

酸性紙の大量脱酸処理 乾式アンモニア・酸化エチレン法〈DAE法〉の実用化とその評価について

須藤 猛彦

1. はじめに

日本における酸性紙問題のはじまりは、1979年2月の読売新聞の見出し「21世紀には読めなくなるボロボロ蔵書」と言われている。1982年金谷博雄氏の自費出版による「本を残す」の刊行により、文書館、図書館関係者の間で酸性紙に対しにわかに関心が高まった。その後、酸性紙問題がマスコミを賑わせたのはご承知の通りである。人類の知的財産を守り保存するために先人は、さまざまな脱酸性化研究、脱酸性化処置を行ってきた。弊社の脱酸性化処理法である乾式アンモニア・酸化エチレン法 DAE法は東京農工大学の大江礼三郎名誉教授と岡山隆之教授の下で研究が行われ、1990年から開発に着手し1996年に安全性を含め開発を完了した。乾式アンモニア・酸化エチレン法 (Dry Ammonia Ethylene oxide Process) は、この2種類のガスを使用するところから、その頭文字をとって DAE法と名付けられた。弊社はその後1997年～98年にかけてプラント建設を行い1999年から本格的に商業稼動を開始した。本格稼動以降も実験、研究を繰り返しながら更なる改良を加えたことにより、現在ではより品質の優れたプロセスに到達している。この実用化とその評価について本稿にて報告するものである。

2. 世界における大量脱酸技術と現状

大量脱酸処理法は液相脱酸性化処理と気相脱酸性化処理に大別される。処理環境が液体である方式が前者で WeiT'o 法、サブレー法、バツテル・ヨーロッパ法、ブックキーパー法などが該当する。対して気相処理はガスを用いて処理を行う方式であり、DEZ 法、BPA 法、FMC 法、DAE 法などがある。(表 - 1)

一般的に気相法は液体よりも資料に対する浸透性の優れたガスを用いることにより、液相法より均一な処理効果が期待できる。

3. DAE 法の実用化

3.1 DAE 法の概要

DAE 法では紙中にアンモニアガスを行き渡らせた後、酸化エチレンガスを導入し

表 - 1

No.	通 称	開 発 機 関	概 要	実 施 状 況
1	WeiT'o 法	米 WeiT'o 社	炭酸マグネシウムとフロン・メタノールによる液相法	カナダ国立図書・公文書館で実施中。1981年から42,000冊/年
2	サブレー法	仏 国立科学 研究センター	WeiT'o に類似	仏国立図書館サブレー保存センターで実施中。1989年から30,000冊/年
3	バツテル法	バツテル・ ヨーロッパ	WeiT'o 改良型。シリコンオイルによる液相法	ドイツライプツヒッヒ連邦図書館で実施中。1994年から200,000冊/年。2000年からスイスでも
4	DEZ 法	米 LC と Akzo社	ジエチル亜鉛 (DEZ) による気相法	1,000,000冊/年を目指すも1994年放棄
5	ブッキーパー法	米 Preservation Technologies社	酸化マグネシウム微粒子を非水溶液中に拡散させる液相法	米国、オランダ、カナダ等で稼働中
6	BPA 法	米 B.P.A 社	水蒸気・アンモニア・酸化エチレンによる気相法	1989年半実用化したが、不評判により2年ほどで中止
7	FMC 法	米 F.M.C 社	炭酸マグネシウムとフロンによる液相法	各図書館に売り込みがあったが1992年放棄

アンモニアと反応させ、紙中にエタノールアミンを生成させる。酸を中和し、さらに将来に亘る酸の攻撃に備えるアルカリリザーブとして紙の中に生成されるエタノールアミンは弱アルカリ性を示し、化学的に穏やかな安定した物質である。加えてエタノールアミンは親水性があり保湿性を有するため紙の水分調整の働きがあり、この面からも劣化防止に有用である。DAE 法は浸透性のよい乾式アンモニアガスと酸化エチレンガスを使用するため、図書を段ボール箱に収容した状態で処理を行っても図書の内部も表面と同様に pH の上昇が認められる。この処理を行った図書の85%以上において、刊行年代、紙の種類に関わりなく紙の表面 pH が中性域またはアルカリ領域まで上昇し且つ、一旦高められた pH 値は時間が経過しても維持されている。これは、エタノールアミン類の中でも沸点の高いトリエタノールアミン（以下 TEA）の生成を増加させることによって劣化抑制効果をより高めることが出来たことを示す。刊行年代や紙質に関係なく DAE 法処理によって試料中には1%以上の TEA が生成されていることが確認されている。酸性上質紙を使った実験では、DAE 法処理での延命効果は、未劣化紙で3.8倍、既劣化紙で3.7倍の延命効果が認められた。

3.2 DAE 法の特徴と問題点

(1) 処理資料を特別な配慮をせずプラスチックコンテナ（以下コンテナ：図 - 1））

に入れ、そのまま処理できる。

- (2) 封印された状態で処理が可能のため、盗難、紛失が起こり難く処理資料にダメージを与えない。
- (3) 処理資料の中までほぼ完全にガスが浸透し、均一な処理が行える。
- (4) 既劣化資料にも効果が認められる。
- (5) 中和するだけでなく将来の為の十分な量のアルカリリザーブが残る。
- (6) 殺虫、殺卵、殺菌が同時に行われる。
- (7) 処理された資料は、利用者及び環境に対して安全である、等の特徴がある。



図 - 1 プラスチックコンテナ

問題点としては紙の白色度の低下（黄変）と残存臭が挙げられるが、白色度の低下については未処理の資料も劣化が進むにつれ白色度が低下し、やがては未処理資料が処理済資料より更に白色度が落ちることが実験で明らかになっている。また残存臭は改良された処理法により、処理直後から半年程度を経ると感じられないレベルまで低減する。

3.3 処理の概要

- (1) 処理物（図書等）を気密の処理チャンバー（以下チャンバー：図 - 2）に入れて蓋を閉める。
- (2) チャンバー内を真空にする。
- (3) 乾燥した 100%アンモニアガスをチャンバーに導入する。アンモニアは図書の紙に染み込む。
- (4) 再び真空に引き、余剰のアンモニアガスを排出する。
- (5) 100%酸化エチレンガスを導入する。同ガスも紙に染み込み、紙の中でアンモニアと反応して脱酸物質であるエタノールアミンを生成する。
- (6) 真空に引き、余剰の酸化エチレンを排出する。
- (7) 初期には窒素、続いて空気を何回もチャンバー内に導入しては真空に引き、図書を洗浄する。
- (8) チャンバー内を大気圧に戻して蓋を開け、処理の終わった図書を取り出す。



図 - 2 処理チャンバー

3.4 資料の受け渡し及び処理手順

- (1) 受託者から必要数のコンテナを委託者に貸与（持ち込み）。

- (2) 委託者は、処理対象資料をコンテナに格納、封印。
- (3) 受託者はコンテナを引き取り、専用トラックもしくは委託した運送会社の車両により処理工場へ運搬。
- (4) コンテナを処理対象資料の均しのために恒温恒湿（22℃、RH55%）の保管室に一定期間保管。
- (5) コンテナを処理チャンバーに入れ、脱酸処理（48時間）
- (6) チャンバーからコンテナを出し、保管室に一定期間保管、処理した資料を22℃、RH55%に安定させる。この間、同時に処理したテストブック（酸性上質紙 A4版200ページ）の評価データを作成。
評価データ：pH測定による処理の均一性確認、エタノールアミン生成量測定。
- (7) 処理した資料を、評価データを添えてコンテナのまま委託者に返却。
- (8) 委託者はコンテナの封を解いて処理資料を取り出し、異常の有無を確認後「脱酸処理済」の印を押して元の位置に戻す。空になったコンテナを返却する。
- (9) 受託者は処理ロット毎の処理・操業データを保管し、必要な都度の委託者からの照会に応じる。

3.5 処理設備と概要

- ・プラスチックコンテナ（折り畳み式コンテナ）：W538×L369×H335
(内法W485×L327×H306)
収納量：A5版資料 約40冊 B5版資料 約27冊 A4版資料 20冊
(25mm/1冊換算)

- ・処理チャンバー：内容積 7.6m³

3.6 DAE処理が及ぼす図書・文書等の材料評価

- (1) 処理に全く問題がない材料
上質紙、セミ上質紙、中質紙、アート紙・コート紙、インディアンペーパー等の洋紙。ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル等のプラスチック。印刷用インク、朱肉、スタンプインク等のインク類。鉛筆、赤鉛筆、マジック等の筆記具及び謄写版印刷。その他ラミネート済バーコード、BDS用タトルテープ。
- (2) 処理に若干の問題がある材料
 - ・上更紙、新聞紙、仙花紙：寿命延長効果が2～2.5倍とやや低い。
 - ・トレーシングペーパー、アセテート：少しシワが出る恐れがある。
 - ・袋に入った資料：白色度低下の恐れがある。
- (3) 処理に適さない材料
 - (ア) 塩基性染料による着色が施された紙（コミック等の本文紙）：変色、脱色する。
 - (イ) ジアゾ紙、シアノタイプ（青写真）：劣化を促進する恐れがある。
 - (ウ) 写真印画紙：表面が軟粘化し退色する。

- (エ) 天然皮革類：黒炭化する恐れあり。
- (オ) 万年筆用インク：ブルーインクには退色するものがある。

3.7 主な実績

DAE 法は国内では、1999年（平成10年）の商業稼動以来、平成18年度末まで延べ2,736ケースの受託実績がある。またこのうち複数回に亘る受託実績は件数においては122回、ケース数では1,432ケースとなっており、その半数以上がリピートオーダーであることは処理の安定性と確かな品質を裏付けるものである。

3.8 処理委託機関の DAE 法に対する評価

DAE 処理を行った機関の一部はその評価を公開しており、公正な評価であると判断し、その一部を以下に引用し紹介する。

- (1) 『国立国会図書館の大量脱酸の試行について』（ネットワーク資料保存第58号）

（国立国会図書館収集部資料保存対策室）

評 価 今回の結果から、DAE 法は大量の酸性紙資料を一度に簡便に脱酸する方法として有効であり、強制劣化試験においても、全体として酸性資料の寿命を3～5倍に延ばす可能性があることが検証できたと考える。

問題点 白色度の低下：経年による変化によっても生じることであり、受忍の範囲と考える。

- (2) 『東京都立図書館で大量脱酸処理実施』（ネットワーク資料保存第67号）

（清水基子 / 雨谷逸枝）

現段階における脱酸処理は、何らかのリスクを伴うことは確かであり、完璧とはいいがたい。しかし、将来の利用者をも視野におく、都立図書館の資料保存の観点からは、脱酸処理は酸性紙資料の劣化を防ぎ、資料そのものの延命が計れる有効な手段の一つとして活用せざるをえない。結論としては、脱酸処理技術の更なる向上を願いつつ、都立図書館としては、今後も処理を続けていく方向であり、処理に当たっては、適した資料を良く見極め、対象となる資料を絞り込んでいくことになる。

4. おわりに

大量の紙資料を保管する公文書館、図書館では自館の貴重な資料を後世に伝えるべく、独自の資料保存プログラムを策定し、これに則りさまざまな方策が講じられていると伺っている。究極の資料保存はなんと言っても現物保管であり、現在一般的に行われている保存のための作業（燻蒸処理、修復作業）も重要であるが、これは大量脱酸を前提にしてこそ本来の意義が出てくるものと言える。原資料をマイクロフィルムや、電子媒体に変換し利用者に供するのも大切であるが、図書としての形態そのものも文化の一部でありその利用の便宜性からも、図書その他の紙資料の価値は今後も長く保たれるものと思われる。