脱酸素剤の文化財顔料等に及ぼす影響

木川　りか・宮沢　淑子・朽津　信明
佐野　千絵・山野　勝次・三浦　定俊

1．はじめに

文化財の害虫などによる生物被害は全国いずれの場所においても起こり，またその進行は著しく速いため，生物被害の防除は極めて重要な問題である。しかし，これまで文化財の殺虫燻蒸ガスとして広範に用いられてきた臭化メチルが，オゾン層の保護のため昨年9月の第9回モントリオール議定書締約国会議において，先進国については2005年に全廃されることとなった。そのため，我々は臭化メチルに替わる方法のひとつとして脱酸素による殺虫法をわが国の文化財にも適用すべく検討を進めてきた。

脱酸素処理法は，防虫・防黴を兼ねた長期保存方法として，また最近は新たな殺虫法としても脚光を浴びつつある。処理には大別して，窒素やアルゴンなどの不活性ガスを用い密閉空間内の空気を入れ換える方法と，脱酸素剤を用いる方法がある。いずれも密閉空間内の酸素濃度を0.1%程度にまで下げ，酸欠状態で害虫を窒息させる方法である。脱酸素剤を用いる方法は手軽で便利な方法であるが，脱酸素剤も多くの種類があるので文化財材質に影響を及ぼす可能性が低いものを慎重に選ぶ必要がある。そこで今回，各種の脱酸素剤による脱酸素環境が顔料等に与える影響を検討した。また，比較のため一部の防虫剤，防黴剤による影響も同時に検討した。

2．試験方法

2-1．脱酸素剤

影響試験を行った脱酸素剤は表1のとおりで，いずれも三菱ガス化学㈱製である。各脱酸素剤について概略を説明すると，脱酸素剤A（エージレスZ）は鉄の酸化反応を利用して酸素を吸収するもので，若干の水分が放出されるタイプであるが，欧米で一般的に文化財に使用されている。脱酸素剤B（エージレスG）は，酸素を吸収する代わりに二酸化炭素を発生するので文化財には通常使用しないタイプである。脱酸素剤C，脱酸素剤Dは，最近出土品用として普及してきた脱酸素剤であるRPシステム（水分吸収型）における従来品と1997年1月現在の改良品であり，脱酸素剤Eは水分を吸収しない（水分中立型）RPシステムKタイプ（1996年12月開発品）である。

このほか，比較のため防虫剤パラジクロロベンゼン，防黴剤パラホルムアルデヒドについても同様に影響を観察した。

2-2．試験に使用した顔料・染料および供試形態

白緑，群青，朱，岱赭，黄土，鉛丹，弁柄，密陀僧[注1)]，鉛白[注2)]および染料の藍について試験を行った。

その際，麻紙に膠で顔・染料を彩色した彩色片（以下，彩色片と呼ぶ），および乾燥した顔・染料粉体をそのまま濾紙(Whatman製 Filterpaper No.1，丸型，直径2 cm)に塗りつけたもの(以下，顔・染料粉体と呼ぶ）を用意した。

彩色片は，濾紙（ADVANTEC製　51 A）に木綿糸で固定し（写真1），顔・染料粉体は，お互いが混じらないようにポリスチレン製の12ウェルの容器（Falcon Tissue culture plate No.

表1　試験に使用した脱酸素剤

種別	脱酸素剤商品名	脱酸素剤の性質
脱酸素剤A	エージレスZ	無機系（鉄系）
脱酸素剤B	エージレスG	有機系 吸収した酸素と等容量の二酸化炭素を放出
脱酸素剤C	RPシステム/従来品	有機系 水分吸収型
脱酸素剤D	RPシステム/ 1997年1月現在改良品	有機系 水分吸収型
脱酸素剤E	RP-Kタイプ/1996年12月開発品	有機系 水分中立型

3503）に入れた（写真2）。

2-3．供試方法

基本的には，封入する空気容積に対して標準量の脱酸素剤を用いたが，いくつかの脱酸素剤では過剰量（約2.5～4倍量）用いた場合についても同様に検討した。

顔料等のテストサンプル，脱酸素剤，酸素濃度インジケーターを，一定量の空気とともに封入し，25℃の恒温槽中で影響試験を行った。これらを試験区とし，顔料等のテストサンプルのみを定量の空気とともに封入し，同様に25℃の恒温槽中においたものを対照区とした。

封入材には，KON/PEプラスチックバッグ（ポリ塩化ビニリデンコート延伸ナイロン20 μm/ポリエチレン40 μm，平袋状・大きさ20×30 cm）（三菱ガス化学㈱），またはエスカル（セラミック蒸着PVA使用フィルム，全厚113 μm，平袋状・大きさ20×30 cm）（三菱ガス化学㈱）を用いた。また，酸素濃度インジケーターには，エージレスアイまたはRP用インジケーター，（いずれも三菱ガス化学㈱による）を用いた。空気の導入はシリンジを用いて行った。

試験期間としては，殺虫を目的とするならば25℃で1カ月間程度がひとつの目安であるが，防虫・防黴目的で長期保存を行う場合も念頭に入れて，6カ月間におよぶ変化を観察した。

2-4．変色の評価

変色の評価については，まず目視で対照区との色調の違いを観察した。

さらに，目視で変色が認められた顔料については測色を行った。麻紙に膠で彩色したテストピースは，カラーテスター（スガ試験機株式会社製，カラーテスター　SC－3）を用いて測色を行った。顔・染料粉体のサンプルについては，JISの標準色票を用いて目視で実物に近い色相（H），明度（V），彩度（C）を記述し，一部についてはミノルタ分光測色計（ミノルタ株式会社製，CM－503d）を用いて測色を行った。

さらに，変色が認められた顔料の一部については，微小部X線回折装置（マックサイエンス社製M 18 XHF－SRA）を用いてX線粉末回折を行った。

3．結果と考察

3-1．彩色片の試験結果の概要

彩色片の変色を目視により判定した結果を表２に示す。

彩色片については，防黴剤パラホルムアルデヒドで密陀僧に顕著な変色がみられた以外は，目視では大きな影響はみられなかった。

ただし，軽微な変化としては，同じく密陀僧で色調の変化がみられるケースがあった(表２の±，すなわち脱酸素剤Ａや脱酸素剤Ｂの過剰量，パラジクロロベンゼンの項目に相当)。これらをカラーテスターで測色し，Ｌ*ａ*ｂ*の値から色差（△Ｅ）を求めた結果を図１に示す。

色差（△Ｅ）をみても，脱酸素剤Ａや脱酸素剤Ｂの過剰量でみられる変色度は軽微であり，明らかに有意なレベルではない。また，標準量の実験ではほとんど変色は認められない。

脱酸素剤Ａや脱酸素剤Ｂの過剰量でみられる色調の変化に伴って，それぞれどのような化学的な変化が起こっているかについては，顔･染料粉体のサンプルで調べたので，以下の項で述べる。

表２　彩色片の変色*

脱酸素剤種別	薬剤	使用量	白緑	群青	朱	袋緒	黄土	鉛丹	弁柄	密陀僧	鉛白	藍
脱酸素剤Ａ	－	標準量	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
脱酸素剤Ａ(過剰量)	－	過剰量(約３倍)	－	－	－	－	－	－	－	±	－	－
脱酸素剤Ｂ	－	標準量	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
脱酸素剤Ｂ(過剰量)	－	過剰量(約2.5倍)	－	－	－	－	－	－	－	±	－	－
脱酸素剤Ｃ	－	標準量	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
脱酸素剤Ｄ	－	標準量	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
脱酸素剤Ｅ	－	標準量	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
脱酸素剤Ｅ(過剰量)	－	過剰量(約４倍)	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
－	パラジクロロベンゼン	5 g/800 ml	－	－	－	－	－	－	－	±	－	－
－	パラホルムアルデヒド	5 g/800 ml	－	－	－	－	－	－	－	＋	－	－

＊25℃，６カ月間の経過を目視で観察した。

＋：再現的に明らかに変色　　±：毎回ではないが，軽微な変色がみられる場合があった　　－：変色がみられない

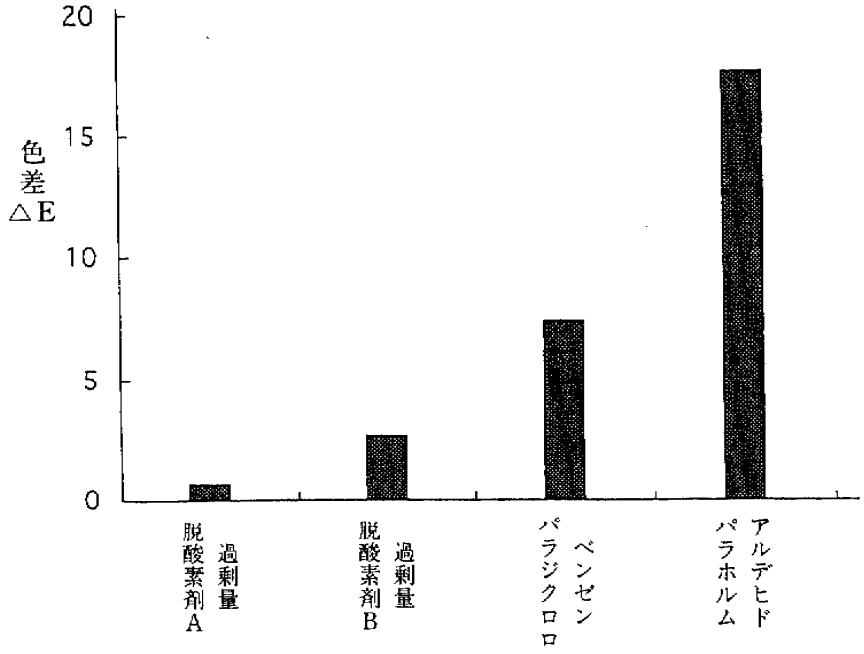

図1　密陀僧彩色片の色差 △E

密陀僧彩色片で変色がみられたサンプルについて，対照のサンプルとの色差（△E）を求め，表示した。

3-2．顔・染料粉体の試験結果の概要

顔・染料粉体の変色を目視により判定した結果を表3に示す。

顕著な変化として，二酸化炭素を発生する性質をもつ脱酸素剤Bで，鉛丹の顔料粉体の褐色化が認められた(表3，写真3，およびデータの詳細は表4参照)。この鉛丹の褐色化は，早い場合は試験開始後1週間程度で認められた。

また，密陀僧粉体についても，彩色片のときとほぼ同様の変色の結果が得られた。すなわち，防黴剤パラホルムアルデヒドでは密陀僧粉体に顕著な変色がみられ，また，脱酸素剤Aの過剰量，脱酸素剤Bの過剰量，パラジクロロベンゼンでも密陀僧粉体の軽微な色調の変化がみられる場合があった（表3）。

3-3．脱酸素剤Bによる鉛丹粉体の変色

脱酸素剤Bによって変色した鉛丹の化学的な変化を調べるために，X線粉末回折を行った。その結果，主成分の鉛丹のほかに，白鉛鉱(炭酸鉛；$PbCO_3$)が形成されていることが明らかになった(図2)。これは対照には検出されないため鉛丹の変質鉱物として形成されたと考えられ，白色物質であるが変色原因の一つとなっている可能性が考えられる。また，脱酸素剤Bは吸収した酸素と等容量の二酸化炭素を放出する性質を持ち，試験空間は脱酸素環境であるとともに，理論上約20%の二酸化炭素濃度になるため，この化合物の生成には脱酸素剤Bから発生する二酸化炭素が関与している可能性がきわめて高いと考えられる。

また製法の異なる可能性のある鉛丹A，鉛丹Bを異なる湿度条件で脱酸素剤Bとともに2週間封入した。脱酸素剤を入れずに60%RHに保持したそれぞれの対照のサンプルとの色差（△E）を湿度条件に対してプロットしたところ，脱酸素剤Bでみられた鉛丹の変色の度合いは，環境の相対湿度が高いほど顕著であることがわかった(図3)。二酸化炭素は高湿度になるほど水分に溶

表 3　顔・染料粉体の変色*

脱酸素剤種別	薬剤	使用量	白緑	群青	朱	袋緒	黄土	鉛丹	弁柄	密陀僧	鉛白	藍
脱酸素剤A	−	標準量	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
脱酸素剤A (過剰量)	−	過剰量 (約3倍)	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−
脱酸素剤B	−	標準量	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−
脱酸素剤B (過剰量)	−	過剰量 (約2.5倍)	−	−	−	−	−	+	−	±	−	−
脱酸素剤C	−	標準量	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
脱酸素剤D	−	標準量	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
脱酸素剤E	−	標準量	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
脱酸素剤E (過剰量)	−	過剰量 (約4倍)	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
−	パラジクロロベンゼン	5 g/800 ml	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−
−	パラホルムアルデヒド	5 g/800 ml	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−

＊25℃，6カ月間の経過を目視で観察した。
＋：再現的に明らかに変色　　±：毎回ではないが，軽微な変色がみられる場合があった　　−：変色がみられない

表 4　鉛丹粉体の変色度

脱酸素剤	薬剤	色差（△E）	外観色（系統色名）
なし（対照）		−	あざやかな黄赤
脱酸素剤A		2.2	あざやかな黄赤
脱酸素剤B		20.1	こい黄赤
脱酸素剤C		1.4	あざやかな黄赤
脱酸素剤D		1.1	あざやかな黄赤
脱酸素剤E		0.9	あざやかな黄赤

鉛丹粉体の各サンプルについて分光測色計（ミノルタ株式会社製，CM−503 d）を用いて得られたL*a*b*表色系の値をもとに，脱酸素剤なしで放置した対照のサンプルの値を基準値とした色差（△E），および系統色名を示した。

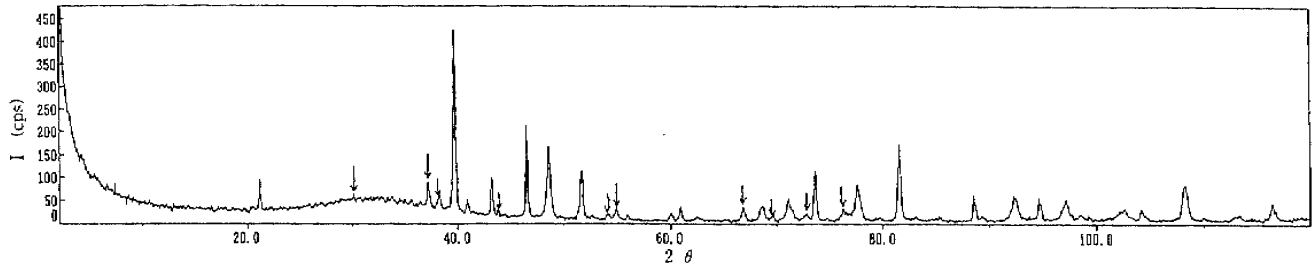

図 2　脱酸素剤Bによる鉛丹粉体の変化

主成分の鉛丹（Pb_3O_4）に帰属されるピークのほかに，白鉛鉱（炭酸鉛；$PbCO_3$）の存在を示すピーク（図中，↓で示す）が出現している。一方データは示していないが，脱酸素剤なしで放置した対照の鉛丹では主成分の鉛丹に帰属されるピークのみが検出されている。

X線粉末回折の測定は，40 kV，200 mA の条件で CrKα 線（λ＝2.28964）を用い，走査速度 2 deg/min，サンプリング幅 0.04 deg，発散スリット・散乱スリット 1 deg，受光スリット 0.15 mm の条件で行った。

解して炭酸を生じやすいことから，脱酸素剤Bについては，発生する二酸化炭素が湿度が高い条件で炭酸を生じ，白鉛鉱（炭酸鉛）の生成，および変色に関与している可能性が高いと考えられる。しかし，現時点では脱酸素剤Bから二酸化炭素以外に発生する微量のガス成分に関しての詳しいデータがないことから，二酸化炭素以外の成分が鉛丹の変色に何らかの形で関与している可能性も否定はできない。

また，同じ鉛丹であっても製品が異なれば変色の度合いも異なることがわかった。図3は鉛丹の異なる製品（それぞれ鉛丹A，鉛丹Bとする）についての結果を示すが，鉛丹Bの方がより変色しやすいことがわかる。すなわち，製品ごとの微妙な違い（製法や微量に含まれる夾雑物の差異など）も変色のしやすさに関与していることが推察され，文化財材質への影響試験では試験片に影響がなかったから完全に安全であると言い切ることは難しく，現場でのモニタリングが重要であることを示している。

3-4．脱酸素剤Aの過剰量による密陀僧粉体の変色

脱酸素剤Aの過剰量を用いると，場合によっては密陀僧粉体の色調に軽微な変化が確認された。化学的な変化を調べるため，前項と同様にX線粉末回折を行った。

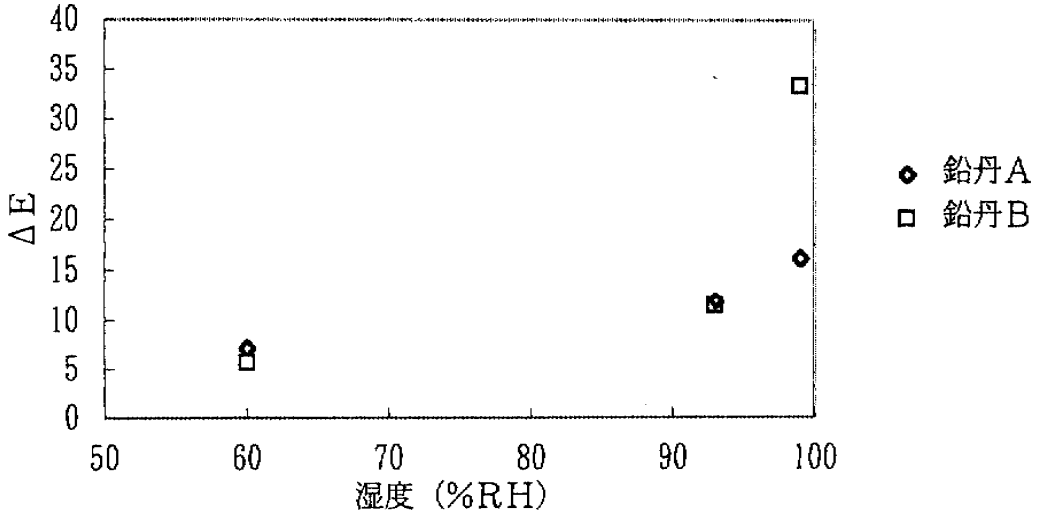

図 3　相対湿度条件の違いと色差 △E（脱酸素剤B曝露下）

表5　湿度条件の違いと密陀僧粉体の変色度

脱酸素剤	温度，湿度	H色相，V明度，C彩度	外観色（系統色名）
なし	25℃，60%RH	1.8 Y　7.8/6.6	うすい赤みの黄
なし	25℃，99%RH	3.6 Y　8.2/5.3	くすんだ黄
脱酸素剤B	25℃，93%RH	2.2 Y　7.5/6.0	くすんだ黄
脱酸素剤B	25℃，99%RH	3.3 Y　7.0/5.1	くすんだ黄

密陀僧粉体を表中の条件のもと2週間おいたのち，分光測色計（ミノルタ株式会社製，CM−503 d）で測色し，色相(H)，明度(V)，彩度(C)，および系統色名を示した。

その結果，脱酸素剤Aの過剰量で処理した密陀僧粉体では，対照のサンプルと比較して新たな鉱物は検出されなかったが，Plumbonacrite[注3)]の量が多く，おそらくこの鉱物の量が変色に関与している可能性が考えられる。

密陀僧粉体では，対照のサンプルにおいても空気中の水分と二酸化炭素を吸って少しずつPlumbonacriteができているものと考えられるが，脱酸素剤Aを過剰量用いると脱酸素剤に含まれる水分のために，さらにPlumbonacriteの生成が進みやすくなるものと推測される。

密陀僧粉体は高湿度条件にするとそれだけで色調の変化をおこしやすいことが確認されており（表5），高湿度になりやすい脱酸素剤Aの過剰な量の使用は控えるべきであろう。

3-5．脱酸素剤Bの過剰量による密陀僧粉体の変色

脱酸素剤Bを過剰量に使用すると密陀僧粉体が軽微に変色する場合があった。また鉛丹と同様，湿度が高いほど変色度はより大きいことがわかった（表5）。

密陀僧について脱酸素剤Bで変色した試料をX線粉末回折で調べると，対照でみられるβ−一酸化鉛（Massicot）およびα−一酸化鉛（Litharge）のほかに，白鉛鉱（炭酸鉛）（図中，対応するピークを↓で示す）が検出され（図4，測定条件は図2と同様），鉛丹と同様に，白鉛鉱（炭酸鉛）が形成されていることが明らかになった。すなわち，密陀僧の場合においても，脱酸素剤Bから発生する二酸化炭素が白鉛鉱（炭酸鉛）の形成に関与している可能性がきわめて高いと考えられる。

3-6．彩色片と顔・染料粉体の変色のしやすさの比較

今回，膠を用いた彩色片と顔・染料粉体をそのまま使用した試料の2通りの試料を用い，変色のしやすさを比較した。その結果，変色の傾向はほとんど同じであるものの全般に顔・染料粉体

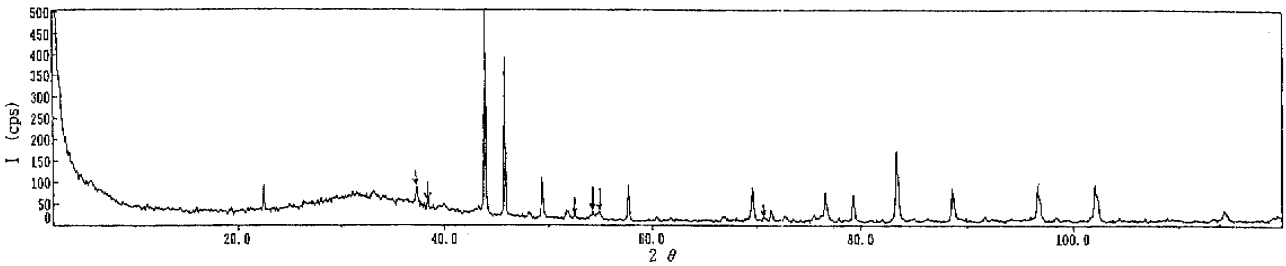

図4　脱酸素剤Bによる密陀僧粉体の変化

チャートは，表5の最下段のサンプル（脱酸素剤B，25℃，99%RH，2週間）のものを示す。測定条件は，図2と同様。

を用いた方がより鋭敏に変化が認められた。これは特に鉛丹の褐色化で顕著であった。

この理由は，膠を使用すると試験空気に顔・染料の粒子が接触する表面積が減る結果，顔・染料が変色要因から保護されているためであると考えられる。

3-7．脱酸素剤C～Eの結果について

25℃において6カ月間の経過をみた今回の試験では，脱酸素剤C～Eについて供試した顔・染料の変化はみられていない。ただし水分吸収型の脱酸素剤CとDは，本来出土金属遺物に用いるものなので，今回のテストサンプルは水分を吸収されて乾燥し，彩色片の紙などに強い反りがみられた。一方，水分中立型の脱酸素剤Eでは乾燥はみられなかった。

この結果をみる限り，ここで供試した顔・染料については脱酸素剤C～Eは問題はないと考えられる。しかし，我々が行ったガスクロマトグラフ/質量分析装置を用いた予備的な実験では，脱酸素剤Cからは，わずかにアルデヒドやブタン，ヘキサンの類が検出されている（佐野，未発表データ)。水分を完全に吸収して乾燥した状態ではまず心配はないが，水分が残っている場合にはアルデヒドの存在で影響が出るおそれはあるので，材質によっては使用にあたって留意する必要があろう。

脱酸素剤DとEにおいては，主剤を脱酸素剤Cから改良して発生するガス類は量・種類ともに相当に低減されており，アルデヒド類は検出限界以下の量であった(佐野，未発表データ)。さらに，脱酸素剤Eについては，1997年6月に改良品を開発し，発生ガスをさらに低減したとのメーカーからの技術資料がある。

3-8．過去のデータとの比較

過去には酸素濃度0.1－0.2%の環境に1カ月おくと，顔料の丹，密陀僧，岱赭に変色がおきるとの報告がある[1)]。

今回の試験では，脱酸素剤Aの標準量や脱酸素剤C～Eによって達成された酸素濃度は0.1%未満であったが，6カ月間で特に大きな変色等の影響はみられていない。この点で文献1とは異なる結果が得られているが，これは実験条件の違い，特に湿度条件の違いと用いた顔料サンプルの微妙な差異によるものではないかと推察される。文献1でも湿度が高いほど変色の度合いは大きいとの記述があるが，本実験においても鉛丹および密陀僧の実験で，湿度が大きく変色に影響することと，用いた顔料製品の違いによりかなり変色度に差が出ることが確認されている(図3)。このことから影響試験にあたっては，湿度条件と顔料の質を揃えることがデータの比較の上で重要であるといえる。

なお防黴剤パラホルムアルデヒドについては，密陀僧の顔料粉体および膠による麻紙の彩色テストピースともに顕著な変色がみられ，過去の報告[2)]と一致した。

3-9．今後の評価方法に向けて

今回の実験で，二酸化炭素発生型の脱酸素剤Bでは，鉛丹，密陀僧などの鉛系の顔料粉体で変色をきたし炭酸鉛を生じることが明らかとなった。これらの顔料粉体の変色は，特に高湿度条件で著しい。一方，鉛白については今回目視で明らかな変色がみられなかったので詳細な分析は行っていないが，鉛白の化学構造を考えると同様の変化がおきている可能性はあり，今後の検討を要する。他の顔料や染料についても目視で大きな変化がみられなくとも化学的な変化がおきている可能性は十分にあり，そのような場合についても正確な評価が行えるよう今後は評価方法を工夫していく必要がある。

4．おわりに

脱酸素剤は原料によってその性質（ガス状放出成分，水分の吸放湿など）を異にするので，材質に与える影響もそれぞれに異なる。よって，使用する材質や保存条件に合ったものを適正に選択する必要がある。とくに脱酸素剤Bは鉛系の試料に変色をおこすので，従来通り文化財への使用は避けるべきである。

さらに，ここで行った試験はあくまでも25℃（室温）で6カ月程度の期間の経過をみたものである。実際の文化財材質に与える影響を評価するためには，このほかに，過酷な温度条件におかれた場合や何年もの長期間放置された場合，また万一，内容物がこぼれて文化財に接触した場合に与える影響などに対する評価も必要と考えられる。これらすべてに対する試験を短期間に行うことは困難であるので，原料に関する正確な情報，材質に与える影響等について，メーカーからの詳しいデータ公開が不可欠であり，今後とも協力をお願いしたい。

謝　辞

本研究を行うにあたっては，三菱ガス化学㈱の豊田拓男氏，渡辺哲志氏にサンプルを供与いただきました。また，彩色試料の作製にあたって，八木三香氏に，顔料粉体の測色にあたっては，ミノルタ株式会社の手嶋潤氏にお世話になりました。記して感謝の意を表します。

注

注1)　本研究で用いたのは，市販の一酸化鉛（酸化鉛(II)）の試薬である（和光純薬工業株式会社，特級)。一酸化鉛にはαとβの二つの結晶型が知られており，前者はLitharge，後者はMassicotという鉱物名で呼び分けられるが，今回の試薬は後者を主成分としながらも若干量の前者を含むものであった。なお，日本語の鉱物名としては，一応前者を密陀僧，後者を金密陀と呼ぶとされるものの，この両者は顔料名としても同じ言葉が一般的に用いられており，この場合には色味や製法で呼び分けられるため，必ずしも鉱物名とは対応していない。今回の試薬は，成分的には鉱物としての金密陀を一応主成分とするが，純粋な金密陀鉱物だけではないため，ここでは，成分が一酸化鉛である顔料名としてより一般的な名称である「密陀僧」の語を便宜的に用いることとする。なお，本試薬中には，実験開始時点の試料ですでに，先述の一酸化鉛鉱物以外に，plumbonacrite[注3)]も微量ながら確認された。

注2)　本研究で用いたのは，市販の塩基性炭酸鉛（$Pb_2(CO_3)(OH)_2$）の試薬である（和光純薬工業株式会社)。なお，本試薬中には，実験開始時点の試料中には，plumbonacriteなどの不純物質は観察されなかった。

注3)　plumbonacriteは，化学組成が$Pb_{10}(CO_3)_6O(OH)_6$ではないかと考えられている鉛白と類似した鉱物である。

参考文献

1．見城敏子，文化財の長期保存に関する研究（第1報）(2)文化財顔料への酸素濃度の影響，古文化財の科学，25，103-107（1980）

2．森八郎，新井英夫，防虫・防黴剤の薬効と材質への影響，表具の科学，144-159，東京国立文化財研究所編（1977）

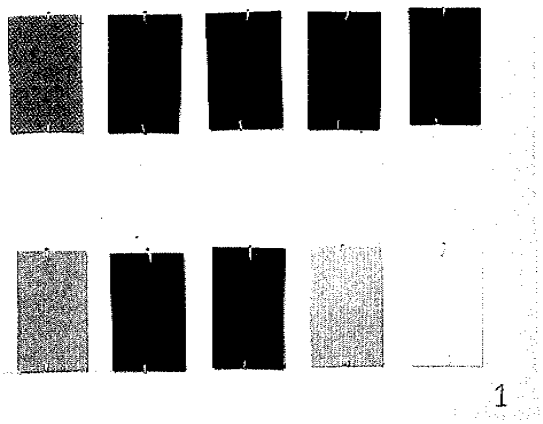

写真 1　彩色片のサンプル

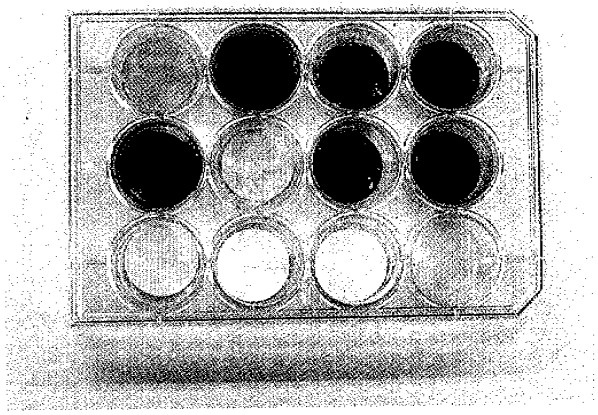

写真 2　顔・染料粉体のサンプル

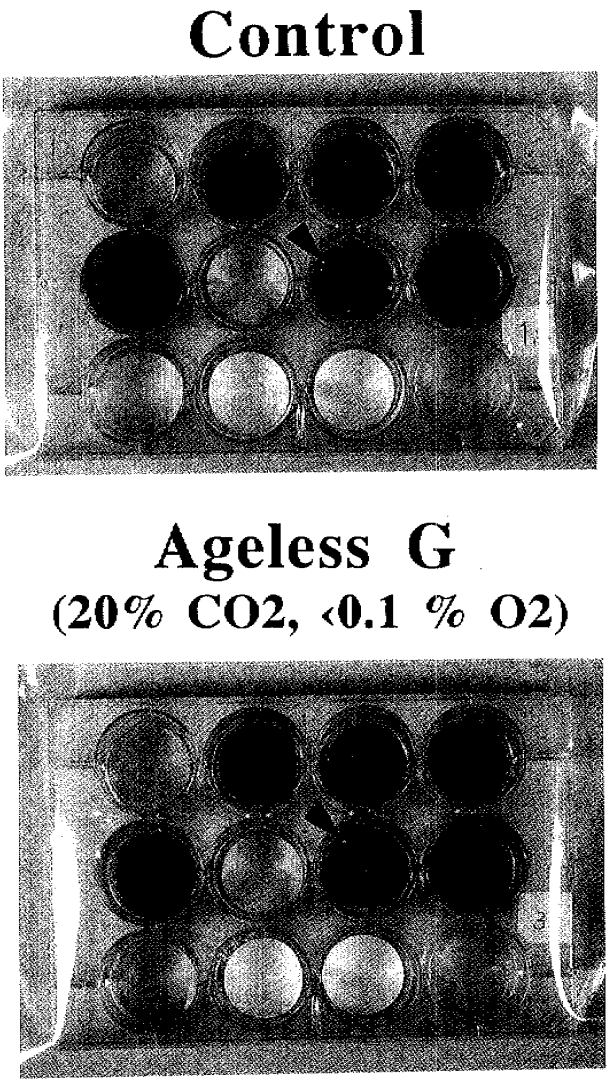

写真 3　脱酸素剤Bによる鉛丹粉体の変色

Anoxia Treatment by Various Kinds of Oxygen Scavenger : Evaluation of Effects on Pigments

Rika KIGAWA, Yoshiko MIYAZAWA, Nobuaki KUCHITSU, Chie SANO, Katsuji YAMANO and Sadatoshi MIURA

Anoxia treatment by oxygen scavenger is one of the promising methods for insect eradication. It is safe to human, non-toxic to environments and very easy to use. However, it is important to evaluate its negative effects on materials : what would be caused by packing with oxygen scavengers.

In this report, we tested effects on pigments: malachite, azurite, vermilion, iron oxide red, yellow ochre, red lead, hematite, massicot, white lead and indigo. In Test 1, each pigment was directly tested as powder. In Test 2, pieces of Japanese paper painted with each pigment and glue were tested. Four kinds of oxygen scavenger were applied in the experiments, whose commercial names are : Ageless®Z (commonly used with museum objects, depletes oxygen by oxidation of iron metal), Ageless®G (generates as equal volume of CO_2 as O_2 absorbed, depletes oxygen by oxidation of organic compounds), RP system® (used with excavated metal objects, absorbs water, depletes oxygen by reaction of organic compounds) and RP-K (does not absorb or evolve water, depletes oxygen by reaction of organic compounds).

Oxygen scavengers were applied in both standard amount and excess amount. Each pigment sample was observed for 6 months at 25℃. Pigment samples were first visually inspected, and for the sample which showed some change, further analysis was made.

By application of Ageless® G, which evolves CO_2, powder of red lead turned dark. Change of red lead powder was very significant in an environment with high relative humidity. $PbCO_3$ was detected in the darkened red lead powder. Massicot powder also turned dark by Ageless®G with high relative humidity. In this case also, $PbCO_3$ was detected in the darkened massicot powder. On the other hand, Massicot powder was slightly changed in color by applying excess amount of Ageless® Z, which seemed to be a result of increase in relative humidity from Ageless® Z. Amount of plumbonacrite formation seemed correlated with the discoloring of massicot powder with excess amount of Ageless ® Z.

Samples of Japanese paper painted with pigments were more resistant to visual change in colors, but samples with massicot were slightly discolored by applying excess amount of Ageless ® Z and Ageless® G. With RP system® and RP-K, significant visual changes in colors were not observed in these experiments. However, it is necessary to thoroughly know the chemical ingredients of these reagents when applying them to museum artifacts.