性ガスが更にビネガーシンドロームを進行させている状況であることが推測される。

このような状況下において、国土地理院で保有している空中写真フィルムのうち、ビネガーシンドロームが発生する可能性のある材質のフィルムがどれくらいあるのか不明であったため、まずはフィルムの種別調査を行った。また、どの程度ビネガーシンドロームが進行しているのかを把握するため、酸性ガスの濃度を測定する調査を行った。以上の調査結

果を踏まえ、空中写真フィルムの劣化状況と、国土地理院で実現可能と考えられる劣化対策方法を整理した。これらの調査結果と検討結果を報告する。



写真-1 フィルムの変形と剥離（直径約14cm、高さ約27cmの空中写真フィルム）



写真-2 白い粉の析出と結晶化（直径約14cm、高さ約27cmの空中写真フィルム）

## 2. 調査概要

### 2.1 空中写真フィルムの種別調査

前述のとおり、ビネガーシンドロームは全てのフィルムで発生するわけではなく、特定の材質のフィルムにおいて発生する。これは国土地理院で保管されている空中写真フィルムの場合も同様であり、まずはビネガーシンドロームが発生する可能性のある材質の空中写真フィルムがどれだけあるのかを把握

する必要がある。

写真や映画などに使用されるフィルムは多層構造になっている。そのうち、フィルムの土台となるベース層は、年代に応じて3種類の材質が使用されている。最も古いものはニトロセルロースをベースとしたフィルムであり、1950年代頃まで普及していた。しかし、ニトロセルロースは爆発危険性が高く、それを原因とする火災も発生していた。ニトロセルロースに代わって普及し始めたのが、トリアセチルセルロース（以下「TAC」という。）フィルムである。富士フィルム株式会社によれば、TACフィルムはセルローストリアセテートフレックスを主原料とし、溶剤にメチレンクロライド、可塑剤にトリフェニールフォスフェートなどを用いるもので、燃えにくいだけでなく、吸湿性も小さく、映写耐久力も優れていたとされる。このように、ニトロセルロースと比べて爆発危険性が低いため「安全フィルム（Safety Film）」とも呼ばれ、長期保管可能な材質として1950年代頃から1990年代頃まで使用されていた。その後1960年代頃に、より長期の保存が可能とされるポリエステル（以下「PET」という。）フィルムが開発され、現在に至るまで使用されている。このような経緯で、TACフィルムとPETフィルムは広く一般に普及することとなった。しかし、1980年代後半頃には、TACフィルムから酢酸臭がするという状況が様々な機関でみられるようになった（文書管理通信編集室、1994）。その後の調査により、TACフィルムにおいて前述のビネガーシンドロームが発生していることが判明した（日本画像情報マネジメント協会、2005）。ビネガーシンドロームはTACフィルム特有の現象であり、ニトロセルロースフィルム及びPETフィルムにおいてはビネガーシンドロームが発生することはない。

国土地理院で保管されている空中写真フィルムは、前述のとおり1956～2014年に撮影されたものである。それらはTACフィルム又はPETフィルムであることが分かっているが、撮影年代だけではどちらのフィルムであるかを判断できないものが多い。そのため、撮影年代以外の情報で空中写真フィルムの種類を判別する必要がある。一般的に、TACフィルムとPETフィルムを見分けるには手で破くなどの手法が用いられるが、本調査では空中写真フィルムに傷をつけることがないように、2枚の偏光フィルムで空中写真フィルムを挟み込む手法を用いて調査を行った。この手法では、PETフィルムの場合には虹のような模様が見られ（写真-3）、TACフィルムの場合には虹のような模様は見られない（写真-4）ことから、容易に空中写真フィルムの種類を判別できる。

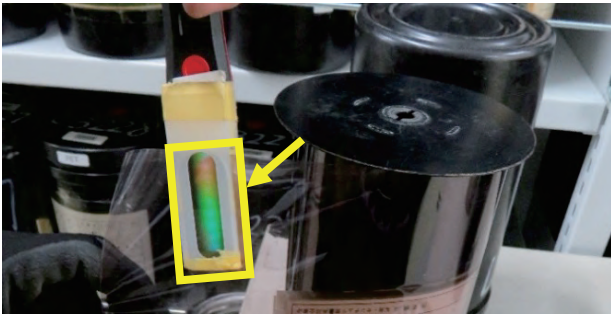


写真-3 PET フィルムを偏光フィルムで挟み込んだ場合

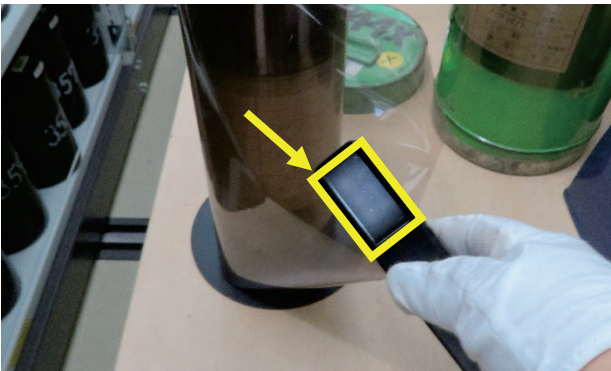


写真-4 TAC フィルムを偏光フィルムで挟み込んだ場合

2 に示すとおり、レベル 1.5 以上の値は急速にビネガーシンドロームが進行している状態であり、早急な対策が必要であるとされている。

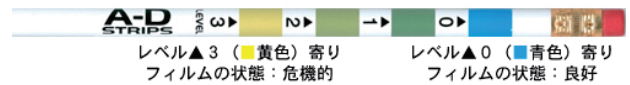


図-1 A-D Strips の判定に用いるカラーチャート  
(国際マイクロ写真工業社 HP より)

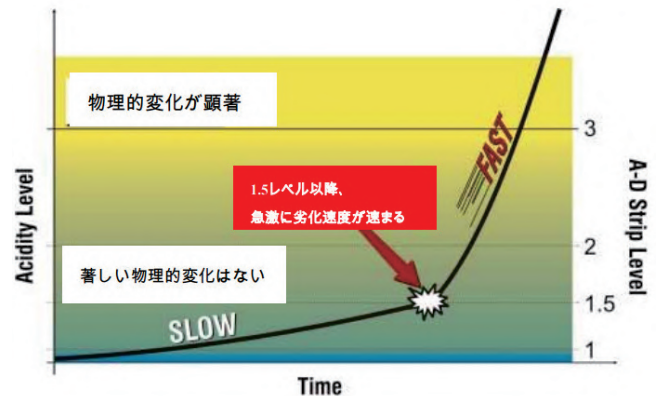


図-2 A-D Strips のレベルと劣化状態の相関図  
(国際マイクロ写真工業社)

## 2.2 空中写真フィルムの酸性ガス濃度調査

ビネガーシンドロームの進行状況を客観的に判断する指標として、酸性ガスの濃度が挙げられる。本調査では、一般的な酸性ガスの濃度を判定する方法である、酸性ガス測定紙 (A-D Strips) による判定法を採用した。A-D Strips は、空气中的酸性ガスの濃度を測定することができる紙片である。カラーチャート (図-1) のとおり、酸性ガスがない状態では青色を呈し (レベル 0)、酸性ガスの濃度が上がるにつれて、緑色を経由して黄色 (レベル 3) へと変化する。メーカー仕様では同一環境 (酸性ガス濃度) 下に最低 24 時間曝露することで、その酸性ガス濃度に応じた色に変化する。その後は酸性ガス濃度に変化がない限りは、測定を継続しても色が変化することはない。また、リトマス試験紙などとは異なり、例えば一度レベルが高い状態まで変色した後に酸性ガス濃度が低い環境に曝すと、レベルが低い状態の色に変化する。そのため、容器の外に出して酸性ガス濃度が異なる空気に触れると色が変わってしまう点に注意が必要である。

本調査では、A-D Strips の標準的な使用方法として推奨されている、レベル 0~レベル 3 を 0.5 刻みで 7 段階に分けて判定する方法を用い、空中写真フィルムの酸性ガス発生状況を把握した。この方法では、カラーチャートの最も近い色の数値がレベルの値になる。例えばレベル 0 とレベル 1 のちょうど中間に当たる色の場合にはレベル 0.5 と判定する。図-

## 3. 調査結果

### 3.1 空中写真フィルムの種別調査結果

2.1 節で述べた調査で得られた結果を表-1 に示す。今回の調査の中で、外側は PET フィルムだが、内側にテープで接続された TAC フィルムが存在する缶 (写真-5) が少なくとも 37 缶あることを確認した。空中写真フィルムを接続させている理由として、空中写真フィルムがロール状であることから、スキヤニング等を実施する際に空中写真フィルムを巻き取りやすくするためと考えられる。PET フィルムと TAC フィルムが接続しているかどうかを確認するには数メートル程度空中写真フィルムを引き出す必要があるが、劣化により空中写真フィルムが癒着しているものもあり、フィルムに損傷を与えないよう引き出して確認する作業は最低限しか実施しなかった。そのため、このような空中写真フィルムは今回把握した缶数以上に存在すると考えられる。今回の調査でフィルムが接続していることに気がついた場合、外側の PET フィルムに画像がないものは「TAC フィルム」、外側の PET フィルムに何らかの画像があるものは「TAC/PET フィルム」として整理した。また、フィルムが黒味を帯びている (写真-6) など種別調査が困難であった空中写真フィルム 16 缶については「種別不明」と整理した。

表-1 空中写真フィルムの種別調査結果一覧

	缶数	うち、2.2節の調査対象缶数
TAC フィルム	1,672	1,672
PET フィルム	10,758	3,379
TAC/PET フィルム	2	2
種別不明	16	16
合計	12,448	5,069



写真-5 PETフィルム（外側）とTACフィルム（内側）が接続された空中写真フィルム例



写真-6 黒味を帯びた空中写真フィルム例

### 3.2 空中写真フィルムの酸性ガス濃度調査結果

3.1 節の調査結果に基づき、TAC フィルムと判定された1,672 缶、TAC/PET フィルム2 缶、それらの周辺に保管されているPET フィルム3,379 缶、種別不明と判定された16 缶の合計5,069 缶（表-1）について、2.2 節の調査を実施した。得られた調査結果を表-2 に示す。撮影年代の近い空中写真フィルムは近接して保管されており、周囲にTAC フィルムがある場合、PET フィルムと判定された空中写真フィルムも3.1 節で述べたようにPET フィルムとTAC フィルムが接続している可能性がある。そのため、PET フィルム3,379 缶も調査対象とした。また、TAC フ

ィルム及びPET フィルムにおけるA-D Strips のレベル値の割合を、それぞれ図-3 及び図-4 に示す。PET フィルムと判定されたもののうち、A-D Strips のレベル3 を示したものは35 缶あった。これらについて再度空中写真フィルムを引き出して確認したところ内側のTAC フィルムと接続されていたことから「TAC フィルム」と判定し直している。なお、3.1 節の調査結果はこの判定し直した結果を反映したものである。

TAC フィルムのうち、急速にビネガーシンドロームが進行するというレベル1.5 以上の値を示した空中写真フィルムは図-3 のとおり約85%にのぼり、多くのTAC フィルムにおいてビネガーシンドロームが進行していると推定される。PET フィルムは図-4 のとおりほとんどがレベル1 以下を示しているが、レベル1.5 以上の値を示したものは7 缶（表-2 の赤字）、種別不明においては12 缶（表-2 の青字）あった。これらの空中写真フィルムはTAC フィルム、あるいはPET フィルムにTAC フィルムが接続されている可能性が高い。また、TAC フィルムにおいてレベル1 以下の値を示しているものが約15%あることから、PET フィルムでレベル1 以下を示しているものにもTAC フィルムが含まれている可能性がある。しかし、対象となる缶数が多く、1 缶ごとに空中写真フィルムを引き出す必要があるため、これらを全て確認することは困難である。

1 章で述べたとおり、「酢酸臭が出始める時期は、密閉状態の場合、温度24℃、相対湿度50%で約30年」と言われている。保管環境は同一であるため、撮影年代ごとに劣化の状況が把握できれば、今後重点的に対策が必要な対象を絞り込める可能性がある。そこで、A-D Strips レベル値が撮影年代によってどのように異なるのか、TAC フィルム及びTAC/PET フィルム計1,674 缶（表-2 の緑字）のA-D Strips レベル値を5年ごとに整理した（表-3）。また、空中写真フィルムが0 缶又は1 缶の年代を除く1974 年までについて、A-D Strips レベル値の割合のグラフを図-5 に示す。年代によって空中写真フィルムの缶数が異なるため単純に比較はできないが、特に多くの酸性ガスを発生させているレベル3 を示した空中写真フィルムは1969 年までの古い年代に集中している。1970 年～1974 年においてはレベル3 を示す空中写真フィルムはないが、レベル1.5 以上を示す空中写真フィルムは約46%ある。また、それ以前の年代の空中写真フィルムは半分以上がレベル3 を示していることから、1970 年～1974 年の空中写真フィルムもこれから急速にビネガーシンドロームが進行し、レベル3 を示すほどの酸性ガスが発生する可能性がある。そのため、特に1969 年までの空中写真フィルムは優先的に対策を行っていく必要があるが、それ

以降の年代の空中写真フィルムについても、ビネガ 策を行うことが望ましい。  
 ーシンドロームの進行を抑制するための予防的な対

表-2 空中写真フィルムの酸性ガス濃度調査結果の一覧

A-D Strips レベル値	TAC フィルム (缶)	PET フィルム (缶)	TAC/PET フィルム (缶)	種別不明 (缶)	計 (缶)
0	0	1,349	0	0	1,349
0.5	63	1,987	0	2	2,052
1	178	36	1	2	217
1.5	124	4	0	1	129
2	82	1	0	1	84
2.5	97	2	0	1	100
3	1,128	0	1	9	1,138
計 (缶)	1,672	3,379	2	16	5,069

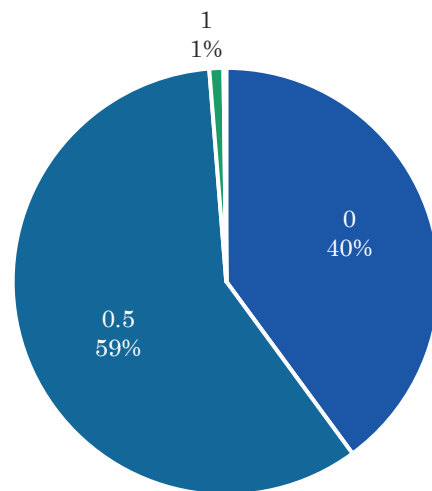
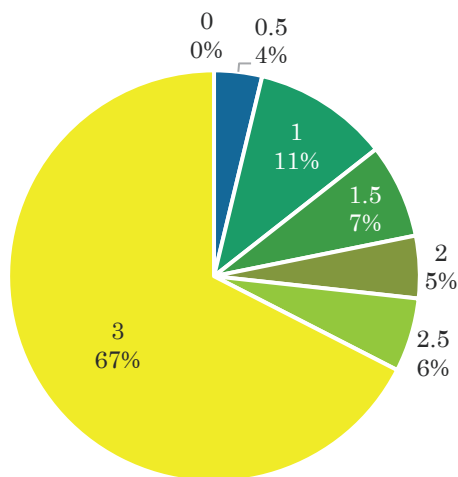


図-3 TAC フィルムの A-D Strips レベル値の割合

図-4 PET フィルムの A-D Strips レベル値の割合

表-3 TAC フィルム及び TAC/PET フィルムの 5 年ごとの A-D Strips レベル値

A-D Strips レベル値	～1959 年 (缶)	1960 年～ 1964 年 (缶)	1965 年～ 1969 年 (缶)	1970 年～ 1974 年 (缶)	1975 年～ 1979 年 (缶)	1980 年～ (缶)	計 (缶)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	4	38	17	4	0	0	63
1	15	113	48	3	0	0	179
1.5	6	57	56	5	0	0	124
2	3	59	20	0	0	0	82
2.5	3	54	39	1	0	0	97
3	35	858	235	0	0	1	1,129
計 (缶)	66	1,179	415	13	0	1	1,674

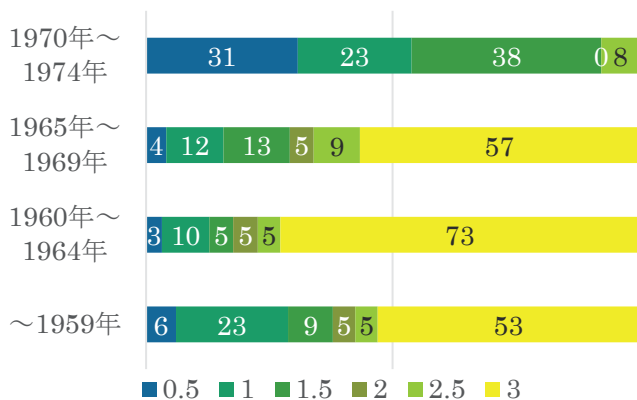


図-5 5年ごとのA-D Strips レベル値の割合(%) (1974年まで)

## 4. 考察

### 4.1 今後の対策の対象

これらの調査結果を踏まえ、今後ビネガーシンドロームへの対策を優先的に講ずるべき対象は、撮影年代を問わず、今回 TAC フィルムと判定された1,672 缶のほか、TAC/PET フィルム及び種別不明の18 缶、PET フィルムのうちレベル1 以上を示した空中写真フィルム43 缶の計1,733 缶とすることが望ましい。レベル1 以上のPET フィルムを対象としたのは、PET フィルムと判定されたTAC フィルムを幅広く対象とするためである。2.1 節で述べたようにPET フィルムはビネガーシンドロームが発生しないことから、PET フィルムの酸性ガスの濃度が高い場合にはTAC フィルムが接続しているなどが推測される。図-4 のとおり酸性ガス濃度を測定したPET フィルムのうち約99%がレベル0.5 以下を示していることから、レベル1 を超える場合はTAC フィルムが接続している可能性が高い。また、TAC フィルムが接続している場合、レベル1.5 には達していないがこれからビネガーシンドロームが進行していく可能性がある。

一方、表-2 のとおりTAC フィルムであってもレベル0.5 を示す場合がある。そのため、3.2 節の調査においてレベル0.5 以下を示したPET フィルムにもTAC フィルムが含まれている可能性を考慮し、予防的に対策を講ずることは適切である。しかし、レベル1 を示したフィルムよりも急激にビネガーシンドロームが進行するとは考えにくい。そのため、これらは前述のビネガーシンドロームへの対策を優先的に講ずるべき対象には含まれない。ただし、今後ビネガーシンドロームが進行していることを確認した場合は、優先的に対策を講ずる対象とする必要がある。なお、3.2 節で述べたとおり、酸性ガス濃度調査の対象としていないPET フィルムは撮影年代からもTAC フィルムが含まれている可能性は低く、現時点でのビネガーシンドロームへの対策は不要である。

### 4.2 空中写真フィルムの劣化

調査結果から、TAC フィルムの多くでビネガーシンドロームが進行していることは明確である。さらに、TAC フィルムと判定されたもの以外にもTAC フィルムが含まれている可能性があることを踏まえた対策が必要である。実際の空中写真フィルムでは、酸性ガス発生以外にも層の剥離や結晶化、変形などの劣化現象(写真-1, 2)が生じている。状況によっては薬剤などを使用して元の状態に近づけることも可能だが、一般的にそのような作業は、例えばスキヤニングをしやすいするための一時的な対策に過ぎない。いずれにせよ、このような劣化現象が生じた空中写真フィルムが利用に耐えうるのかをまず確認する必要がある。基本測量成果の空中写真フィルムは既に全て数値化されている。そのため、過去に数値化したデータと令和3 年度に改めて数値化したデータを比較し、空中写真フィルムの劣化が進んでいるのか、利用に耐えうるのかを検証した。

調査結果からビネガーシンドロームが進行していると推測されるレベル3 を示した3 缶を無作為に抽出した。それぞれ空中写真フィルムの最初、真ん中、最後に当たる3 枚ずつ、計9 枚の空中写真について令和3 年度に数値化を行った。これらの空中写真は全て平成21 年度に数値化されており、そのデータと令和3 年度に数値化を行ったデータを比較したところ、9 枚のうち7 枚について、平成21 年度と比べて令和3 年度数値化時のエラーが見受けられた。令和3 年度に数値化を行った際には、空中写真フィルムの歪み、反り返りや硬化により数値化作業時に圧着しきれないことによる画像のずれ(図-6)、無数のひび割れのような模様(図-7)や白い粉の付着が一部の空中写真フィルムでみられ、以前のような数値化データを作成することは困難であった。このことから、少なくともこの12 年間に劣化が進行し、数値化することが困難になってきている空中写真フィルムが複数存在していることが分かる。

これらのことから、このまま保管を継続したとしても、空中写真フィルムの劣化に伴い数値化が困難な空中写真フィルムが更に増加することが予想される。今回の調査では、このような酸性ガス濃度以外の調査を空中写真フィルム全体に対して実施できなかった。利用に耐えられない可能性がある空中写真フィルムの現状を把握するためにも、目視調査等を適宜実施していく必要がある。ただし、保管環境等の対策を講じたとしても既に劣化した空中写真を元に戻すことはできず、劣化進行のスピードを多少抑制するに過ぎない。目視調査等の結果を踏まえ、必要な保管管理・対策を行っていくことが重要である。

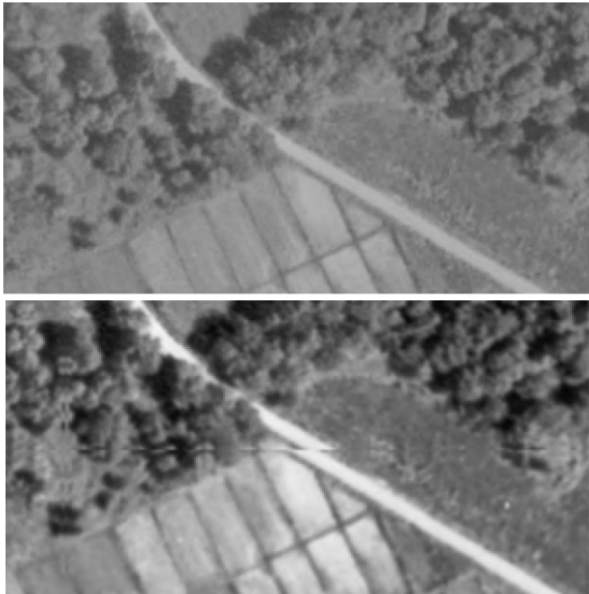


図-6 圧着の不足による画像のずれが生じた例（上：平成 21 年度，下：令和 3 年度数値化）



図-7 結晶化によるひび割れのような模様が生じた例（上：平成 21 年度，下：令和 3 年度数値化）。

#### 4.3 今後の対策方法

今後の対策方法を検討する上で、まずは 1 章で述べたようなビネガーシンドローム以外で発生する異常現象についても、概要を把握しておく必要がある。これはビネガーシンドロームへの対策（温度・湿度・酸性ガス対策）が、空中写真フィルムに他の異常現象を引き起こさないようにするためである。日本画像情報マネジメント協会（2005）から、フィルムに起きる異常現象として、変色、退色、カビ、くっつき・膜面のはく離、クラック・ひび割れ、マイクロスコピックブレミッシュ（黄色・褐色の斑点）、TAC

ベースの劣化（ビネガーシンドローム）が挙げられている。これらの現象、発生原因、防止対策、発生時の対応策について、フィルムの異常現象（ビネガーシンドローム以外）一覧を、表-4 にまとめた。この表からも分かるとおり、多くの異常現象は温湿度環境が原因となって発生している。このことから、異常現象発生対策として、適切な温度・湿度を保つ保管環境を整えることが有効であることが分かる。この保管環境整備はビネガーシンドロームの対策にも必要なものである。

JIS K 7641 では、その期待できる寿命（Life Expectancy；以下「LE」という。）によって、長期保存条件（LE=500 年，温度-10～7°C，湿度 20～50%）と中期保存条件（LE=10 年，平均温度 21°C以下，最高温度 32°C未満，平均湿度 50%未満，最高湿度 60%未満）が示されている。保管庫の空調設備では、中期保存条件であれば満たすことができる可能性がある。現在の保管環境は令和 2 年度の記録から、平均温度 21.3°C，最高温度 26.9°C，平均湿度 48.3%，最高湿度 79.0%である。このことから、平均湿度及び最高温度は中期保存条件を満たしているが、平均温度及び最高湿度は条件を満たせていない。ただし、JIS K 7641 の中期保存条件において、平均温度は 25°Cを超えないことが望ましいとも書かれており、その条件であれば満たしている。一方、現在の空中写真フィルムのように密閉容器に保管されていると、保管庫内の湿度を調整したとしても、容器内の湿度は調整できない可能性がある。その場合には、調湿剤の使用も対策として挙げられるが、低湿になり過ぎないように注意する必要がある。そのため、保管庫内の空調管理と共に、フィルム専用の調湿剤を活用する方法がよいと考えられる。フィルム専用の調湿剤は、一般的なフィルムの保管に適切な湿度を維持する機能を持ち、高湿や低湿になることを予防する効果がある。

また、酸性ガス対策として、酸性ガスの吸着や分解をするフィルム劣化対策剤の投入が有効と考えられる。そのようなフィルム劣化対策剤としては、例えば株式会社 IMAGICA エンタテインメントメディアサービスの「CineKeep1」（写真-7）及び「CineKeep2」（写真-8）が挙げられる。これらは酸性ガスの吸着以外に調湿の効果も併せ持っており、ビネガーシンドロームだけではなく、湿度に関係する異常現象の発生や進行を抑える効果が期待できる。通常の使用方法は、フィルムの入った容器内にこれらの劣化対策剤を入れ、保管しながら酸性ガスを吸着していくものである。本調査では更なる劣化を少しでも防ぐために、2.2 節で述べた酸性ガス濃度調査を実施した空中写真フィルム 5,069 缶に対して、これらのフィルム劣化対策剤を投入した。空中写真フィルムは缶

ごとにフィルムの長さや容器のサイズが異なり、容器内の隙間に適切にフィルム劣化対策剤を投入することができるよう、どちらがよいか適宜判断しながら缶ごとに投入した。1 缶当たりのフィルム劣化対策剤は、CineKeep1 は 1 個、CineKeep2 は 3 個とした。

酸性ガス対策がビネガーシンドローム以外の異常現象を引き起こすことは考えにくいことから、これまで述べたような温湿度管理や酸性ガス対策を行うことで、空中写真フィルムの劣化スピードを抑制する効果が期待できる。

表-4 フィルムの異常現象（ビネガーシンドローム以外）一覧

異常種別	現象	発生原因	防止対策	発生時の対応策
変色	フィルム全体が黄褐色に変色	定着不良 水洗不良 (現像処理)	指定条件内での処理 処理機の定期メンテナンス	フィルムの複製
退色	画像部の濃度が低くなる	水洗不良 保存条件 (現像処理, 保管環境)	適切な現像処理 JIS/ISO の推奨条件で保存する	フィルムの複製 再現像による修復 デジタル化した後にマイクロ化 ※カラーフィルムは修復が難しい。
カビ	乳剤膜にカビが発生し、膜面・膜内画像がおかされる	湿度 60%以上での保管 乾燥不良 手で直接接触した (保管環境, 取り扱い)	JIS/ISO の推奨条件で保存する 指紋をつけない	膜内のカビは取り除けない 表面のカビは取れることがある
くっつき 膜面のはく離	フィルム同士のはりつきで、膜がはがれる	湿度 60%以上での保管 温湿度の異常な変動 乾燥不良 (保管環境)	JIS/ISO の推奨条件で保存する 調湿剤・乾燥剤の使用	程度によるが、重度のものは救済不可
クラック ひび割れ	エッジ部分のはく離、ひび割れ、画像膜前面に網目状のひび	湿度 15%以下になる変動の繰り返し 湿度 15%以下で手荒な取り扱い (保管環境, 取り扱い)	湿度 15%以下にしない	発生後の復元は不可 軽度のうちにフィルムの複製
マイクロ スコピック プレミ ッシュ	黄色・褐色の斑点	有害物質・ガス (保管環境)	有害物質・ガス（オキシダント, 亜硫酸ガス, 過酸化水素等）が進入しない低温低湿保管 適切な部屋・包材	フィルムの複製で、程度は軽くなる 保存条件（温度・湿度・吸着剤の使用）をよくすると進行は止まる

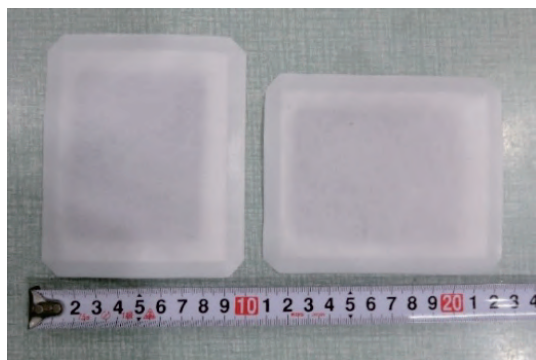


写真-7 フィルム劣化対策剤「CineKeep1」

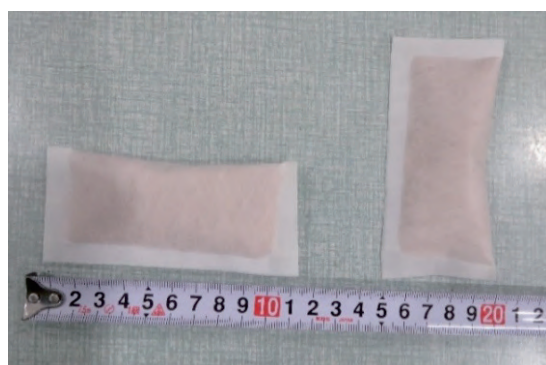


写真-8 フィルム劣化対策剤「CineKeep2」

## 5. まとめ

国土地理院が保有する空中写真フィルムについて、ビネガーシンドロームという劣化現象が発生するTACフィルムを把握するための調査、ビネガーシンドロームに伴い発生する酸性ガスの濃度を測定する調査及び劣化の対策法についての検討を行った。調査により、空中写真フィルムのうち約13%はビネガーシンドロームが発生する可能性があるTACフィルムであることが分かった。また、それらTACフィルムのうち約85%において急速にビネガーシンドロームが進行すると言われる酸性ガス濃度レベル1.5以上の測定結果を得た。さらに、酸性ガス発生以外にも変形や層の剥離、結晶化などの現象が発生している空中写真フィルムが存在しており、数値化にも支障があるほど劣化が進行していた。

今後も空中写真フィルムを保管していく限りにおいては、適切な対策を講ずる必要がある。しかし、あらゆるフィルムは対策を講じたとしても、限られた寿命がある。今回の調査で得られた知見を参考にしつつ、引き続き必要な保管管理・対策を行っていく。

(公開日：令和4年10月28日)

## 参考文献

- 荒井宏子 (2003) : 写真資料の保存, 日本図書館協会.
- 文書管理通信編集室 (1994) : セルロースアセテートベースフィルムの劣化問題, 文書管理通信, No.14, 2-12, <https://www.bunkan.jp/bunkan/No014.pdf> (accessed 20 April. 2022).
- 富士フィルム株式会社 : フィルムベース不燃化へのチャレンジ - TAC ベースの開発, 50 年のあゆみ, <https://www.fujifilm.co.jp/corporate/aboutus/history/ayumi/dai2-04.html> (accessed 20 April. 2022).
- Image Permanence Institute (2001) : “USER'S GUIDE For A-D STRIPS”, [https://www.kmsym.com/products/microfilm/ads/ad-strips\\_IPI.pdf](https://www.kmsym.com/products/microfilm/ads/ad-strips_IPI.pdf)
- 国際マイクロ写真工業社 : “USER'S GUIDE For A-D STRIPS”, [https://www.kmsym.com/m/products/microfilm/ads/ad-strips\\_kms.pdf](https://www.kmsym.com/m/products/microfilm/ads/ad-strips_kms.pdf) (accessed 27 April. 2022).
- 国際マイクロ写真工業社 : A-D Strips, <https://kmsym.com/products/microfilm/ads/index.html> (accessed 27 April. 2022).
- 日本画像情報マネジメント協会 (2005) : マイクロフィルム保存の手引, [https://www.jiima.or.jp/wp-content/uploads/basic/Microfilm\\_hozon.pdf](https://www.jiima.or.jp/wp-content/uploads/basic/Microfilm_hozon.pdf) (accessed 20 April. 2022).