

近代の紙媒体記録資料の保存修復技術

木部 徹*

近代の紙を媒体とした記録物は酸性化、酸化等の化学的な原因により著しい傷みが生じており、図書館やアーカイブに所蔵されている膨大な書籍や文書の多くが、利用できない状態になっている。本稿ではこうした紙媒体記録資料の劣化メカニズムを解説し、現段階での現物を対象にした保存修復技術、特に群としての資料を対象にしたマス・コンサベーションと、傷ませないことを優先させるプリベンティブ・コンサベーションの技術を概観するとともに、こうした技術を図書館等が導入する際の論理的かつ効果的な方策を提示する。

キーワード：資料保存、酸性紙、酸性化、酸化、マス・コンサベーション、予防的保存手当て、保管環境

はじめに—資料保存問題は技術の課題ではない

図書館やアーカイブに所蔵される紙媒体資料、とりわけ近代の資料を、現物として保存修復するための技術を「治す」「防ぐ」「取り換える」の3つのグループに分けて概説し、これらを組み合わせて、マス・コンサベーション（個々の資料にではなく、コレクション全体を対象にした保存修復処置）とプリベンティブ・コンサベーション（予防的保存手当て）として効果的に導入していく道筋を提示したい。

最初に、図書館やアーカイブが保存修復技術を導入する際に留意しておくべきことを記す。一口に言うと、図書館やアーカイブが抱える資料保存問題は技術の課題ではなく政策の課題である、ということだ。図書館等の資料保存の業務とは自館のコレクションの状態を把握し、状態の改善にはどのような技術的な選択肢があるかを知り、その適用のための予算や人員を、どのぐらい、いつまでに準備し、適用し、進み具合を管理し、時に見直し、計画的につつがなく達成するかという、館としての政策課題である。すぐれて図書館員やアーキビストの仕事であり、私どものような技術を適用する側の仕事ではない。図書館学やアーカイブ学で「保存管理」(preservation administration)として示される業務がそれである。幸いなことに本特集では、小島論文が図書館の側からこれについて触れているので詳説しないが、要は、技術導入の判断主体は図書館やアーカイブということであり、私ども技術者は、その判断の手助けをし、求められる技術を提供するに過ぎない。

1. 「治す」技術

「資料への保存処置」というと、ほとんどの人が傷んだ資料を治すこと、修復することをまず思い浮かべる。1947年に発見された『死海写本』は聖書考古学における最も重要な発見と言われているが、見つかった皮の巻物に、あき

らかに製作当時（ほぼ二千年前）、欠損部を修復したと思われる跡があるという。傷んだ資料を「治す」処置、すなわち修復処置は、対象物は異なれ、人間が記録物を生み出したときから現在まで、変わらず行われてきた。紙媒体記録資料においても、同様である。ここでは筆者の属する工房での、冊子形態の近世文書を対象にした治す技術を簡単に



図1 資料の解体



図2 ドライ・クリーニング

*きべ とおる (南資料保存器材)

〒113-0021 東京都文京区本駒込 2-27-16

Tel. 03-5976-5461

(原稿受領 2009.11.24)

紹介しておこう。

処置前の状態の調査とチェックののち、必要ならば冊子資料は毎葉（1枚ずつ）に解体され、ドライ・クリーニングと言われる、乾いた状態での塵埃・虫糞・カビ残滓等の汚れ落としが施される。作業全体の中でも最も時間を要する工程である。

次に紙の中の汚れと、経年により紙中に蓄積された可溶性の酸化物や酸性化物を除くため、紙を洗う（水性洗浄処置）。そして、本来丈夫な和紙資料であっても、大気中の酸を吸収していたり、カビが生み出す酵素による繊維の分解で酸性度が高くなっているものには、水性での脱酸性化処置が施される。洗浄では洗いだせない、紙の奥深く潜む酸性化物をアルカリで中和する処置である。洗浄と脱酸性化は紙を媒体とした資料の修復では最も重要な工程であり、最終的な仕上がり（物理的なそれとともに化学的な意味でも）の善し悪しを決定していく。

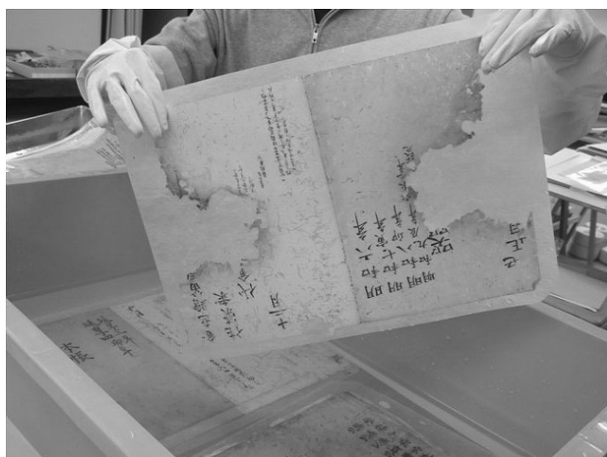


図3 水性洗浄と脱酸性化



図4 裏打ち

次に虫やカビにより欠損した部分の物理的な補填が行われる。裏打ち、そして必要ならば表打ちする技術は昔から使われてきたが、紙漉きの原理を応用し、欠損部にだけ紙の繊

維を流し込んで補填するリーフ・キャストイングという技術が1980年代末に海外から日本へ導入され、各工房への導入が進み、補填作業は格段に合理化、洗練されている。



図5 リーフ・キャストイング



図6 リーフ・キャストイング

こうして化学的・物理的処置を終えた毎葉は、再び綴じあわわされ冊子形態に還元される。

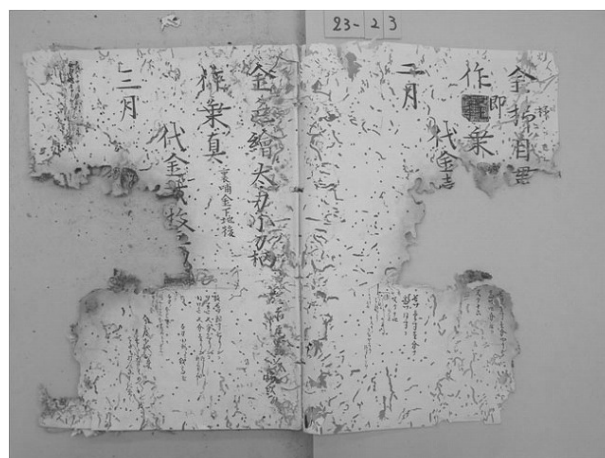


図7 処置前

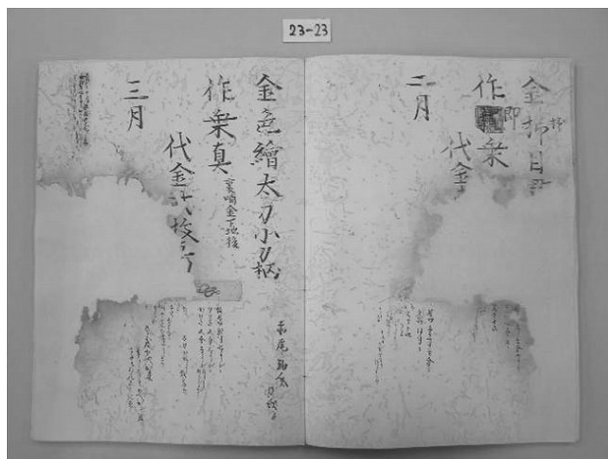


図8 処置後

楮・雁皮・三俣紙を基材とし、墨を主なイメージ材料にした資料の修復は昔から行われており珍しくもないだろうが、徹底した洗浄と脱酸性化という化学的な処置¹⁾、そしてリーフ・キャストニングによる欠損補填という物理的な処置²⁾は、日本ではここ20年ぐらいの間に実用化された新しい、効果的な技術である。

2. 近代の紙媒体記録資料の特徴

しかし、時代が近代になり、紙媒体資料はその質が決定的に変わる。一口に言えば、モノとしての資料が著しく脆弱化した。日々、近代の紙媒体資料を相手にしている図書館員やアーキビストならば身に沁みて感じるだろう。資料が急速に劣化していく…これは日本だけの問題ではもちろん、ない。20世紀の末に世界中の図書館やアーカイブは自館が抱える紙媒体資料が大規模な劣化にさらされていることを自覚する。とりわけ1850年代以降に作られた紙媒体資料の多くが、自らが生み出す酸により自らを侵食しやがて崩壊していく…。この酸性紙問題を契機にコレクションを見直した図書館員やアーキビストはさらに、汚染された大気による外側からの紙の劣化や、紙媒体の上で情報を形成しているインク等のイメージ材料も褪色し、情報が消滅することに気付かされる。

たとえば、蒔薔(こんにやく)版と青焼き(ジアゾコピー)資料。酸素と光に弱い色材が使われたこれらの資料は、基材としての紙の劣化以前に、紙の上のインクが、すなわち情報そのものが消滅しようとしている³⁾。さらに激しい褪色に見舞われ、救助の緊急性が高いのが感熱紙資料だろう。情報がほとんど消えつつある感熱紙公文書が大量にある。

もちろん、事は文書だけではない。図書館が抱える近代の書籍も同様である。そもそも酸性紙問題は図書館が保有する膨大な酸性紙本をどうするかから始まった。日本でも80年代末から問題視されるようになる。米国の研究図書館の所蔵する書籍の25%が酸性劣化に見舞われ、日本でも5~10%が劣化している⁴⁾。さらに酸性紙問題は書籍の本文紙の問題だが、現代の製本技術の変化は、無線綴じに象徴されるような、図書館資料としては脆弱としかいえない資

料を生み出している。

新聞資料も同様。しかし、「新聞紙中の敵」は酸だけではない。リグニンも含まれる。セルロースとともに木材成分の1つであるリグニンは酸と光に弱く、すぐに変色と物理的な劣化を生じさせる。書庫の中の古い新聞を見れば解るだろう。古い書籍や新聞が収められた書庫に入ると感じるあの甘酸っぱい臭い。あれは有機物である紙が時を経ると老化し、分解するときに発する「老化臭」で、各種のVOC(揮発性有機化合物)から成り立っている。昨年(2009年)、英国図書館で開催された資料保存の国際研究集会では、同図書館の研究者により次のような発表が行われた⁵⁾。



図9 英国図書館の新聞資料の現状

曰く、英国図書館の新聞資料を並べると棚長にして33km、重量は5,300t、そこから年間1.4tのVOCが放出され、これが全て放散するには3,800年かかる…。

3. 近代の紙媒体記録資料の劣化メカニズム

モノは、特に有機物は、経年による老化(aging)を避けられない。しかし、それが記録資料であり、現物として、将来も利用可能な状態で存在させたいののだが、問題があるとなったら、老化は劣化(degradation または decay)という言葉に置き換えられる。劣化を防いだり、治したりする方法を考えなければならない。

紙媒体資料の劣化のメカニズムは以下のような循環図で表すことができる。

紙媒体記録資料の劣化には酸やリグニン(セルロース以外の、紙を構成する物質で変色の主因)、金属イオン(製紙段階で含まれるものとともに、鉄分を含むインクなどに含まれる)、劣化していくにしたがい生成される物質(例:黄化の発色団)があり、それが内部的な崩壊を引き起こすとともに、VOCとして外部に放散され、保管環境の温度や湿度、光、大気汚染物等とリンクして、紙媒体に吸収され、再び内部要因として働く…というメカニズムである。これは図のように円を描きながらエンドレスに進行していく。こうした紙媒体資料の量は膨大であり、現在も増え続けている。

このような資料を現物として保存し、現在と未来の利用

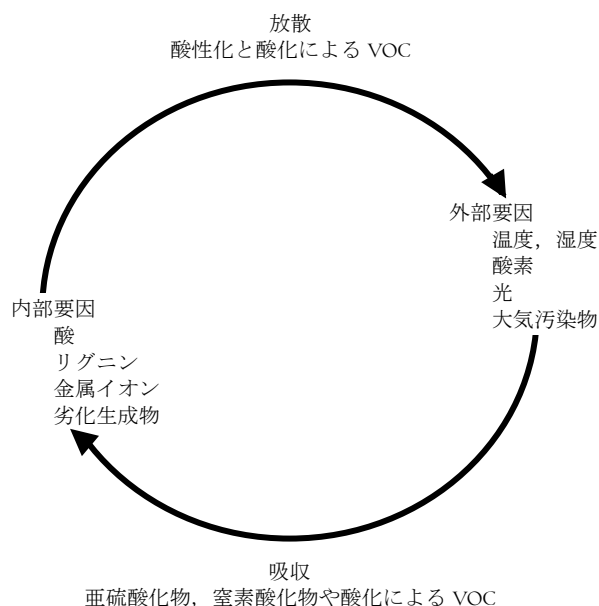


図 10 紙媒体記録資料の劣化循環メカニズム

者のために提供する方法はあるのだろうか？ 確実に言えるのは、これら資料の1つ1つに、1章で概説した「治す」処置を施していくことは不可能であるということだ。たとえ湯水のように予算が使えたとしても、時間とマンパワーを考えれば、修復という選択肢は優先されない。

この困難な問題の解決のために、図書館やアーカイブが選択した方策…技術的な戦略といってもよいが…が2つある。1つは、マス・コンサベーション (mass conservation) の導入、すなわち、資料を個々の資料単位で捉えて救出するのではなく、マスとして、コレクション全体として捉えて救出する方策である。もう1つは、傷んだ資料を治すことを優先するのではなく、傷まないように防ぐ、治療よりも予防を優先させるプリベンティブ・コンサベーション (preventive conservation)、日本語では「予防的保存手当て」といわれる方策である⁶⁾。

4. マス・コンサベーションの技術

循環図に示した劣化原因のうち、対策の目処がついているのが酸性化である。技術的な対策は脱酸性化 (deacidification) と呼ばれる。それも、1950年代に開発され、以来使われてきた少量資料への一品料理的な脱酸性化処置 (1章を参照) ではなく、マスとして存在する酸性紙資料への大量脱酸性化処置である。1980年代から世界的な開発と実用化が進められてきた⁷⁾。ここでは日本で実用化されている2つの方法、(株)日本ファイリングのDAE (ドライアンモニア・エチレンオキシサイド) 法と、(株)プリザベーション・テクノロジー・ジャパンによるBookkeeper法について触れる。

DAE法は大きなガス釜の中に酸性紙資料を入れて、ドライアンモニアとエチレンオキシサイドを流し込み、酸を中和するとともに、化合物のトリエタノールアミンを紙中に残す (アルカリ・バッファ) という方法である。国産技術と

して実用化されておよそ10年、大学図書館の酸性紙資料を中心に採用実績を重ねてきた。

一方のBookkeeper法は米国で開発された。不活性のフロン液にサブミクロンの固体の酸化マグネシウムを浮遊分散させ、この液に酸性紙本を浸し、炭酸マグネシウムを中和剤とバッファとして残すという方法だ。1995年のアメリカの議会図書館での採用を皮切りに、全米やカナダの研究図書館で実績を得て、欧州でもオランダ、ポーランド、フランスの国立機関が採用、2008年には日本にプラントを設置し、現在市場開拓中である。

大量脱酸性化技術の日本での本格的な採用の弾みになると思われるのが、この2つの技術を対象にして、昨年 (2009年) 開始された国立国会図書館による「効果」と「安全性」の調査である。2010年度に予定されている結果の公表が待たれる。いずれにしろ、大量脱酸性化については、少なくとも技術的な目処はついたと考えてよいだろう。

もう1つの大きな劣化要因である「酸化」へのマス・コンサベーションは、対「酸性化」よりも困難だ。そもそも酸化を止める技術は、鉄分が入ったインクの焼けへの対処策として登場した。没食子インク (iron-gall ink) は、日本の墨のように、西洋では印刷技術が出てくるまではもちろん、その後も、普通の文書の書写材料として使われてきた。それも紙だけではなく、紙以前のパーチメント (皮紙) でもそうである。レンブラントの素描、バッハの楽譜、イプセンの戯曲、ゴッホの日記…これらがインク焼け被害に見舞われている。日本では、西洋ほどの量的な被害ではないものの、明治以降の書写物には普通に使われてきている。これへの処置は抗酸化 (antioxidation) 処置と言われるが、現在ではオランダの文化財研究所が開発した水性処置が世界中の工房で使われている⁸⁾。以下は筆者の工房でのヴィクトル・ユーゴの手紙への処置例である。



図 11 iron-gall インクのチェック

インク焼け対策は抗酸化処置そのものだが、これも手作業での脱酸性化と同様、今のところ一品料理であり、適用は限定される。ところが、現在焦点となっている資料の酸化劣化は、インク焼けへの対処など問題にならない規模で



図 12 キレート剤による抗酸化処置

生じている。たとえば、新聞紙などのリグニン含有資料の酸化である。新聞資料だけでなく、ある時期の公文書に多用された藁半紙資料に甚大な劣化をもたらしている。一方、酸素は常に書庫にあり、したがって酸化は常に生じている。これを止める、あるいは抑制することはできるのか。大量脱酸性化技術に続き、大量の資料を抗酸化する技術の開発が待たれる。

酸性化と酸化により著しく物理的強度が低下したものに、紙力強化 (paper strengthening) 技術が内外で開発され、実用化もされている。比較的古くから使われているのが、半合成化合物のセルロース・エーテル類の含浸である。新しいところでは、電磁波に反応する化合物の含浸がある。また、紙を 2 枚に剥いでその間に和紙のような丈夫な紙をサンドイッチして元に戻すペーパー・スプリット技術、極薄い紙を漉いて乾かさないうちにいきなり表打ちする技術⁹⁾等々が挙げられる⁹⁾。しかし、いずれも毎葉の処置で適用は限られている。大量脱酸性化技術のようなマス・コンサベーションの範ちゅうに入るかは疑問である。

5. 「治す」よりも「防ぐ」…プリベンティブ・コンサベーション

一品料理的な修復処置にしろマス・コンサベーションにしろ、モノとしての資料に対して直接的な介入 (interventive) 処置を施すことでは同じである。これに対し、モノそのものには介入せず、あるいは最小限の介入に留め、現状以上に劣化を広げない、劣化させないという考え方で登場したのがプリベンティブ・コンサベーション (予防的保存手当) である。

予防的保存手当のポイントは、詰まるところは保管環境の改善だと捉えると理解しやすい。2 章の循環図で示した劣化要因から資料を守り、安定した環境下で保管する。具体的な方法としてはボックスング (boxing) がある。「容器入れ」と訳すのが適当だろう。長期保存性を持つ材料を用いた容器 (封筒、フォルダー、箱など) に資料を収納し保管する。外部からの劣化要因 (塵埃、光、大気汚染物、湿度変動など) から資料を遠ざけ、散逸も防げ、物理的な

保護にもなるという利点がある。70 年代末にアメリカ議会図書館が開発したこの手法とさまざまな容器¹⁰⁾は、現物として未長く保存していかなばならない大量の劣化資料を持つ世界中の図書館やアーカイブが積極的に導入した。一品ずつ治す処置に比べれば安上がりで、手の届く効果的な方法であることも普及の理由だ。日本でも容器に適した材料 (段ボールや厚紙) が 80 年代後半に (株) 特種製紙で商品化されたことで導入機運が高まった。現在、国立国会図書館や国立公文書館では、年間数百～数千の規模でさまざまな保護容器が導入されるまでになっている。

予防的保存手当の今後の大きな課題は、書庫や保管庫の環境制御による保護だろう。これまでも温度や湿度の管理、あるいは大気の清浄化等の保護が行われてきたが、酸化と酸性化への積極的な対策として注目されているのが「低温書庫」、とりわけ脱酸性化処置との複合である。2007 年にコペンハーゲンで開催された保管環境に関するコンファレンスでは欧州の主要な博物館・図書館・アーカイブの共同研究プロジェクトの 1 つ PaperTreat の成果が発表されている。下表が中間的な結論である¹¹⁾。

表 1 脱酸性化処置した紙を低温保管した場合の延命効果

	Factor of stabilization
Storage at 15°C	1.9 ± 0.8
Storage at 5°C	8 ± 4
Deacidification and storage at 20°C	3.3 ± 0.9
Deacidification and storage at 15°C	7 ± 3
Deacidification and storage at 5 °C	30 ± 17

脱酸性化処置した紙と処置しない紙を温度の異なる環境下に置き、その延命効果を比較している。表が示すように脱酸性化処置での効果の向上も、低温でのそれも明らかだが、脱酸性化処置をしなくとも低温 (Storage 5°C) でならば、脱酸性化したものを 20°C 環境に置くよりも延命効果が高いという、注目すべき結果が示されている。さらに、脱酸性化と低温保管とを組み合わせると飛躍的な効果が期待できるとしている。低温化等の保管環境の制御は今後のマス&プリベンティブな対策の決め手として日本での取り組みを期待したい技術である。

6. 「治す」と「防ぐ」を「取り換える」と複合する

これまで「治す」技術と「防ぐ」技術について述べてきたが、もう 1 つの大事な技術は代替技術、すなわちコンテンツを別のメディアで「取り換える」技術である。少し前までは大量の原物資料を「取り換える」ための唯一の方法がマイクロフィルム化だった。現在ではデジタル化であることは論を待たない。現物資料のデジタル化は筆者の専門外なので詳説できない。ただ、図書館やアーカイブがこれらを導入する際に肝心なことを記しておきたい。それはこの 3 つの技術を、バラバラにではなく、組み合わせて導入

することである。

図書館資料あるいはアーカイブ資料の大半は現物ではなくとも、あるいは傷んでいるからという理由でそれを修復せずとも、資料としての役割を果たすことができる。資料は俗に言えば「利用されてナンボ」だ。そして資料の大半の閲覧者は、もしその資料が傷んでいて現物としての利用が困難でも、代替物（ハードコピーやマイクロフィルム、あるいは今日ではデジタル化されたファイル）で充分に満足することの方が多い。また、多少の傷みがあっても、保護容器に保管された資料を丁寧に閲覧してもらうこともできる。だから、無理に費用をかけて修復せずに、別の方法で資料を利用してもらったらどうだろうか。現物は保存容器に入れて安寧な環境下で保管する、その方が経済的であり、より多くの資料をより多くの人たちに供することができる。と、こう言えば、なるほどその通りだと納得していただけるのだが、なぜか、日本の図書館やアーカイブの人たちには、傷んだ資料を救うには「修復が一番」という考え方が根強くある。

だが、繰り返しになるが、傷んだ資料を、利用のために保存する技術は修復つまり「治す」技術だけではない。他に「取り換える」技術、そして「防ぐ」技術があり、資料の傷み具合、現物としての価値、利用の頻度に応じて、この3つの技術を複合して導入することがなによりも肝要である（本特集の小島論文を参照）。

ちなみに2章で挙げた蒔莢版、青焼き、そして感熱紙の資料は、他のメディアに「取り換え」て、現物は今以上の褪色を「防ぐ」ために安寧な保管環境に置く以外に手だてはない。

最後にこの「複合」的な導入の実践的な指針を提示したい。以下の論理式は1986年にアメリカ国立公文書館が「20年保存計画」を始動する際に紙媒体記録資料保存業務のための実践指針として掲げたものである¹²⁾。

もし資料が傷んでいるならば、
そして、もしその資料が頻繁に利用されるならば、
そして、もしその資料に現物価値があるならば、
その資料の複製物をできるだけ早く作り、
その複製物を利用者に供し、
そして、原資料を保護容器に入れ、
そして、修復手当てを行う予定を組みなさい。

四半世紀前に示されたこの論理式の「そして、原資料を保護容器に入れ」の後に、「安寧な環境下に保管し」を付けて加えて本稿の結論にしたい。

参 考 文 献

- 1) AIC (American Institute for Conservation) Book and Paper Group: Paper Conservation Catalog
<http://www.cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/publications/pcc/papercc.html> [accessed 2009-11-03].
- 2) 福島希. リーフキャスティングの技術と歴史
<http://www.hozon.co.jp/report/fukushima/fuku-no021-leafcasting.html> [accessed 2009-11-03].
- 3) 小島浩之・矢野正隆・内田麻里奈. 蒔莢版と青焼（ジアソ）のデジタル処理による情報の保存について.
<http://www.lib.e.u-tokyo.ac.jp/shiryo/index03.html> [accessed 2009-11-03].
- 4) 安江明夫, 木部徹, 原田淳夫編著. 図書館と資料保存—酸性紙問題からの10年の歩み. 雄松堂出版, 1995, 453p.
- 5) Horie, Velson, Measuring the emission of volatile organic compounds from books.
<http://www.ifla.org/files/pac/Velson-Horie.pdf> [accessed 2009-11-03].
- 6) Adcock, Edward P. (国立国会図書館訳). 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, 155p.
- 7) 園田直子編著. 本と紙の保存科学. 岩田書院, 2009, 216p.
- 8) Huhsmann, Enke; Hähnerde, Ulrike. Work standard for the treatment of 18th- and 19th-century iron gall ink documents with calcium phytate and calcium hydrogen carbonate. Restaurator. 2008, vol.29, p.204-318.
- 9) 園田直子編著, ibid.
- 10) Carlson, Lage (ed). Boxes for the Protection of Books: Their Design and Construction. 1982, Library of Congress, 289p.
- 11) Balazic, Aneta. et. al. "Extending the useful life of paper - evaluation of the effect of various preservation actions". Museum Microclimate; Contributios to the conference in Copenhagen 19-23 November 2007, p.39-42.
<http://www.conservationphysics.org/mm/balazic/balazic.pdf> [accessed 2009-11-03].
- 12) Calms Alan. et al. (木部徹訳). 文書館の紙資料保存-理論と実践. 文書管理通信, 1966, 9-3, p.2-13.
<http://www.hozon.co.jp/report/kibe/kibe-no018-calmes.html> [accessed 2009-11-03].

いわずもがなだが、この式は if と and を組み合わせた論理式で、資料は各フェーズ（phase）でスクリーニングされる。そのフェーズで手当てが終了するもの以外が次のフェーズに移る。「修復のための時間稼ぎ」という単純な式ではない。