การเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณ

จิรากรณ์ อรัณยะนาค

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณ

โดย จิราภรณ์ อรัณยะนาค
นักวิทยาศาสตร์ 6
งานซ่อมสงวนรักษา
กองพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ
กรมศิลปากร

สารบาญ

หน้า

เนื้อความย่อ ..... ก

สารบาญตาราง ..... ข

สารบาญภาพ ..... ค

บทที่

1. บทนำ 1

2. ชนิดและคุณสมบัติของเอกสารโบราณของไทย 3

3. สาเหตุและกระบวนการเสื่อมสภาพ 17

4. สรุปและวิจารณ์ 53

5. ข้อเสนอแนะ 56

เอกสารอ้างอิง 60

เนื้อความย่อ

จากการศึกษาวิจัยหาสาเหตุการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณที่เก็บรักษาในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กองหอสมุดแห่งชาติ บางส่วนในกองหอจดหมายเหตุแห่งชาติ และที่อยู่ในความครอบครองของหน่วยงานอื่นและเอกชน พบว่า สาเหตุสำคัญและรุนแรงที่ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพด้วยอัตราเร็วกว่าที่ควรจะเป็น ได้แก่ กรดที่เกิดขึ้นในเอกสารโบราณ แมลง เชื้อรา และ แสง โดยมีอุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นและรุนแรงขึ้น สมควรที่จะต้องได้รับการแก้ไขและป้องกันอย่างเร่งด่วน! ส่วนสาเหตุอื่นๆก็มีผลต่อการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณเช่นกัน แต่เป็นไปอย่างช้าๆ และไม่รุนแรงเท่า และเมื่อได้ดำเนินการแก้ไขและป้องกันด้วยวิธีการต่างๆที่เสนอแนะสำหรับแก้ปัญหาที่รุนแรงเหล่านั้นแล้ว ก็จะเป็นการลดปัญหาเนื่องจากการชำรุดเสื่อมสภาพจากสาเหตุต่างๆเหล่านี้ได้ในขณะเดียวกัน

สารบาญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. องค์ประกอบของไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง 9
2. องค์ประกอบของพืชที่ใช้ทำกระดาษในยุคต้น ๆ 10
3. กาซและอนุภาคที่แขวนลอยในบรรยากาศ 24
4. ค่าของรังสีอุลตราไวโอเล็ทที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ 28
5. เปรียบเทียบความคงทนต่อแสงแดดของผ้าชนิดต่างๆ 31

สารบาญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระดาษเก่าๆมีลักษณะกรอบ เปราะ ขาดง่าย และมักมีสีคล้ำขึ้น 42
ภาพที่ 2 หมึกบางชนิดมีฤทธิ์เป็นกรด สามารถกัดเนื้อกระดาษให้ขาดทะลุได้ 42
ภาพที่ 3 การจารใบลานโดยใช้เหล็กจาร ทำให้เกิดรอยขาดในเนื้อใบลาน 43
ภาพที่ 4 คราบเปื้อนบางชนิดเป็นอาหารที่ดีของเชื้อจุลินทรีย์..... 43
ภาพที่ 5 และ 6 กระดาษที่ถูกเก็บรักษาในที่ที่มีความชื้นสูงเป็นเวลานาน จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม เปื่อยยุ่ย ฉีกขาด มีคราบเปื้อน และหมึกเลอะเลือน มักพบร่องรอยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อยู่ด้วยเสมอ 44
ภาพที่ 7 สมุดไทยดำซึ่งชำรุดเนื่องจากถูกแมลงสาบแทะ 45
ภาพที่ 8 ลักษณะการทำลายของแมลงสาบ..... 45
ภาพที่ 9 และ 10 ปลวกทำลายเอกสารโบราณได้รวดเร็วมาก มักจะทำลายส่วนที่อยู่ในที่มืด ส่วนที่ไม่ค่อยได้ใช้งาน หรือส่วนที่มองไม่เห็น..... 46
ภาพที่ 11 แมลงสามง่าม 47
ภาพที่ 12 เหาหนังสือ 47
ภาพที่ 13 ด้วงชนิดต่างๆ 48
ภาพที่ 14 และ 15 ด้วงแอนโนบิอิดเป็นแมลงที่พบมากในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ หอสมุดแห่งชาติ และห้องสมุดทั่วๆไป การทำลายของด้วงแอนโนบิอิดเกิดจากตัวอ่อนเป็นส่วนใหญ่..... 49
ภาพที่ 16 และ 17 รูและอุโมงค์ที่เกิดจากการทำลายของด้วงแอนโนบิอิดหลังจากไข่ฟักออกมาเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนจะเจาะเอกสารโบราณเป็นทางและกินเซลลูโลสเป็นอาหาร ทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อวัสดุ.....50

หน้า

ภาพที่ 18 การทำลายของแมลงสาบบนผิวหน้าของใบลาน..... 51
ภาพที่ 19 การทำลายของด้วงแอนโนบิอิดบนใบลาน..... 51
ภาพที่ 20 และ 21 เชื้อรานอกจากจะย่อยสลายเนื้อวัสดุให้เปื่อยยุ่ยแล้ว ยังทำให้เกิดคราบเปื้อนสีต่างๆ เช่น ดำ น้ำตาล เหลือง เขียว ส้ม ฯลฯ บนเอกสารโบราณอีกด้วย ในภาพแสดงการเจริญเติบโตของเชื้อราบนกระดาษ เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ 52

บทที่ 1
บทนำ

เอกสารโบราณเป็นมรดกทางวัฒนธรรมอันสำคัญยิ่งของชาติ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเจริญรุ่งเรืองในอดีต อันแฝงไว้ด้วยคุณค่าทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี ศิลปะ วัฒนธรรม ประเพณี สังคม เศรษฐกิจ ตลอดจนเทคโนโลยีของชนชาติไทยสมัยโบราณ สมควรอย่างยิ่งที่จะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมอันล้ำค่านี้ให้อยู่ในสภาพที่ดีและมีอายุยืนยาวที่สุดเท่าที่จะทำได้

เอกสารโบราณของไทยในสมัยแรกๆเท่าที่มีหลักฐานหลงเหลือมาจนถึงปัจจุบัน ทำจากอนินทรียวัตถุ ได้แก่ หิน แผ่นดินเผา แผ่นโลหะ เป็นต้น วัตถุเหล่านี้มีความคงทนต่อสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมได้ดี จึงยังคงสภาพมาได้จนถึงปัจจุบัน และหากได้รับการดูแลรักษาอย่างถูกต้องตามหลักการ เอกสารโบราณเหล่านี้จะคงสภาพเช่นนี้ต่อไปได้อีกตราบนานเท่านาน

สันนิษฐานว่าในสมัยแรกๆคงจะมีการบันทึกเหตุการณ์หรือจัดทำเอกสารบนอินทรียวัตถุ เช่น เปลือกไม้ แผ่นไม้ ใบไม้ ใบลาน แผ่นงา ผ้า กระดาษ ฯลฯ ด้วยเช่นกัน แต่เนื่องจากอินทรียวัตถุเหล่านี้มีคุณสมบัติไม่คงทนต่อสภาวะแวดล้อม จึงเน่าเปื่อยผุพังไปตามกาลเวลา ไม่เหลือร่องรอยไว้ให้ชนรุ่นหลังได้ศึกษาค้นคว้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งมีอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแสงแดดสูงมากเกือบตลอดปี สภาวะแวดล้อมดังกล่าวทำให้อินทรียวัตถุต่างๆเสื่อมสภาพได้รวดเร็วมาก เอกสารโบราณที่ทำด้วยอินทรียวัตถุที่ยังคงสภาพมาจนถึงปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่มีอายุไม่มากนัก ประมาณ 100 – 200 ปี เอกสารโบราณเหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพชำรุดทรุดโทรม เนื่องจากสาเหตุและกระบวนการต่างๆกันมากมายหลายลักษณะ วัสดุที่ใช้ทำเอกสารโบราณแต่ละชนิดต่างก็มีวงจรชีวิตและอัตราการเสื่อมสภาพแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆและสภาวะแวดล้อม

หัวใจที่สำคัญที่สุดในการอนุรักษ์เอกสารโบราณเหล่านี้ก็คือการดูแลรักษาด้วยวิธีการที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันมิให้เอกสารโบราณเหล่านั้นชำรุดเสื่อมสภาพอีกต่อไป หรือหากกระบวนการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณเกิดจากสาเหตุภายในซึ่งแก้ไขป้องกันได้ยาก การดูแลรักษาด้วยวิธีการที่ถูกต้องก็จะช่วยลดอัตราการชำรุดเสื่อมสภาพลงให้ช้าที่สุดเท่าที่จะทำได้

สิ่งแรกที่จะต้องปฏิบัติก่อนที่จะดำเนินการดูแลรักษาเอกสารโบราณก็คือ การศึกษาสาเหตุและกระบวนการที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพให้ละเอียดรอบคอบ เช่นเดียวกับการรักษาโรค แพทย์จะต้องศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุของโรคเสียก่อน แล้วจึงบำบัดรักษาและแนะนำวิธีป้องกันการแพร่กระจายของโรค เพราะฉะนั้นการศึกษาวิจัยถึงสาเหตุและกระบวนการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณจะช่วยให้สามารถพิจารณาหาวิธีดูแลรักษาหรือแก้ไขป้องกันได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การศึกษาวิจัยดังกล่าวยังมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดูแลรักษาหนังสือและเอกสารในสมัยปัจจุบันซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากมายตามห้องสมุดของมหาวิทยาลัยและหน่วยงานต่างๆ ตลอดจนถึงหนังสือที่อยู่ในความครอบครองของประชาชนทั่วไป หนังสือและและเอกสารสมัยใหม่เหล่านี้ต่างก็เสื่อมสภาพชำรุดเสียหายในลักษณะเดียวกันกับหนังสือและเอกสารโบราณ การป้องกันการเสื่อมสภาพเป็นวิธีการที่กระทำได้ง่ายและราคาถูกเมื่อเทียบกับคุณค่าของเอกสารโบราณและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมหรือแก้ไข

บทที่ 2

ชนิดและคุณสมบัติของเอกสารโบราณของไทย

วัสดุที่ใช้ทำเอกสารโบราณแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. อนินทรียวัตถุ (Inorganic materials) ทำจากสิ่งที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ หิน ดินเหนียว ดินเผา โลหะชนิดต่างๆและโลหะผสม

2. อินทรียวัตถุ (Organic materials) ทำจากสิ่งที่มีชีวิตหรือผลิตผลของสิ่งที่มีชีวิต ได้แก่ กระดาษ ใบลาน เปลือกไม้ แผ่นไม้ หนังสัตว์ ผ้า งาช้าง เป็นต้น

อนินทรียวัตถุมีความแข็งแรง คงทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี ส่วนใหญ่มักเสื่อมสภาพเนื่องจากการชืดช่วน บิ่น แตกหรือร้าว เนื่องจากองค์ประกอบของสารอนินทรีย์มักจะเป็นแร่ธาตุที่ไม่ไวต่อปฏิกิริยา(ยกเว้นโลหะบางชนิด) ศิลาจารึกของไทยส่วนใหญ่ทำด้วยหินชนวน หินทราย หินอ่อน หินปูน หินแกรนิต

โลหะที่ใช้ในการจารึกข้อความส่วนใหญ่ได้แก่ เงิน ทอง ทองแดง สำริด(โลหะผสมของทองแดงกับดีบุก) ทองเหลือง(โลหะผสมของทองแดงกับสังกะสี) ตะกั่ว เป็นต้น แผ่นทองบริสุทธิ์จะไม่เกิดสนิม เพราะทองเป็นโลหะที่เสถียรมาก แต่จะอ่อน จึงมักเกิดรอยขูดขีด หักงอได้ง่าย หากแผ่นทองนั้นๆ มีโลหะอื่นๆผสมอยู่ด้วย เช่น เงิน ทองแดง ก็จะเกิดสนิมของเงินและทองแดงร่วมด้วย อาจทำให้ตัวอักษรหรือภาพแกะสลักลบเลือน บางครั้งอาจเกิดสนิมโป่งพองเป็นจุดๆ หรือเป็นแผ่นๆ หรือบางกรณีทำให้เนื้อโลหะสูญหายกลายเป็นรูโหว่เป็นจุดๆ

แผ่นเงินบริสุทธิ์ มักจะพบสนิมสีดำจับอยู่ทั่วไป เนื่องจากปฏิกิริยาของเงินกับกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในอากาศ

ทองแดง ทองเหลือง และสำริด มักจะเกิดคราบสีคล้ำบนผิว เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างทองแดงกับกาซต่างๆในอากาศ น้ำ แร่ธาตุต่างๆในดิน หากถูกฝังอยู่ใต้ดินเป็นเวลานานๆ

มักจะมีสนิมปกคลุมอยู่หนาและขรุขระ

ทะกั่วเป็นโลหะที่อ่อนและมักจะหมองคล้ำเมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศ แต่เสื่อมสภาพช้ากว่าโลหะอื่นๆ (ยกเว้นทอง)

เอกสารโบราณที่ทำจากอินทรียวัตถุ ไม่ค่อยคงทนต่อสภาวะแวดล้อม เพราะโครงสร้างประกอบด้วยเซลเป็นส่วนใหญ่ สามารถดูดและคายความชื้นได้ดี จึงมักเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดตามปริมาณความชื้น เช่น หดตัวเมื่อคายความชื้น และขยายตัวเมื่อดูดความชื้น การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้หากเกิดขึ้นติดต่อกันเป็นเวลานานๆจะทำให้เกิดการแตกร้าว บิดงอ เสียรูปทรงได้ หากเก็บรักษาในที่ๆมีความชื้นไม่เหมาะสม เช่นหากความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป วัตถุจะกรอบ เปราะ บิดงอ หากความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไป วัตถุมักจะอ่อนยุ่ย และมักพบการเจริญเติบโตของหนู แมลง จุลินทรีย์ ร่วมอยู่ด้วย แมลง จุลินทรีย์และหนู ทำให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพได้อย่างถาวร

สันนิษฐานว่าในยุคต้นๆคงมีการจารึกข้อความลงบนเปลือกไม้และแผ่นไม้ แต่ไม่พบหลักฐานหลงเหลืออยู่ เนื่องจากไม่คงทนต่อสภาวะแวดล้อม หากความชื้นสูงเปลือกไม้มักจะติดกันหรือม้วนเข้าหากัน เมื่อแห้งลงจะแตกและร่วงออกเป็นผงได้ง่าย เปลือกไม้ที่ใช้จารึกข้อความทำจากเปลือกด้านในของต้นไม้ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้กันมากในการฟอกหนัง ทำยาและปรุงอาหาร มักมีสีอ่อนๆและผิวเรียบ

ในประเทศจีนก่อนที่จะรู้จักผลิตกระดาษขึ้นมาใช้บันทึกเหตุการณ์ นิยมใช้แผ่นไม้บางๆแคบๆ ส่วนใหญ่ใช้ไม้ไผ่ แล้วนำแผ่นไม้เหล่านี้มามัดรวมเป็นเล่ม สะดวกแก่การจัดเก็บ หลายๆประเทศในเอเชียก็ใช้เทคนิคนี้เช่นกัน แต่ใช้ใบลานแทนแผ่นไม้

ใบลานเป็นใบไม้ที่นำมาจารึกข้อความมากกว่าใบไม้ชนิดอื่นๆ เพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายประการ เช่น มีสีอ่อน ผิวเรียบ แข็งแรงกว่ากระดาษถึง 3 เท่า ใบลานทำมาจากยอดอ่อนของต้นลาน ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ PALMAE ใบลานที่มีคุณภาพดีได้จากต้นลาน Corypha Umbraculifera L. หรือลานหมื่งเหิง (ภาคเหนือ) หรือTalipot palm หรือที่เรียกว่า Sritala ในอินเดีย ใบลานชนิดนี้มีใบกว้าง ดูดซับหมึกได้ดี และทนทาน

กว่าใบลานชนิดอื่นๆ เช่น ใบลานจากต้นลาน Corypha lecomtei Becc. (ภาคกลาง) ต้นลานพรุ หรือ ลาน (ภาคใต้) Corypha elata Roxb.

วิธีเตรียมใบลานก่อนที่จะนำมาจารึกข้อความแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น ในประเทศอินเดียเมื่อตัดใบอ่อนของต้นลานแล้วจะแยกใบออกจากกัน แล้วตากให้แห้ง จากนั้นนำมาต้มหรือแช่ในน้ำ แล้วตากให้แห้งอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจึงขัดให้เรียบด้วยหินหรือเปลือกหอย ตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ ใบลานบางชนิดเมื่อตัดแล้วจะนำมาขัดให้เรียบ ตากแดดให้แห้งแล้วทาน้ำมัน บางท้องถิ่นใช้กรรมวิธีหลายขั้นตอนและใช้เวลานานจึงจะได้ใบลานที่พร้อมที่จะนำมาจารึกข้อความได้

ในประเทศไทย เมื่อตัดใบอ่อนของต้นลานแล้ว นำมาตัดปลายใบออก จะได้ใบลานยาวประมาณ 27 นิ้ว จากนั้นแยกใบออกจากกัน โดยสาดขึ้นไปในอากาศให้ตกลงมากระจายบนพื้น ทิ้งตากแดดตากน้ำค้างไว้สามวันสามคืน จากนั้นนำมาเจียนก้านออก แช่น้ำไว้หนึ่งคืนเพื่อให้นิ่ม จากนั้นผึ่งให้แห้ง นำมาแทงบนขนอบ(ไม้ประกับ)ทีละใบ ตัดใบลานทั้งสี่ด้านให้ได้ขนาดเสมอกันกับขนอบ จากนั้นใช้ใบลานร้อยใบลานเข้าด้วยกันให้ได้กับหนึ่ง ซึ่งมีใบลาน 500 ใบ แล้วผูกเป็น 3 ตอน ใช้ขนอบปิดหน้าหลังพร้อมทั้งมัดให้แน่น แล้วนำไปอัดในเครื่องอัดอีกครั้ง จากนั้นจึงนำเข้าอบในเตาอบประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่ออบแห้งดีแล้ว นำมาไสด้วยกบให้ขอบเรียบเสมอกันแล้วจึงแกะออกทำความสะอาดทีละใบ ใช้เหล็กแหลมเผาไฟเจาะตามร่องที่แทงไว้ในตอนแรก จัดใบลานเข้าผูก เพื่อเตรียมการจารหนังสือต่อไป

ก่อนจะจารใบลานจะต้องตีเส้นโดยชึงเชือกหรือด้ายให้มีจำนวนเท่ากับเส้นบรรทัดที่ต้องการ เอาดินหม้อหรือเขม่าไฟผสมน้ำลูบที่เส้นเชือกให้ทั่ว แล้ววางกรอบไม้นี้ลงบนใบลาน กะให้ได้ขนาดเหมาะสมดีแล้วดึงเชือกที่ขึงตึงนั้นขึ้น ปล่อยมือให้เชือกดีดลงบนใบลาน เส้นบรรทัดสีดำจะปรากฏบนใบลาน

ขณะจารใบลานต้องใช้"หมอน" ซึ่งทำจากใบลานยาวประมาณคืบกว่าๆ เรียงซ้อนกัน 6 – 7 ใบ เย็บให้ติดกันใช้ผ้าหุ้มโดยรอบ นำไม้ไผ่ที่เหลาเล็กๆ ยาวประมาณ 4 นิ้วให้ได้ 4 อัน เสี้ยมปลายแหลมสำหรับแทงลงไปที่หมอนตามร่องลานมุมละ 2 อันเพื่อใช้เป็นที่คีบใบลาน

ผู้จารใบลานนิยมนั่งชันเข่าขึ้นข้างหนึ่ง หลังพิงเสาหรือผนังห้อง วางมือซ้ายบนเข่า หงายมือขึ้น ใช้ฝ่ามือและนิ้วทั้ง 4 รองรับหมอนที่มีใบลานเปล่าๆวางอยู่ข้างบน ให้หัวแม่มือวางทับบนใบลานนั้น ใช้มือขวาจรดปลายเหล็กจารลงที่เส้นบรรทัด จารตัวอักษรใต้เส้นบรรทัดพร้อมกับใช้หัวแม่มือรอง และดุนเหล็กจารให้เคลื่อนไป เพื่อช่วยให้เหล็กจารที่เจาะลงบนเนื้อลานนั้นลากเส้นหยักไปมา เป็นรูปตัวอักษรได้ตามต้องการ ใบลานใบหนึ่งจารหนังสือได้ทั้งสองหน้า เมื่อจารข้อความเสร็จ ใช้เขม่าผสมน้ำมันยางถูไปมาโดยใช้ลูกประคบเพื่อให้เขม่าฝังลงไปในร่องที่เป็นตัวอักษร จากนั้น ใช้ทรายละเอียดที่ตากแดดจนร้อนหรือคั่วให้ร้อนโรยลงบนใบลาน ใช้ลูกประคบสะอาดๆถูบนทราย เพื่อลบเขม่าไฟส่วนเกินบนใบลาน จะได้ตัวอักษรผุดขึ้นเป็นสีดำอย่างเด่นชัด

เมื่อจารเสร็จแล้วนำมาเข้าผูก ใบลานผูกหนึ่งมีจำนวนใบลานประมาณ 24 ใบ และอาจจะมีปกหน้าปกหลังของแต่ละผูกเพิ่มขึ้นอีกด้านละ 2 – 3 ใบ หนังสือเรื่องหนึ่งๆจะมีจำนวนผูกมากน้อยตามความสั้นยาวของเนื้อเรื่อง แต่ละเรื่องนับรวมเป็นคัมภีร์หนึ่ง นำใบลานที่จารจนจบคัมภีร์แล้วมาจัดเรียงลำดับ เข้าประกับให้แน่น ใช้กบไสใบลานทั้ง 4 ด้านให้เรียบเสมอกัน ตกแต่งคัมภีร์และไม้ประกับด้วยกรรมวิธีต่างๆ เช่น ปิดทองล่องชาด ปิดทองทึบ ปิดทองล่องรัก ลายรดน้ำ ประดับกระจก ประดับมุก ครำทอง ครำเงิน เป็นต้น เสร็จแล้วใช้ผ้าห่อคัมภีร์ และมัดด้วยเชือก

กระดาษ หรือ Paperมีต้นกำเนิดมาจากคำว่า Papyrus ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้จารึกข้อความในอียิปต์มาตั้งแต่โบราณกาล . ทำจากเปลือกนอกของลำต้นซึ่งสามารถลอกออกได้เป็นแผ่นบางๆ นำมาคลี่ออกเป็นแผ่นและวางซ้อนกันในทิศทางตั้งฉากกันหลายๆชั้น จากนั้นนำไปอัดและตากให้แห้ง

เชื่อกันว่าผู้ที่ประดิษฐ์กระดาษขึ้นเป็นคนแรกคือ ชาวจีนชื่อT'sai Lun เมื่อประมาณ ค.ศ. 105 โดยทำกระดาษจากต้นไผ่ เปลือกไม้ เศษผ้า โดยนำวัสดุเหล่านี้มาแช่น้ำเป็นเวลานานถึง 100 วัน จากนั้นต้มในน้ำด่างประมาณ 8 วัน เพื่อแยกเส้นใยออกจากกัน หลังจากล้างน้ำแล้วทำให้เส้นใยสานกันเป็นแผ่นบางๆโดยใช้ตะแกรงตักเส้นใยขึ้นจากภาชนะ ผึ่งให้แห้ง จะได้แผ่นกระดาษอยู่บนตะแกรง

เส้นใยพืชมีเซลลูโลส(Cellulose) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เส้นใยมีลักษณะเป็นเซลยาวๆต่อกันเหมือนท่อ ขณะที่เซลยังสดอยู่ ภายในเส้นใยมีโปรโตปลาสม(Protoplasm) และน้ำทำให้เซลเต่ง แต่เมื่อทำให้เป็นแผ่นกระดาษแล้ว เซลจะแห้ง ผนังเซลยุบเข้าหากัน กลายเป็นเส้นแบนๆ เส้นใยเหล่านี้ยึดเหนี่ยวกันได้ด้วยแรงภายในโมเลกุลของเซลลูโลสและแรงตึงผิวของเส้นใยแบนๆเหล่านั้น ความแข็งแรงของกระดาษขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเส้นใย

ศิลปในการทำกระดาษได้แพร่หลายจากจีนเข้าสู่เกาหลี ญี่ปุ่น ในค.ศ. 600 จากนั้นได้แพร่หลายเข้าสู่ตะวันออกกลาง ยุโรป และสหรัฐอเมริกา สหรัฐอเมริกาสร้างโรงงานกระดาษแห่งแรกที่เพนซิลเวเนีย ในปีค.ศ. 1690

ในประเทศไทยคงมีการใช้กระดาษมานานแล้ว แต่ไม่ปรากฏหลักฐานว่าเริ่มมีใช้เมื่อใด คนไทยแต่ก่อนเรียกกระดาษว่า "ใบสมุด" เพราะคำว่า"สมุด" หมายถึงเล่ม สมุดไทยเป็นหนังสือของไทยโบราณที่มิได้เย็บเล่มเหมือนหนังสือในปัจจุบัน แต่เป็นหนังสือที่ใช้กระดาษยาวๆ ติดต่อกันเป็นแผ่นเดียว พับกลับไปกลับมาให้เป็นเล่มหนาหรือบาง กว้างหรือยาวเท่าใดก็ได้ตามแต่ความต้องการ โดยทั่วไปสมุดไทยมี 2 สี คือ สีดำและสีขาว เรียกว่า สมุดไทยดำ และสมุดไทยขาว

สมุดไทยส่วนใหญ่ทำจากเปลือกต้นข่อย จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "สมุดข่อย" ต้นข่อยเป็นไม้ยืนต้น ใบมีลักษณะสากทั้งสองด้าน ส่วนที่นำมาใช้ทำกระดาษคือเปลือก ชื่อพฤกษศาสตร์ของต้นข่อยคือ Streblus asper Lour. พบมากในประเทศอินเดีย ไทยตอนใต้ มลายู ฟิลิปปินส์

ในจังหวัดทางภาคเหนือแถบจังหวัดเชียงใหม่ แพร่ ลำปาง น่าน นิยมใช้เปลือกต้นสาทำกระดาษ จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "สมุดกระดาษสา" ต้นสาเป็นต้นไม้ประเภทไม่มีแก่น ลำต้นคดข้างเปราะ เปลือกมีสีขาวปนเทาหรือมีสีเขียวอ่อน ชอบขึ้นในที่ที่มีอากาศชื้น เช่น ตามหุบห้วยหนอง คลอง บึง

เชื่อกันว่าคนไทยโบราณคงทำกระดาษจากเปลือกข่อยและเปลือกต้นสากันมาก ดังปรากฏในประวัติของอุตสาหกรรมไทยตอนหนึ่ง " ... แต่ก่อนนี้มีการทำกระดาษในเมืองไทยเป็น

จำนวนมาก ต่อมาเมื่อมีกระดาษต่างประเทศเข้ามาจำหน่ายและราคาถูกกว่า จึงทำให้อุตสาหกรรมกระดาษน้อยลง จนกระทั่งถึง พ.ศ. 2447 คงมีการทำอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ..."

การทำกระดาษสาและกระดาษข่อยใช้วิธีการเดียวกัน คือใช้เปลือกของต้นสาและต้นข่อยที่ยังอ่อนอยู่ ต้นสาที่จะนำมาทำกระดาษควรมีลำต้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 ซม. อายุประมาณ 3–4 ปี เมื่อลอกเปลือกแล้วเอาเปลือกไปแช่น้ำประมาณ 3–4 วัน จากนั้นนำขึ้นจากน้ำ บีบน้ำออกให้หมาดๆแล้วฉีกเป็นฝอย นำไปนึ่งประมาณ 48 ชั่วโมง แช่ในน้ำด่าง (น้ำปูนขาว) ประมาณ 24 ชั่วโมง ล้างน้ำให้สะอาด บีบให้แห้ง นำมาทุบให้ละเอียดโดยใช้ฆ้อนไม้ทุบ ต่อจากนั้นนำไปละลายน้ำ ใช้มือกวนให้ทั่ว ใช้ตะแกรงจรอบไม้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้างยาวตามความต้องการ กรุด้วยผ้ามุ้งหรือมุ้งลวดซึ่งให้ตึง นำไปช้อนเยื่อไม้ที่ละลายน้ำอยู่เกลี่ยให้เสมอกัน หากต้องการกระดาษหนาให้เติมเยื่อไม้ลงไปมากๆ ยกตะแกรงขึ้นจากน้ำวางพิงตามแนวนอนให้เอียง 80 องศา แล้วใช้ไม้ขางยาวๆคลึงรีดให้น้ำไหลออกและทำให้หน้ากระดาษเรียบ ยกขึ้นตั้งพิงเอียง 45 องศา ตากแดดจนแห้งสนิทดีแล้วจึงลอกออกเป็นแผ่นๆ

เมื่อจะทำเป็นเล่มสมุดต้องนำมาทาด้วยแป้งเปียกผสมน้ำปูนขาว แล้วขัดให้มัน ถ้ากระดาษบางมากต้องปะเสริมกันหลายๆชั้นให้มีความหนาตามต้องการ ถ้าจะทำสมุดขาวใช้แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำปูนขาว ถ้าจะทำสมุดดำต้องทาด้วยแป้งเปียกผสมกับเขม่าไฟหรือถ่านบดละเอียดผสมกับน้ำปูนขาว การทำเช่นนี้จะช่วยไม่ให้กระดาษชื้น จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง แล้วขัดให้เรียบและเป็นมันโดยใช้หินแม่น้ำผิวเรียบเกลี้ยง เมื่อขัดจนกระดาษขึ้นงาดีแล้วจึงพับเป็นรูปเล่มโดยใช้แบบซึ่งเป็นไม้แผ่นหนาๆ ขนาดกว้างยาวเท่ากับหน้าสมุดที่ต้องการจะทำ วางแบบลงตอนกึ่งกลางแผ่นกระดาษ แล้วใช้มีดไม่มีคมปลายมนขีดเส้นตามแบบให้กระดาษเป็นรอยทั้งสองข้าง แล้วพับกระดาษไปตามรอยขีดนั้นกลับไปกลับมาจนหมดกระดาษด้านหนึ่ง ทำแบบเดียวกันนี้อีกด้านหนึ่งโดยไม่ต้องวางแบบอีก ถ้ายังไม่ได้ความยาวที่ต้องการ ให้พับริมเป็นขอไว้สำหรับเป็นที่ต่อหน้าสมุด เมื่อพับสมุดได้ตามขนาดที่ต้องการแล้ว ตัดริมสมุดทั้งสองข้างให้เรียบได้รูป จากนั้นจึงทำปกสมุดทั้งสองด้านของเล่มสมุด โดยใช้กระดาษสมุดกว้างระหว่าง 1–2 ซม. เรียงซ้อนกัน 3–5 ชั้น ให้ได้ระดับลดหลั่นจากกว้างไปหาแคบ ติดคิ้วนี้ตามขอบของหน้าปกทั้งสี่ด้าน

เมื่อจะเขียนหนังสือ จะตีเส้นบรรทัดโดยใช้ตะกั่วนมเหลาให้แหลมขีดเส้นบรรทัด แล้วเขียนหนังสือใต้เส้นบรรทัด โดยใช้ดินสอขาวหรือน้ำหมึก น้ำหมึกมีหลายสี สีดำได้จากเขม่าไฟหรือหมึกจีน สีขาวได้จากเปลือกหอยมุก สีแดงได้จากชาด สีทองได้จากทองคำเปลว สีเหลืองได้จากส่วนผสมของรงและหรคาล. เป็นต้น

เอกสารโบราณในยุคหลังๆ ส่วนใหญ่ใช้กระดาษฝรั่ง หรือกระดาษที่ผลิตจากเครื่องจักร ประเทศไทยได้เริ่มผลิตกระดาษจากโรงงานเมื่อประมาณหลังสงครามโลกครั้งที่ 1 ประมาณปี พ.ศ. 2460 โดยในระยะแรกผลิตโดยใช้แรงคน ต่อมาจึงสร้างโรงงานที่ใช้เครื่องจักร ระยะแรกๆใช้เศษกระดาษเป็นวัตถุดิบ ต่อมาจึงใช้ไม้รวก ไม้ไผ่ และฟางข้าว กรรมวิธีในการผลิตกระดาษด้วยเครื่องจักรแตกต่างไปจากกรรมวิธีผลิตกระดาษสาและกระดาษข่อย ทำให้ได้กระดาษที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันมากมาย กระดาษในสมัยแรกๆทำจากเส้นใยของ ลินิน ป่าน ฝ้าย รามี ปอ ฯลฯ ซึ่งเป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ กระดาษที่ผลิตจากเส้นใยเหล่านี้จึงมีคุณภาพดี คงทนและเสื่อมสภาพช้ามาก ในระยะต่อๆมาวัตถุดิบในการผลิตกระดาษประเภทนี้หายากและราคาแพง จึงได้ใช้ไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งเป็นวัตถุดิบมากขึ้น กระดาษที่ผลิตได้จึงมีคุณภาพต่ำลง เนื่องจากเนื้อไม้มีเซลลูโลสอยู่เพียง 40– 55%

องค์ประกอบหลักของเนื้อไม้ทุกประเภทจะประกอบด้วยสาร เคมี 4 ชนิดคือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารสกัดได้ (Extractives)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง

	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน	สารสกัดได้
ไม้เนื้ออ่อน	42%	23 %	29 %	4 %
ไม้เนื้อแข็ง	45 %	34 %	21 %	–

เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของพืชอื่นๆที่ใช้ทำกระดาษในยุคต้นๆ (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่าไม้มีปริมาณเซลลูโลสต่ำและมีปริมาณลิกนินสูง ทำให้กระดาษที่ผลิตจากไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งเสื่อมสภาพได้เร็ว

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของพืชที่ใช้ทำกระดาษในยุคต้นๆ

ชนิดของพืช	เซลลูโลส %	ลิกนิน %	Pectic matter %
ฝ้าย	95	—	0.9
รามี	75	—	11
ลินิน	88	—	3.0
ป่านกัญชา	86	—	9.0
ปอกระเจา	74	21	—
ฟางข้าวสาลี	55	30	—
กก	53	31	—

เซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของ Cellobiose unit ต่อเรียงกันยาวมาก เป็นสารโพลีเมอร์ เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลประเภท hexose และ pentose แบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ glucose เช่น galactose manose arabinose ต่อเรียงกันเป็นสายยาว

ลิกนินเป็นสารจำพวกโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนมาก ในเนื้อไม้ทุกประเภทมีลิกนินแทรกอยู่ระหว่างเส้นใย ทำหน้าที่เป็นสารยึดเส้นใยให้ติดกัน

สารสกัดโดพบมากในไม้เนื้ออ่อน ประกอบด้วยสารจำพวก resin acid free acid fatty acid เป็นต้น

การผลิตกระดาษจากไม้นั้น ในขั้นแรกเป็นการผลิตเยื่อกระดาษก่อน โดยนำวัตถุดิบ (พืชหรือไม้) มาตัดเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย แล้วผ่านเข้าเครื่องแยกเอาฝุ่นและผงออก จากนั้นนำไปเข้าหม้อต้มเยื่อหรือย่อยเยื่อ (Digester) โดยใส่โซเดียมซัลไฟท์และโซเดียมไฮดรอกไซด์

และใช้ไอน้ำที่ความดันสูงผ่านเข้าหม้อเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้ชิ้นไม้สุกเกิดการแตกออกเป็นเส้นใย สารเคมีที่ใช้ในขบวนการต้มเยื่อมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและชนิดของเยื่อที่ต้องการ หลังจากต้มเยื่อเรียบร้อยแล้ว ล้างเอาน้ำยาต้มเยื่อที่ตกค้างอยู่ออกให้หมด จากนั้นผ่านไปยังตะแกรงร่อนเยื่อแบบต่างๆเพื่อร่อนเอาชิ้นไม้ที่ต้มไม่สุกไม่แตกออกเป็นเส้นใยออกให้หมด เยื่อที่ได้มีสีน้ำตาล ถ้าต้องการผลิตเยื่อที่มีสีขาวต้องนำไปฟอกโดยใช้สารเคมีหลายชนิด ซึ่งขบวนการฟอกเยื่อแบ่งได้เป็น 3 ขั้น ดังนี้

– การฟอกเยื่อด้วยกาซคลอรีน

– การแยกลิกนินออกจากเยื่อ โดยใช้โซดาไฟ

– การฟอกให้ขาวสะอาด

เมื่อฟอกเยื่อเรียบร้อยแล้ว นำเยื่อมาทำกระดาษ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.การเตรียมเยื่อ

นำเยื่อมาตีให้กระจายตัวในน้ำ บดให้ละเอียดในเครื่องบดเยื่อ จากนั้นนำไปปรุงแต่งเยื่อเพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะกับชนิดของกระดาษที่ต้องการผลิต ดังนั้นต้องมีการเติมสารเคมีหลายประเภท เช่น ชันสน(Rosin) และสารส้ม เพื่อป้องกันการดูดซึมของเหลว (Sizing) เติมสีเพื่อย้อมกระดาษให้มีสีหรือใส่แต่น้อยเพื่อให้ดูสวยงาม ถ้าต้องการกระดาษที่มีความเหนียวเพิ่มขึ้นก็ต้องเติมสารเพิ่มความเหนียว เช่น modified starch gum arabic การผลิตกระดาษเพื่องานพิมพ์หรืองานเขียนมักเติมสารจำพวก ดินขาว (Kaolin) แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) Titanium dioxide (TiO_2) ซึ่งจัดเป็น filler เติมเพื่อให้กระดาษมีผิวเรียบ ดูดซึมหมึกได้ดี เพิ่มความทึบแสงของกระดาษ

2. การผลิตเป็นแผ่นกระดาษ

เมื่อเตรียมเยื่อเรียบร้อยแล้ว นำเข้าเครื่องผลิตกระดาษ ซึ่งจะทำให้เกิดแผ่นกระดาษบนตะแกรง จากนั้นก็เข้าสู่ Press section ซึ่งมีลักษณะเป็นลูกกลิ้งขนาดใหญ่สองลูกกดกันอยู่โดยมีผ้าสักหลาดหนารองรับอยู่เพื่อไม่ให้กระดาษขาด การกดนี้จะบีบเอาน้ำที่อยู่ในเนื้อกระดาษออกมา จากนั้นนำไปอบให้แห้งในลูกอบ (Dryer) ซึ่งเป็นลูกทรงกระบอกทรงกลม ภายในมีไอน้ำที่มีแรงดันปานกลางถึงแรงดันสูงเพื่อทำให้กระดาษแห้ง

3. การแปรรูปกระดาษ

หลังจากผลิตกระดาษออกมาเป็นม้วนใหญ่แล้ว จะมีการนำกระดาษไปแปรรูป เช่น นำไปตัดซอยเป็นม้วนเล็ก ตัดเป็นแผ่นเป็นรีม เคลือบผิวเพื่อให้กระดาษมีผิวละเอียดเรียบขึ้น ฯลฯ เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้งานต่อไป

จะเห็นได้ว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในระยะหลัง ๆ ต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน และใช้สารเคมีหลายชนิด จึงเสื่อมสภาพได้เร็วกว่ากระดาษในยุคต้นๆ ที่ผลิตจากเยื่อที่เป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์

ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงกระบวนการหนึ่งที่ใช้ในการผลิตกระดาษ โรงงานกระดาษบางแห่งอาจใช้กระบวนการอื่น ๆ ที่มีรายละเอียดแตกต่างออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและความเหมาะสม กระดาษชนิดต่าง ๆ จึงมีคุณสมบัติและคุณภาพแตกต่างกันไป และที่แน่นอนก็คือมีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมและการใช้งานแตกต่างกัน

หนังสัตว์เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เป็นเอกสารโบราณหรือเป็นองค์ประกอบของเอกสารโบราณ เช่น ใช้ทำสันหนังสือ ทำปก เย็บเล่ม ฯลฯ หนังสัตว์เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์ ผิวชั้นนอกสุดของหนังเป็นต่อมเหงื่อและรูขุมขน ส่วนด้านในที่มีเนื้อ ประกอบด้วย ไขมัน กล้ามเนื้อ และเส้นเลือด ชั้นที่นำมาใช้ประโยชน์ คือชั้นใน(corium) ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยของโปรตีน (collagen)ซึ่งเมื่อเดือดในน้ำจะได้กาวหนังสัตว์ จากองค์ประกอบของหนังสัตว์ดังที่กล่าวมานี้ ทำให้หนังสัตว์เน่าเปื่อยรวดเร็วมากหากไม่ทำการสงวนรักษา เพราะฉะนั้นหนังสัตว์ที่จะนำมาใช้งานจึงต้องผ่านกระบวนการเคมีเพื่อป้องกันการเน่าเปื่อย หนังสัตว์ที่นำมาฟอกในน้ำยาฟอกหนัง (tanning) เรียกว่า หนังฟอก (leather) หากนำมาหมักด้วยปูนขาว จะได้ parchment หรือ vellum หากนำมาหมักในสารส้มจะได้ alum tawed skin

หนังฟอกนิยมใช้ทำปกหนังสือกันมากในคริสตศตวรรษที่ 19 กรรมวิธีฟอกหนังโดยใช้สารเคมีที่สกัดจากเนื้อไม้เริ่มมีขึ้นไม่ต่ำกว่า 2000 ปีมาแล้ว สารเคมีที่อยู่ในเปลือกไม้จะรวมตัวกับเส้นใยโปรตีนในหนังสัตว์กลายเป็นเกลือชนิดหนึ่งซึ่งทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี ทำให้แผ่นหนังมีคุณสมบัติ เหนียว ทนทานต่อการฉีกขาดงอดัดสี ทนต่อน้ำ มีความยืดหยุ่นดี ทนทาน

ต่อกรดและการเน่าเปื่อยได้ดี นอกจากนี้ยังทำให้หนังสัตว์สวยงามขึ้นอีกด้วย

กระบวนการฟอกหนังในสมัยโบราณกระทำตามขั้นตอนดังนี้

- ล้างหนังดิบ
- แช่ในปูนขาวเพื่อขจัดเอาขนออก
- ขูดเอาส่วนที่เป็นผิวหนัง เนื้อ และขน โดยใช้มีด
- แช่ในสารเคมีที่สกัดจากเปลือกไม้
- ทำให้แห้ง
- ย้อมสี
- ขัด

กระบวนการดังกล่าวกินเวลานานเป็นเดือน ๆ

ในคริสตศตวรรษที่ 19 ความต้องการหนังฟอกได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ช่างฟอกหนังจึงเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีฟอกหนังเพื่อให้ได้หนังฟอกมากขึ้นและใช้ระยะเวลาในการฟอกสั้นลง เช่น ในปี ค.ศ. 1813 มีการใช้กรดกำมะถัน (H_2SO_4) และกรดน้ำส้ม (CH_3COOH) มาใช้ในการทำความสะอาดและขจัดขนก่อนที่จะแช่ในน้ำยาฟอกหนัง ในปี ค.ศ. 1875 หลังจากฟอกหนังในน้ำยาฟอกหนังแล้ว ทำการขจัดไขมันโดยใช้กรดเจือจางเพื่อย้อมสีโดยใช้สีย้อมสังเคราะห์ กรดที่ใช้สามารถละลายเส้นใยของโปรตีนในหนังฟอกและเริ่มทำลายเส้นใยในระยะเวลาอันสั้น หนังฟอกที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวทำปฏิกิริยาได้ดีกับกาซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ทำให้หนังฟอกมีสภาพเปื่อยกรอบเป็นผงๆ ซึ่งจะเห็นได้จากปกและสันหนังสือบางเล่ม นับเป็นปัญหาใหญ่ปัญหาหนึ่งในการอนุรักษ์

เมื่อประมาณ 60 – 70 ปีมานี้ มีการค้นพบน้ำยาฟอกหนังชนิดใหม่ทำจากเกลือของโครเมียมในกระบวนการผลิต จำเป็นต้องใช้กรดกำมะถันร่วมด้วย หนังสัตว์ที่ฟอกด้วยวิธีนี้มีคุณภาพดี ทนทาน เหมาะแก่การทำรองเท้า กระเป๋า แต่แข็งและกระด้างเกินไปไม่เหมาะแก่การทำสันและปกหนังสือ

การทำปก สัน และ เย็บเล่มหนังสือส่วนใหญ่ใช้หนังลูกวัวฟอก เพราะหาง่าย ตกแต่งได้ง่าย เมื่อมีอายุมากขึ้นจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลแบบสีไม้มะฮอกกานี หนังวัวมีคุณภาพด้อยกว่าหนังลูกวัว เพราะแข็งและหนา

หนังหมูเหมาะสำหรับการทำปกและเย็บเล่มหนังสือขนาดใหญ่ มีความทนทานต่อการฉีกขาดและแข็งแรงมาก

หนังแพะเป็นหนังที่ดีที่สุดในการเย็บเล่มหนังสือ เพราะอ่อนนุ่มและแข็งแรง เมื่อฟอกด้วยสารเคมีที่สกัดจากพืชจะทนทานได้นานหลายร้อยปี นอกจากนี้ยังสวยงาม ย้อมสีได้ดี

หนังแกะก็ใช้มากในการเย็บเล่มและทำปก เพราะหาง่ายและราคาถูก จนกระทั่งเมื่อประมาณ 150 ปีมานี้ ปกหนังสือส่วนใหญ่เปลี่ยนมาใช้ผ้าและกระดาษมากขึ้น ผ้าและกระดาษไม่ค่อยทนทานต่อการฉีกขาด

หนังสัตว์ที่ผ่านการหมักในสารส้มและเกลือ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า alum tawed skin นั้นเป็นหนังที่ทนทานที่สุด นิยมใช้ทำปกและสันหนังสือโบราณในสมัยคริสตศตวรรษที่ 17 – 18 แผ่นหนังที่ได้ เหนียวและยืดหยุ่นได้ดี และมีสีขาว

Parchment และ vellum เป็นแผ่นหนังที่นิยมใช้ทำเอกสารโบราณและทำปกและสันหนังสือในบางประเทศ vellum คือหนังของลูกวัวอายุไม่เกิน 6 สัปดาห์ ซึ่งเมื่อถลกออกมาแล้ว นำมาขูดเอาเนื้อ ขน ไขมัน และกล้ามเนื้อออก แล้วหมักในน้ำปูนใส หลังจากนั้นนำมาขูดและขัดให้เรียบ เมื่อเสร็จแล้วจะมีลักษณะสวยงาม เป็นเงา มีสีอ่อนๆ และค่อนข้างโปร่งแสง ส่วน parchment ทำจากหนังของแกะหรือสัตว์อื่น ๆ โดยผ่ากรรมวิธีเช่นเดียวกับ vellum แผ่นหนังทั้งสองชนิดนี้ หากเก็บรักษาดี จะแข็งแรง ทนทานต่อการขัดสีลีกกร่อนได้ดี แต่หากความชื้นสูงเกินไปมันจะอ่อนงอและบวม แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปจะบิดงอม้วนตัวและกรอบ

ผ้าเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่คนไทยโบราณนำมาทำเป็นเอกสารโบราณ โดยนำมาเขียนหรือปักตัวอักษรและรูปภาพ และยังใช้ในการเก็บรักษาเอกสารโบราณโดยนำมาห่อสมุดไทย ใบลาน ในระยะต่อๆ มาจึงใช้ในการทำปกและสันหนังสือ

ผ้าที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นผ้าฝ้ายและผ้าไหม ผ้าฝ้ายมีความแข็งแรงปานกลาง เมื่อเปียกน้ำจะแข็งแรงกว่าขณะแห้ง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่ทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่าผ้าชนิดอื่นๆ แต่ต้องระวังไม่ให้ได้รับแสงแดดมากนัก เพราะแสงแดดทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลง และมักจะเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง เพราะเซลลูโลสจะถูกออกซิไดซ์ (oxidize) ไปเป็นออกซีเซลลูโลส

(oxycellulose) หากเก็บรักษาในที่ที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีบนผ้าฝ้าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากผ้านั้นลงแป้งหรือมีคราบเปื้อนหรือฝุ่นละอองสะสมอยู่มาก กรดและด่างทำให้เนื้อผ้าขาดความแข็งแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูงๆ

ผ้าฝ้ายที่นำมาใช้ทำสันและปกหนังสือ มักจะผ่านกรรมวิธีบางอย่าง เช่น ฟอกจางสี ย้อมสี ผสมรงควัตถุเพื่อทำให้เกิดสี ชุบด้วยด่าง (mercerized) เคลือบด้วยกาวหรือวุ้น ลงแป้งทาหรืออาบด้วยพลาสติค ฯลฯ กรรมวิธีบางกรรมวิธีอาจทำให้สารเคมีและสิ่งแปลกปลอมเกาะติดอยู่บนเส้นใย ทำให้เส้นใยเสื่อมสภาพเร็วกว่าที่ควรจะเป็น

ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้มาจากรังของตัวไหมซึ่งเป็นแมลงประเภทผีเสื้อ เส้นใยของไหมคือโปรตีนซึ่งแข็งตัวหลังจากที่ตัวไหมหลั่งออกมา โปรตีนชนิดนี้เรียกว่า fibroin ในขณะเดียวกันตัวไหมจะหลั่งโปรตีนอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียว เรียกว่า sericin ซึ่งจะช่วยยึดเส้นใยให้ติดกันเป็นรังไหม เมื่อต้องการสาวไหมออกจากรังไหม จะนำรังไหมไปต้มเพื่อให้ sericin ละลาย ดังนั้นจึงสาวไหมออกจากหลายๆรังพร้อม ๆ กันเพื่อให้ได้ไหมหนึ่งเส้นที่แข็งแรงพอ เพราะไหมแต่ละเส้นเล็กละเอียดเกินกว่าจะนำมาใช้งาน เมื่อเส้นไหมที่สาวมานี้เย็นตัวลง sericinจะแข็งตัวและช่วยยึดเส้นไหมเล็ก ๆ เหล่านั้นให้ติดกันแน่น เส้นไหมจึงเป็นเส้นใยที่เหนียวมาก สามารถเทียบได้กับเส้นลวดเหล็กที่มีขนาดเท่ากัน ไหมดิบที่ใช้ทอผ้าได้มาจากการนำเส้นใยประมาณ 5 – 10 คู่มาปั่นเข้าด้วยกัน

fibroin และ sericin ประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 95 % ที่เหลือ 5 % เป็นขี้ผึ้ง (wax) ไขมัน เกลือแร่ และ ด่าง การที่มีไขมันเกาะอยู่ด้วยทำให้ไหมมีความยืดหยุ่นดี ไหมจะบวมและละลายในกรดเกลือเข้มข้น กรดกำมะถัน 80 % และ ด่าง (NaOH 5%)

ผ้าไหมบางชนิดมักจะผ่านกรรมวิธีที่ทำให้ผ้ามีเนื้อหนักขึ้น โดยจุ่มในสารละลายของสารประกอบของโลหะบางชนิด เช่น เกลือของดีบุก ฯลฯ ทำให้ผ้าไหมขาดความแข็งแรงและเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อได้รับแสง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พบเสมอในผ้าไหมจากโรงงานบางแห่งที่นิยมกรรมวิธีเช่นนี้

นอกจากนี้ผ้าไหมที่ผ่านกระบวนการย้อมและตกแต่งต้องผ่านขั้นตอนต่างๆซึ่งใช้สารเคมีหลายชนิด สารเคมีบางชนิดรวมทั้งน้ำที่ใช้ในกระบวนการอาจมีสิ่งเจือปนซึ่งเมื่อหลงเหลืออยู่

ในเนื้อผ้า ทำให้เส้นใยกรอบและเปราะมากขึ้น

กระดูกและงาเป็นวัสดุที่นำมาใช้บ้างเป็นจำนวนน้อย โดยใช้เพื่อการประดับตกแต่งในเชิงศิลปหรือใช้เพื่อจารึกข้อความ

กระดูกมีเนื้อแน่น แข็ง และมีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน กล่าวคือประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์อยู่รวมกับเกลือแร่ สารประกอบอินทรีย์ทำให้กระดูกเหนียว และเกลือแร่ทำให้กระดูกแข็ง หลังจากขจัดเอาไขมันและน้ำออกไปแล้ว สามารถนำมาขัด แกะสลัก จารึก หรือระบายสีได้ดี และคงทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี

งาช้างและเขาสัตว์ เป็นวัตถุอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้แกะสลักหรือจารึกข้อความในสมัยโบราณ และใช้ประดับตกแต่งใบลาน เพราะเป็นวัสดุที่สีอ่อน มีเนื้อละเอียด และขัดให้เป็นมันได้ง่าย หากเก็บรักษาได้ดีจะทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี แต่สีหรือหมึกที่ใช้เขียนอาจลบเลือนหรือซีดจางได้ง่าย

บทที่ 3

สาเหตุและกระบวนการเสื่อมสภาพ

สาเหตุที่ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพ อาจแบ่งออกได้เป็นหลายสาเหตุและหลายกระบวนการซึ่งเกิดขึ้นพร้อมๆกัน และมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันจนไม่สามารถแยกออกจากกันได้โดยเด็ดขาด กระบวนการเสื่อมสภาพอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเชิงกล(Mechanical processes) ทางกายภาพ(Physical processes) ทางเคมี(Chemical processes) และทางชีววิทยา(Biological processes)

เพื่อความสะดวกในการศึกษาวิจัย จึงได้แบ่งสาเหตุที่ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. สาเหตุภายใน(Intrinsic factors) หมายถึงกระบวนการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณซึ่งเกิดจากสาเหตุภายในตัว**เอกสารโบราณเอง** ได้แก่ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำเอกสารโบราณ กรรมวิธีการผลิต กรรมวิธีในการเขียนหรือจารึกหรือแกะสลัก ความคงทนของวัสดุ เป็นต้น

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำเอกสารโบราณ เป็นปัจจัยสำคัญในการเสื่อมสภาพชำรุดเสียหาย ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ เอกสารโบราณที่ทำจากอินทรียวัตถุ เช่น กระดาษ ใบลาน ผ้า เสื่อมสภาพเร็วกว่าและรุนแรงกว่าเอกสารโบราณที่ทำจากอนินทรียวัตถุ เช่น หิน โลหะ ดินเผา เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวแล้วในบทที่ 2

วัสดุบางชนิดที่ใช้ในการทำเอกสารโบราณอาจมีองค์ประกอบบางอย่างซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพได้ในภายหลัง เช่น กระดาษบางชนิดมีกรดปะปนอยู่ด้วย กรดดังกล่าวอาจมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษหรือมาจากสารเคมีที่ใช้ในระหว่างการผลิต กระดาษราคาถูกบางชนิด เช่นกระดาษหนังสือพิมพ์ มีลิกนิน(lignin)อยู่มาก เมื่อได้รับแสงลิกนินจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคีรีด กระดาษจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลและเปื่อยกรอบภายใน 2–3วัน เนื่องจากโครงสร้างของเซลลู

โลสเปลี่ยนแปลงไป ยังผลให้กระดาษขาดความแข็งแรง กระดาษหลายชนิดต้องเติมสารเคมีหลายประเภทเพื่อปรุงแต่งเยื่อ เช่น ชันสน (rosin) และสารส้ม เพื่อป้องกันการดูดซึมของเหลว (sizing) สารส้มมีฤทธิ์เป็นกรด จึงทำให้กระดาษเปื่อยกรอบ กระดาษบางชนิดต้องเติมสีเพื่อย้อมกระดาษให้มีสีหรือแลดูสวยงาม สีย้อมหรือรงควัตถุบางชนิดทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหรืออาจทำปฏิกิริยากับแสงแล้วทำให้เกิดสารเคมีอื่นๆที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของกระดาษ กระดาษทั่วๆไปมักมีเหล็กเป็นสารเจือปน เหล็กจะรวมตัวกับเรซิน(resin)หรือกรดไขมัน(fatty acid) แล้วมีสีเข้มขึ้นเมื่อได้รับแสง บางกรณีพบว่าเกลือบางชนิดของเหล็ก เช่น $Fe(OH)_3$ ทำปฏิกิริยากับกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แล้วได้เฟอรัสซัลไฟด์ (FeS) ซึ่งมีสีดำ ทำให้กระดาษมีคราบเปื้อนเป็นจุดสีดำ นอกจากนี้เหล็กยังช่วยทำให้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น ทำให้เกิดคราบเปื้อนเพิ่มขึ้น

กระดาษบางชนิดผ่านกระบวนการฟอกสี จึงมีสารเคมีที่ใช้ในการฟอกจางสีหลงเหลืออยู่ สารเคมีที่ใช้ในการฟอกสีเยื่อกระดาษส่วนใหญ่เป็นพวกไฮโปคลอไรท์ (hypochlorite)ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสเปลี่ยนแปลงไป กระดาษจะขาดง่าย กรอบเปราะ พบว่ากระดาษเหล่านี้เสื่อมสภาพภายใน 10 – 20 ปี ปฏิกิริยาเช่นนี้เกิดได้เร็วยิ่งขึ้นหากอุณหภูมิสูงขึ้น

หมึกที่ใช้ในการพิมพ์ส่วนใหญ่มีฤทธิ์เป็นกรด หมึกบางชนิดที่นิยมใช้กันมากในสมัยโบราณก็มีฤทธิ์เป็นกรด ได้แก่หมึกที่ทำจากเกลือของเหล็กผสมกับกรดแทนนิค(tannic acid) และกรดแกลลิค (Gallic acid) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Iron gall ink หมึกชนิดนี้สามารถกัดเนื้อกระดาษให้ขาดทะลุได้ และกรดจากหมึกชนิดนี้ยังสามารถแทรกซึมไปยังกระดาษแผ่นอื่นๆที่อยู่ติดกันได้ หากปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นเป็นเวลานาน กระดาษจะมีสีเปลี่ยนไปและเปื่อยกรอบ บริเวณรอบๆตัวหนังสือจะขาดทะลุ

หมึกบางชนิดละลายได้ในน้ำ จึงเลอะเลือนเมื่อได้รับความชื้นสูงหรือเปียกน้ำ หมึกบางชนิดสีจะซีดจางไปเมื่อได้รับแสงหรือทำปฏิกิริยากับสารฟอกสีที่หลงเหลืออยู่ในเนื้อกระดาษ บางครั้งหมึกที่ใช้ในสมัยโบราณเป็นหมึกหลายชนิดผสมกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายรูปแบบในขณะ

เดียวกัน

การทำเอกสารโบราณบางชนิดต้องใช้กาว เช่นการผลิตกระดาษบางชนิดต้องเติมสารเพิ่มความเหนียว เช่น แป้งเปียก gum arabic การเย็บเล่มก็เช่นเดียวกัน จำเป็นต้องใช้กาวหลายชนิด กาวบางชนิดละลายได้ในน้ำ เมื่อเอกสารโบราณได้รับความชื้นสูงหรือเปียกน้ำกาวจะละลายและเมื่อแห้งลง กาวจะแข็งตัวใหม่ ทำให้หน้าหนังสือติดกัน กาวบางชนิดเป็นอาหารที่ดีของแมลงและจุลินทรีย์ กาวบางชนิดเปลี่ยนสีเมื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม และกาวบางชนิดมีอายุใช้งานไม่นานนัก เมื่อเวลาผ่านไปจะกรอบเปราะและสูญเสียแรงยึดเหนียว

หนังสัตว์ที่ใช้ทำปกและสันของสมุดและหนังสือในสมัยโบราณมักเป็นหนังสัตว์ที่ผ่านกรรมวิธีฟอกโดยใช้สารเคมีที่สกัดได้จากเปลือกไม้ ในระยะต่อมา (หลังคริสตศตวรรษที่ 19) ความต้องการของตลาดมีมากขึ้น จึงต้องเร่งอัตราการผลิต โดยการใช้กรดกำมะถันและกรดน้ำส้ม ทำความสะอาดหนังดิบและขจัดขน บางครั้งใช้กรดในการขจัดไขมันก่อนการย้อมสี กระบวนการผลิตหนังฟอกในสมัยหลังๆจึงมักมีกรดรวมด้วยเสมอ กรดเหล่านี้ทำให้หนังฟอกเหล่านั้นเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพทีละน้อยๆ นับตั้งแต่ยังอยู่ในโรงฟอกหนัง ก่อนที่จะนำมาใช้งานเสียอีก กระบวนการชำรุดเสื่อมสภาพจะดำเนินต่อไปตามกาลเวลา ทำให้หนังสัตว์มีลักษณะเปื่อยยุ่ยและกรอบเปราะ

กรรมวิธีในการเขียนหรือจารึกหรือแกะสลักก็มีผลต่อการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณไม่น้อย ตัวอย่างเช่น การจารใบลานโดยใช้เหล็กจารซึ่งมีลักษณะเป็นเหล็กแหลม ทำให้เกิดรอยขาดในเนื้อใบลานได้ การแกะสลักหินอาจทำให้เกิดรอยกระเทาะหรือร้าวหรือบิ่นได้

จะเห็นได้ว่าเอกสารโบราณส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะชำรุดเสื่อมสภาพอยู่ในตัวเอง และวัสดุบางชนิดเริ่มชำรุดเสื่อมสภาพตั้งแต่อยู่ในระหว่างการผลิต อัตราการชำรุดเสื่อมสภาพจะสูงขึ้นมากเมื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม หรือเก็บรักษาด้วยวิธีการไม่เหมาะสม

2. สาเหตุภายนอก (Extrinsic factor) หมายถึงกระบวนการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณที่เกิดขึ้นจากการกระทำของสิ่งแวดล้อม อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆดังนี้

2.1 สาเหตุจากมนุษย์ (Man -made causes)

มนุษย์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เอกสารโบราณชำรุดเสื่อมสภาพได้ทั้งโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ ความเสียหายส่วนใหญ่เกิดจากความสะเพร่า มักง่าย และรู้เท่าไม่ถึงการณ์ เช่น

เก็บรักษาด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้อง ปล่อยปละละเลยไม่ดูแลรักษา การจับต้องหยิบยกและเคลื่อนย้ายโดยปราศจากความระมัดระวัง ความมักง่ายและการไม่รู้ซึ้งถึงคุณค่าของเอกสารโบราณ เป็นต้น ที่มักพบเสมอคือ คราบเปื้อนบนเอกสารโบราณ ซึ่งเกิดจากเหงื่อและสิ่งสกปรกที่ติดมากับมือ ควันบุหรี่ เถ้าบุหรี่ น้ำลาย คราบอาหาร ไขมัน เครื่องสำอาง หมึก คลิป หนีบกระดาษ ลวดเย็บ น้ำมันใส่ผม ยาขัดรองเท้า เป็นต้น คราบเปื้อนเหล่านี้นอกจากจะทำให้เอกสารโบราณแลดูสกปรกแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพในลักษณะอื่นๆได้อีก เช่น เป็นแหล่งอาหารที่ดีของแมลงและจุลินทรีย์ ทำให้ตัวอักษรเลอะเลือนหรือสูญหายไป ทำให้เอกสารโบราณเปื่อยกรอบหรือขาดความแข็งแรง คราบเปื้อนบางชนิดมีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่าง ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของเอกสารโบราณแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายรูปแบบ

การนำเอกสารโบราณออกมาใช้งานบ่อยครั้งก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เอกสารโบราณชำรุดเสื่อมสภาพได้ทั้งโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ การจับต้องหยิบยกด้วยวิธีการไม่เหมาะสมหรือขาดความระมัดระวัง อาจทำให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพอย่างถาวรได้ เช่น การเปิดหรือปิดแรงเกินไปอาจทำให้เกิดการฉีกขาดได้ เนื่องจากเอกสารโบราณมักจะกรอบและเปราะอยู่แล้ว ผู้ใช้บริการบางคนเอาดินสอหรือปากกาขีดเส้นใต้หรือเขียนข้อความเพิ่มเติม บางคนชอบพับตามมุมหรือใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสมคั่นหน้าหนังสือที่อ่านค้างอยู่ บางคนชอบฉีกหน้าที่ต้องการออกไป บางคนชอบใช้มือแตะน้ำลายก่อนเปิดหน้าหนังสือ และหลายกรณีพบว่ามีผู้ทำหมึกหกรดหรือทำยับเนื่องจากความรีบร้อนหรือเลินเล่อ แม้แต่บรรณารักษ์เองก็อาจทำให้เอกสารโบราณชำรุดเสื่อมสภาพยิ่งขึ้นโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ เช่น เช่นการใช้กระดาษกาวซ่อมแซมเอกสารโบราณที่ชำรุดฉีกขาด กระดาษกาวมักทำให้เกิดรอยเปื้อนบนกระดาษและขจัดออกยาก หากจำเป็นต้องใช้ควรเลือกกระดาษกาวที่มีคุณสมบัติเฉพาะ บางครั้งการลอกหรือล้างกระดาษกาวหรือกาวออกจากเอกสารโบราณอาจทำให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพยิ่งขึ้น การเก็บรักษาเอกสารโบราณควรพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ห่อหรือเก็บรักษา เช่น แฟ้ม กล่อง ตู้ ชั้น เป็นต้น ว่ามีความเป็นกรดหรือเป็นด่างมากน้อยเพียงใด มีสารเคมีที่มีผลต่อการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณปะปนอยู่ด้วยหรือไม่ รวมทั้งคุณสมบัติด้านอื่นๆ เช่น การหดตัวและขยายตัวเมื่อ

ได้รับความร้อนหรือความชื้น ความทนทานต่อแมลงและจุลินทรีย์ เป็นต้น

กระดาษหนังสือพิมพ์ที่มักนำมาใช้ห่อหรือคลุมหรือรองรับเอกสารโบราณมีความเป็นกรดสูง กรดเหล่านี้จะซึมซาบเข้าไปยังเอกสารโบราณได้ นอกจากนี้ กระดาษหนังสือพิมพ์ยังดูดซับความชื้น กาซ และฝุ่นละอองในอากาศเอาไว้ ทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย กล่องกรือตู้ที่มีเศษกระดาษอยู่มากยังเป็นที่อยู่อาศัยและเป็นอาหารของสัตว์จำพวกหนูและแมลง

ไม้ที่มักใช้ทำกรอบหรือรองรับเอกสารโบราณบางชนิดให้ไอระเหยที่เป็นกรด ซึ่งจะแทรกซึมเข้าไปทำอันตรายต่อเอกสารโบราณ นอกจากนี้ไม้ยังมีเรซิน(resin)และลิกนินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ สารเคมีเหล่านี้ทำให้กระดาษมีสีเข้มขึ้นและทำให้กระดาษขาดความแข็งแรง หากไม้ไม่ได้ผ่านการบ่มอย่างเพียงพอ เมื่อนำมาใช้งานจะหดตัว เกิดช่องว่างซึ่งอากาศ ความชื้น กาซ ฝุ่นละออง แมลงและจุลินทรีย์ จะทรกซึมเข้าไปทำอันตรายต่อเอกสารโบราณได้

ตู้ที่ใช้ในการเก็บรักษาเอกสารโบราณ ส่วนมากเป็นตู้ทึบทำด้วยกระจกและไม้ บางกรณีใช้ตู้เหล็ก ตู้เหล่านี้มีข้อดีคือ สามารถป้องกันชโมย ฝุ่นละออง ความชื้น แมลง หนู และจุลินทรีย์ได้ดี แต่มีข้อเสียเล็กน้อยคือ ความร้อนภายในตู้ไม่สามารถระบายออกไปได้โดยสะดวก ทำให้กระบวนการเสื่อมสภาพเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาของกรด ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นได้ดี โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การเก็บรักษาเอกสารโบราณโดยการบรรจุในซองพลาสติคแล้วปิดผนึกให้แน่นเป็นวิธีที่มีทั้งข้อดีและข้อเสีย หากการสงวนรักษาเอกสารโบราณกระทำไม่ครบขั้นตอนหรือไม่มีการขจัดกรดที่อาจมีปะปนอยู่ในเนื้อวัสดุออกก่อนที่จะบรรจุในซองพลาสติคแล้วปิดผนึกอย่างถาวร กรดที่มีอยู่จะถูกกักขังอยู่ภายในเอกสารโบราณนั้นๆและก่อให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพอย่างรุนแรงได้

นอกจากนี้ มนุษย์ยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษของสิ่งแวดล้อม เช่น กาซพิษและฝุ่นละอองที่เกิดจากการคมนาคม การเผาไหม้ โรงงานอุตสาหกรรม ขยะและสิ่งปฏิกูล เป็นต้น กาซและฝุ่นละอองเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณทั้งโดยทางตรงและโดยทางอ้อม

2.2 สาเหตุจากธรรมชาติ (Natural causes) แบ่งออกได้เป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม คือ

2.2.1 ภัยพิบัติทางธรรมชาติ เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว หรือนานๆครั้ง แต่อาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้ เช่น วาตภัย อุทกภัย อัคคีภัย ฟ้าผ่า แผ่นดินไหว เป็นต้น

2.2.2 สภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความร้อน ความชื้น แสง ลม ฝน กาซและสารเคมีที่มีปะปนในบรรยากาศ ฝุ่นละออง เขม่า ควัน ขี้เถ้า กรด ด่าง สัตว์ และจุลินทรีย์ เป็นต้น

ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกือบตลอดปี และมีแสงแดดแผดจ้าเกือบตลอดวัน ปัจจัยเหล่านี้มีผลอย่างมากต่อการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณ

ความชื้นเป็นสาเหตุสำคัญในการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณทุกประเภท ความชื้นก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพได้หลายรูปแบบ ทั้งทางเคมี ฟิสิคส์ และชีววิทยา ความชื้นอาจเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับเอกสารโบราณ หรือช่วยให้ปฏิกิริยาระหว่างเอกสารโบราณกับสิ่งแวดล้อมอื่นๆเกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ความชื้นหรือน้ำยังสามารถละลายสารต่างๆได้มากมาย เนื่องจากเป็นตัวทำละลาย(solvent) ที่ดี ความชื้นหรือน้ำอาจอยู่ในรูปของไอน้ำในบรรยากาศ น้ำในดินและแหล่งน้ำทั่วไป น้ำฝน น้ำค้าง หมอก และ น้ำจากร่างกายของมนุษย์ สัตว์และพืช

นอกจากนี้ ความชื้นยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของสัตว์และจุลินทรีย์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณทั้งโดยทางตรงและโดยทางอ้อม เช่น หนู แมลง รา บักเตรี เป็นต้น สิ่งที่มีชีวิตเหล่านี้เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง กล่าวคือ อุณหภูมิระหว่าง 22 – 32 °C และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 65 %

เอกสารโบราณที่ได้รับการเก็บรักษาในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป จะมีสภาพกรอบเปราะ ขาดง่าย ส่วนเอกสารโบราณที่ได้รับการเก็บรักษาในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงหรือค่อนข้างสูง จะมีสภาพอ่อนนุ่ม เปื่อยยุ่ย ฉีกขาดง่าย มักจะมีคราบเชื้อและรอยหมึกเลอะเลือน

และบ่อยครั้งมักพบว่าหน้ากระดาษมักจะติดกัน มักพบร่องรอยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อยู่ด้วยเสมอ

ฝุ่นละอองและอนุภาคที่แขวนลอยในบรรยากาศมักจะดูดน้ำได้ดี เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นจะดึงดูดน้ำ ทำให้เกิดคราบเปื้อน ฝุ่นละอองบางชนิดเมื่อรวมตัวกับน้ำจะให้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรด ด่าง หรือ เกลือ นอกจากนี้ฝุ่นละอองที่เปียกชื้นยังช่วยดึงดูดและสะสมก๊าซหลายชนิดจากบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเมื่อรวมตัวกับน้ำจะให้กรดคาร์บอนิค(H_2CO_3) และกรดกำมะถัน(H_2SO_4) ตามลำดับ และหากในเอกสารโบราณมีเกลือของเหล็กปะปนอยู่ด้วย เกลือของเหล็กจะช่วยเร่งให้ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้เร็วยิ่งขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้กระดาษขาดความแข็งแรง เส้นใยชนิดต่างๆ อ่อนแอ ขาดง่าย หนังสัตว์ ใบลาน และวัสดุอื่นๆกรอบเปราะ

ในกรณีที่เอกสารโบราณทำด้วยโลหะหรือมีบางส่วนทำด้วยโลหะ ความชื้นจะช่วยเร่งให้โลหะเป็นสนิมได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โลหะจำพวก เหล็ก ทองแดง เมื่อเป็นสนิมจะทำให้เกิดคราบเปื้อนสีเข้ม เช่น สีน้ำตาล เขียว น้ำเงิน เป็นต้น

อุณหภูมิและความชื้นมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน เช่น เมื่ออุณหภูมิลดลงอย่างกระทันหัน ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น และหากความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นอีก ไอน้ำในบรรยากาศจะควบแน่นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุ ในทางตรงกันข้ามหากอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง

ความร้อนทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุหลายชนิดเปลี่ยนแปลง เช่นการที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันตลอดเวลา ทำให้วัสดุเกิดการขยายตัวและหดตัวสลับกันในที่สุดทำให้วัสดุเกิดการแตกร้าว ความร้อนยังเป็นตัวการสำคัญในการทำให้น้ำ สารละลาย ตัวทำละลาย และองค์ประกอบบางอย่างของวัสดุระเหยออกไปจากเนื้อวัสดุ ทำให้วัสดุแห้งกรอบเปราะ ขาดความยืดหยุ่นและขาดความแข็งแรง นอกจากนี้ความร้อนยังมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยช่วยเร่งให้ปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 ° ฟ.

จะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาทางเคมีเพิ่มขึ้นถึงสองเท่า เพราะฉะนั้นเอกสารโบราณที่เก็บรักษาในที่ที่มีอุณหภูมิสูงดังเช่นประเทศในแถบศูนย์สูตรจึงเสื่อมสภาพด้วยอัตราที่สูงมาก

นอกจากนี้ความร้อนยังเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ช่วยให้สัตว์ แมลง และจุลินทรีย์เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว และเอกสารโบราณส่วนใหญ่เป็นแหล่งอาหารที่ดีของสิ่งที่มีชีวิตเหล่านี้ จึงพบว่าปัญหาใหญ่ที่สุดในการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณในประเทศไทยก็คือปัญหาที่เกิดจากสัตว์และจุลินทรีย์

ในบรรยากาศมีกาซและอนุภาคที่แขวนลอยปะปนอยู่มาก กาซและอนุภาคที่แขวนลอยเหล่านี้ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม

ตารางที่ 3 กาซและอนุภาคที่แขวนลอยในบรรยากาศ

กาซ	อนุภาคที่แขวนลอย
คาร์บอนมอนนอกไซด์	ฝุ่นละออง
คาร์บอนไดออกไซด์	เขม่า
ออกซิเจน	ควัน
โอโซน	ขี้เถ้า
ไนโตรเจนไดออกไซด์	เกสือชนิดต่างๆ เช่น ซัลเฟต คลอไรด์ฯลฯ
ไนตรัสออกไซด์	ออกไซด์ต่างๆ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	สารประกอบอื่นๆที่เป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	สปอร์ของจุลินทรีย์
แอมโมเนีย	จุลินทรีย์
ไฮโดรคาร์บอน	ละอองเกสร
เปอร์ออกไซด์	ฯลฯ
กาซคลอรีน ฟลูออรีน ฯลฯ	

กาซคาร์บอนไดออกไซด์มีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะเกิดกรดคาร์บอนิค(H_2CO_3) ซึ่งเป็นกรดอ่อน นอกจากกาซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ในบรรยากาศยังมีกาซอื่นซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วเกิดเป็นกรด ตัวอย่างเช่น กาซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งในธรรมชาติมีอยู่เพียงเล็กน้อย ประมาณ 0.0002 ppm [1] แต่ในบรรยากาศที่มีการคมนาคมโดยใช้เครื่องยนต์ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ขยะ และอื่นๆ ปริมาณกาซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศจะเพิ่มขึ้น กาซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะรวมตัวกับน้ำได้กรดกำมะถัน (H_2SO_4) ซึ่งเป็นกรดแก่ สามารถทำปฏิกิริยากับวัสดุทุกชนิดแล้วก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพได้หลายรูปแบบ เช่น ทำให้กระดาษเปื่อยกรอบ ผ้าขาดความแข็งแรง ขาดง่าย หนังยุกรอบ **สีย้อม**เปลี่ยนสี โลหะเป็นสนิม หินยุกร่อน พลาสติกเสื่อมสภาพ เป็นต้น และหากในบรรยากาศหรือในเอกสารโบราณมีเหล็กหรือเกลือของเหล็กปะปนอยู่ด้วยแม้เพียงจำนวนน้อยจะช่วยเร่งให้**การซัล**เฟอร์ไดออกไซด์เปลี่ยนไปเป็นกรดกำมะถันได้เร็วยิ่งขึ้น

กาซอีกชนิดหนึ่งที่รวมตัวกับน้ำหรือละอองไอน้ำแล้วได้กรด คือ กาซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศตามธรรมชาติประมาณ 0.001 ppm ปริมาณของกาซไนโตรเจนไดออกไซด์จะสูงขึ้นหากมีการคมนาคมโดยใช้เครื่องยนต์ และมีโรงงานอุตสาหกรรม กาซไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถละลายในน้ำได้กรดไนตริค (HNO_3) หรือกรดดินประสิว ซึ่งเป็นกรดแก่เช่นเดียวกับกรดกำมะถัน

$$2NO_2 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{(กรดไนตริค)}}{HNO_3} + \underset{\text{(กรดไนตรัส)}}{HNO_2}$$

$$HNO_2 \xrightarrow{\text{อากาศ}} \underset{\text{(กรดไนตริค)}}{HNO_3}$$

---

1. ppm = part per million

0.0002 ppm = 0.0002 ส่วนในล้านส่วน

ในธรรมชาติ กรดไนตริคเกิดในอากาศในขณะที่มีประกายไฟฟ้าเกิดขึ้น และเมื่อฝนตกก็จะชะล้างกรดลงมาสู่พื้นดิน ได้มีการคำนวณกันว่ากรดนี้เกิดในอากาศทั่วโลกได้ถึง 250,000 ตัน ใน 24 ชั่วโมง

กาซอีกชนิดหนึ่งที่พบเสมอในบรรยากาศและมีผลต่อการเสื่อมสภาพของอินทรียวัตถุแทบทุกประเภทคือ โอโซน (O_3) ในบรรยากาศเบื้องสูงชั้น stratosphere มีกาซโอโซนเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากจากปฏิกิริยาระหว่างกาซออกซิเจนกับรังสีอุลตราไวโอเล็ท แต่ในบรรยากาศธรรมดามีโอโซนอยู่เป็นจำนวนเล็กน้อย ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีฟ้าแลบหรือฟ้าผ่า และจะลดปริมาณลงอย่างรวดเร็วโดยทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในอากาศเกิดเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) นอกจากนี้ปฏิกิริยาระหว่างไนโตรเจนไดออกไซด์และแสงอาทิตย์ยังทำให้เกิดโอโซนมากขึ้น โอโซนเป็นตัวเติมออกซิเจน(oxidizer) อย่างแรง ทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารประกอบอินทรีย์ สามารถทำให้พันธะ(bond)ระหว่างคาร์บอนอะตอมแตกหักออก จากการทดลองพบว่าปริมาณของโอโซนเท่าที่มีปรากฏอยู่ในบรรยากาศสามารถทำให้วัสดุหลายชนิดเกิดการเสื่อมสภาพ เช่น กระดาษ ผ้า จะขาดความแข็งแรง ขาดง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บรักษาในที่ที่มีความชื้นสูง ผ้าและกระดาษที่ย้อมสีจะมีสีซีดจางลง หนัง เจลาติน(gelatin)กาวและแป้งเปียก จะเสื่อมสภาพได้รวดเร็วมากหากมีโอโซนและความชื้นอยู่ด้วยกัน น้ำมันชักเงา ยางธรรมชาติและพลาสติคก็เช่นเดียวกัน

กาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นกาซอีกชนิดหนึ่งที่พบเสมอในบรรยากาศทั่วๆไป กาซชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "กาซไข่เน่า" เนื่องจากมีกลิ่นคล้ายไข่เน่า เป็นกาซที่ไม่มีสี หนักกว่าอากาศเล็กน้อย พบมากในกาซที่พลุ่งออกมาจากปล่องภูเขาไฟ ในน้ำพุธรรมชาติ ในแหล่งที่มีการเน่าเปื่อยผุพังของสารอินทรีย์ เช่น ในท่อน้ำโสโครก กองขยะ แม่น้ำลำคลองที่มีปัญหาเรื่องมลภาวะทางน้ำ นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องจักร เครื่องยนต์ และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การกลุงแร่ ฯลฯ กาซชนิดนี้ทำให้โลหะหลายชนิดที่เป็นองค์

ประกอบหรือส่วนประดับของเอกสารโบราณหมองมัว มีลักษณะเป็นฝ้าสีคล้ำๆอยู่บนผิวของโลหะ โลหะที่ทำปฏิกิริยากับกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ดี คือ เงิน ทองแดง สารีด ทองเหลือง

แอมโมเนีย (NH_3) มีปรากฏอยู่บ้างเป็นจำนวนเล็กน้อยในอากาศและในน้ำ ในธรรมชาติเกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังของสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ แต่ในที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนแออัด ปริมาณของแอมโมเนียจะสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีปรากฏอยู่ในภาวะเป็นเกลือ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) และแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$) ฯลฯ เมื่อกาซแอมโมเนียละลายน้ำ จะได้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างอ่อนๆ แอมโมเนียจึงสามารถทำให้วัสดุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบเสื่อมสภาพได้ โดยทำให้เกิดปฏิกิริยา alkaline hydrolysis ส่วนแอมโมเนียที่อยู่ในรูปของเกลือมักทำให้น้ำมันชักเงาที่ทำจากยางไม้ธรรมชาติโป่งพอง และหลุดร่อนออกในที่สุด

ฝุ่นละอองและอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ นอกจากจะทำให้การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความชื้นทวีความรุนแรงขึ้นแล้ว ยังทำให้เกิดคราบเปื้อนบนเอกสารโบราณ ซึ่งส่วนใหญ่มีสีขาวหรือสีอ่อนๆ หากเอกสารโบราณนั้นๆชื้น คราบเปื้อนเหล่านี้จะขจัดออกได้ยากมาก เช่นเดียวกันกับคราบเปื้อนที่ทำเกิดจากเชื้อราหรือวัสดุที่มียางเหนียวอื่นๆ อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศบางชนิดเป็นอาหารที่ดีของจุลินทรีย์และแมลง ทำให้จุลินทรีย์และแมลงเจริญเติบโตอยู่บนเอกสารโบราณและทำให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพในลักษณะต่างๆ เกลือบางชนิดที่มีปะปนอยู่ในบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่อยู่ใกล้ทะเล สามารถดูดซับความชื้นเอาไว้ในตัว ทำให้เอกสารโบราณชื้นขึ้น อนุภาคบางชนิดเป็นสารเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยา เมื่อตกลงมาเกาะติดอยู่บนเอกสารโบราณจะทำให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆมากมาย นอกจากนี้ฝุ่นละอองบางประเภทมีขนาดและความแข็งสูงพอที่จะทำให้เอกสารโบราณสึกกร่อนเมื่อเกิดการขัดสี

แสงทั้งแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ เป็นสาเหตุสำคัญอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ เอกสารโบราณที่ทำด้วยอินทรียวัตถุ ชำรุด เสื่อมสภาพอย่างเห็นได้ชัด เช่น ทำให้กระดาษ ผ้า ใบลาน เปลี่ยนสี ขาดความแข็งแรง กรอบ เปราะ ฟอกจางสีของหมึกและสี ที่ใช้ในการเขียนและพิมพ์ ฟอกจางสีของปกหนังสือซึ่งมักทำด้วย ผ้า กระดาษ หนังสัตว์ เป็นต้น

แสงแดดประกอบไปด้วยรังสีหลายชนิด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1500 – 1,200,000 อังสตรอม รังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นๆมีบทบาทสำคัญต่อการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณที่ทำจากอินทรียวัตถุทุกชนิด เช่น กระดาษ ใบลาน ผ้า ด้ายและเชือกที่ใช้เย็บเล่ม ผ้าและหนังสัตว์ที่ใช้ทำปกและสัน พลาสติก ยาง กาว หมึก เป็นต้น รังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นมีพลังงานสูงพอที่จะทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของอินทรียวัตถุ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้อีกมากมาย เช่น รังสีอุลตราไวโอเล็ท ทำให้อินทรียวัตถุกรอบเปราะ เปื่อยและฉีกขาดง่าย ที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ ทำให้สีของวัตถุเปลี่ยนไป เช่น ทำให้สีซีดลง หรือเข้มขึ้น หรือทำให้สีเปลี่ยนไปอย่างสิ้นเชิง

แสงไฟฟ้าก็มีผลต่อการเสื่อมสภาพของอินทรียวัตถุเช่นเดียวกัน แต่ไม่รุนแรงเท่าแสงแดด เนื่องจากมีปริมาณรังสีอุลตราไวโอเล็ทต่ำกว่า หลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆมีปริมาณรังสีอุลตราไวโอเล็ทแตกต่างกัน เช่น หลอดฟลูออเรสเซนซ์หรือหลอดเรืองแสง หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "หลอดนีออน" ให้รังสีอุลตราไวโอเล็ทสูงกว่าหลอดทังสเตน ปริมาณของรังสีอุลตราไวโอเล็ท และสีของแสงที่เรืองออกมาจากหลอดขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ฉาบไว้ในหลอด

ตารางที่ 4 แสดงค่าของรังสีอุลตราไวโอเล็ทที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

แหล่งกำเนิดแสง	ปริมาณรังสีอุลตราไวโอเล็ท (หน่วย ไมโครวัทท์ / ลูเมน)
ท้องฟ้าโปร่ง	1,600
ท้องฟ้ามีเมฆมาก	800
แสงแดดกลางแจ้ง	400
หลอดฟลูออเรสเซนซ์ธรรมดา	40 – 250
หลอดฟลูออเรสเซนซ์ ฟิลิปส์ 37	40
หลอดทังสเตนธรรมดา	60 – 80
หลอดทังสเตนซึ่งบรรจุก๊าซไอโอดีน (หลอดแก้ว)	130

เพราะฉะนั้นเอกสารโบราณที่นำออกมาใช้งานหรือให้บริการบ่อยๆจะชำรุดเสื่อมสภาพเร็วกว่าเอกสารโบราณที่เก็บรักษาไว้ในตู้ทึบ ไม่ค่อยได้รับแสงและไม่ค่อยนำออกมาใช้งาน เช่นเดียวกันกับเอกสารโบราณที่เก็บรักษาไว้บนชั้นหนังสือโปร่งๆใกล้แหล่งกำเนิดแสงจะกรอบเปราะและเปลี่ยนสีได้เร็วมาก ปฏิกิริยาของแสงมีได้หยุดลงเมื่อเก็บรักษาวัตถุไม่ให้ได้รับแสง หรือเมื่อเอาแหล่งกำเนิดแสงออกไปจากวัตถุ แต่พลังงานจากแสงจะถูกดูดซับไว้ในโมเลกุลของอินทรียวัตถุและทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปได้อีกระยะหนึ่ง นอกจากนี้อินทรียวัตถุที่ได้รับแสงมาเป็นเวลานานๆ จะมีแนวโน้มที่จะเสื่อมสภาพโดยกระบวนการอื่นๆมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กระบวนการที่มีด่างร่วมอยู่ด้วย

ความรุนแรงของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับ ความเข้มของแสง ระยะเวลาที่ได้รับแสง คุณสมบัติและพลังงานของแสง คุณสมบัติของวัสดุในการดูดซับพลังงานและการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับแสง

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจเป็นปฏิกิริยาที่เรียกว่า Photolysis (เกิดจากรังสีที่มีพลังงานสูง เช่น รังสีอุลตราไวโอเล็ท ซึ่งสามารถทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลแตกหักออก) หรือ เป็นปฏิกิริยา Photosensitization (เกิดจากแสงธรรมดาที่ไปกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานในวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของเอกสารโบราณ ไม่ว่าในระหว่างขั้นตอนการผลิตหรือในระหว่างการใช้งาน ปฏิกิริยาเหล่านี้จะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นหากมีออกซิเจน โอโซน ความร้อน และความชื้นร่วมอยู่ด้วย

โดยปกติเอกสารโบราณที่ประกอบด้วยเซลลูโลสล้วนๆ เช่น ทำจากฝ้าย จะไม่เสื่อมสภาพมากนักเมื่อได้รับแสง เพราะเซลลูโลสจะไม่ดูดกลืนพลังงานของแสงในช่วงของรังสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible radiation) แต่จะเสื่อมสภาพได้หากได้รับแสงที่มีความยาวคลื่นสูงกว่า 460 มิลลิไมครอน แต่เอกสารโบราณทั้งหลายมักไม่ใช่เซลลูโลสบริสุทธิ์ แต่มีสารเคมีอื่นๆ ทั้งที่เป็นองค์ประกอบและที่เติมลงไปในระหว่างการผลิต รวมทั้งสิ่งสกปรกปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งาน สารเคมีเหล่านี้ทำให้เอกสารโบราณเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น

ปฏิกิริยาที่เกิดจากแสงส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สลับซับซ้อน สำหรับเอกสารโบราณที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ผลสุดท้ายจากปฏิกิริยาจะทำให้โมเลกุลของเซลลูโลสแตกหักออก กลายเป็นเซลลูโลสที่มีโมเลกุลสั้นๆ ซึ่งยังผลให้เอกสารนั้นๆขาดความแข็งแรง ฉีกขาดง่าย ตัวอย่างเช่น กระดาษที่ได้รับแสงเป็นเวลานานๆจะมีสีเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล และมีลักษณะกรอบเปราะ จะพบได้เสมอว่าส่วนขอบของหนังสือส่วนที่ได้รับแสงอยู่เสมอๆจะมีสีเข้มกว่าส่วนที่อยู่ด้านในซึ่งไม่ค่อยได้รับแสง ความกว้างของขอบหนังสือที่เปลี่ยนสีไปขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการได้รับแสงและชนิดของกระดาษที่ใช้พิมพ์ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1–3 ซม. และจะสังเกตได้ว่าส่วนที่อยู่นอกสุดจะมีสีเข้มที่สุด ส่วนที่อยู่ถัดเข้ามาจะค่อยๆมีสีจางลง เมื่อสัมผัสดูจะพบว่ากระดาษส่วนที่เปลี่ยนสีมักจะเปื่อยกรอบ บางครั้งขาดกะรุ่งกะริ่งแหว่งวิ่นหายไป กระดาษหนังสือพิมพ์เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ได้รวดเร็วมาก เพราะมีปริมาณลิกนินอยู่สูง ลิกนินเมื่อได้รับแสงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ส่วนกระดาษที่ทำจากเส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย ป่าน ปอ ลินิน ฯลฯ จะเสื่อมสภาพได้ช้ากว่า

บางครั้งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทำให้วัสดุมีสีซีดจางลง และเปื่อยกรอบ ขาดความแข็งแรง เช่นผ้าและหนังสัตว์ที่ย้อมสี หมึกพิมพ์และหมึกที่ใช้เขียน เช่นหมึกที่ทำจากสีย้อมจำพวก aniline และหมึกที่เรียกว่า Iron gall ink โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Iron gall ink เมื่อได้รับแสงจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลแดง คล้ายสีสนิมเหล็ก หรือซีดจางหายไป เพราะแสงทำให้กรดแทนนิค (Tanninc acid) สลายตัวไป

ผ้าไวต่อแสงมากเช่นเดียวกับกระดาษ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็คล้ายคลึงกัน จากการทดลองพบว่าเมื่อเอาผ้าชนิดต่างๆมาตากแดด แล้ววัดความแข็งแรง(Tensile strength) เป็นระยะๆ จะพบว่าความแข็งแรงลดลง 50 % เมื่อเวลาผ่านไปดังในตารางที่ 5

อัตราการเสื่อมสภาพของเส้นใยเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับ ความยาวคลื่นของรังสี อุณหภูมิ โครงสร้างของเส้นใย ความหนาของผ้า ฝุ่นละอองและสารเคมีที่ปะปนอยู่ในอากาศและในเนื้อผ้า

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความคงทนต่อแสงแดดของผ้าชนิดต่างๆ

ชนิดของผ้า	ระยะเวลาที่ตากแดด (ชั่วโมง)
ไหม	200
ปอกระเจา	400
ฝ้าย	940
ลินิน	999
ขนแกะ	1,020
ป่าน(Hemp)	1,100
เรยอน(Rayon)	900

สาเหตุที่สำคัญยิ่งอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เอกสารโบราณและเอกสารสมัยใหม่ชำรุดเสื่อมสภาพด้วยอัตราสูงมาก ก็คือ หนู แมลง และ จุลินทรีย์ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ลักษณะภูมิอากาศเช่นนี้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์และจุลินทรีย์ดังกล่าว

หนูเป็นสัตว์ที่มีฟันแทะ จึงทำให้เอกสารโบราณจำพวกอินทรียวัตถุชำรุดเสื่อมสภาพอย่างถาวร การทำลายส่วนใหญ่เกิดจากการค้นหาอาหารและวัสดุไปทำรัง ทำให้เกิดรูโหว่หรือรอยขาดบนวัตถุ ทำให้วัตถุได้รับความชื้นมากขึ้นและมีโอกาสที่จะถูกทำลายโดยแมลงและจุลินทรีย์มากขึ้น นอกจากนี้ของเสียที่ขับถ่ายออกมายังทำให้เกิดคราบเปื้อนได้ด้วย

เอกสารโบราณที่ทำจากอินทรียวัตถุเป็นอาหารที่ดีของแมลงนานาชนิด ที่พบมากในหอสมุดแห่งชาติ ห้องสมุดทั่วๆไป และคลังเก็บวัตถุจำพวกอินทรียวัตถุได้แก่ แมลงสาบ ปลวก แมลงสามง่าม ผีเสื้อ เหาหนังสือ ไร และด้วงชนิดต่างๆ เช่นด้วงขนสัตว์ ด้วงแอนโนบิอิด ฯลฯ

แมลงสาบ เป็นแมลงซึ่งอยู่ในชั้นอินเสคต้า(Insecta) ; อันดับออร์ทอพเตร่า (Order Orthoptera) วงศ์แบลตติดี้ (Family Blattidae) เป็น...

แมลงที่มีอายุยืนกว่าแมลงชนิดอื่นๆ ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว และสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี วงจรชีวิตของมันมีการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ ระยะไข่ (Egg) ตัวอ่อน (Nymph) และตัวแก่ (Adult) ตัวเมียวางไข่เป็นฝักไข่ ในฝักไข่มีไข่เรียงเป็นสองแถว ลักษณะของฝักไข่ของแมลงสาบแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ตัวอ่อนจะฟักตัวออกจากไข่ทางแนวตะเข็บด้านบนของฝักไข่ ตัวอ่อนที่ออกมา ระยะแรกจะมีสีขาวครีม ลักษณะทั่วไปเหมือนตัวแก่แต่ไม่มีปีก มีการเจริญเติบโตทีละขั้นโดยการลอกคราบ เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตใกล้จะสู่ระยะตัวแก่จะมีตุ่มปีกเกิดขึ้น พอลอกคราบครั้งสุดท้ายจะเป็นตัวแก่

แมลงสาบไม่ชอบแสงสว่าง มักจะซ่อนตัวอยู่ในที่มืด จึงมักไม่ค่อยพบตัวในเวลากลางวัน และจากการที่แมลงสาบมีรูปร่างแบน จึงช่วยให้แมลงสาบสามารถคลานลอดช่องว่างและรอยแตกซุกซ่อนตัวอยู่ตามซอกมุมที่เร้นลับต่างๆ ได้ดี

แมลงสาบมีปากแบบกัดกิน ลักษณะปากเช่นนี้มีคราบและฟันแข็งเหมาะสำหรับ ดึง กัด เคี้ยว ต่อสู้ หรือใช้แยกสิ่งของ ร่องรอยของการกัดกินเอกสารโบราณจะเป็นรอยเว้าแหว่ง ขอบไม่เรียบ มีขนาดใหญ่กว่าร่องรอยการกัดกินของแมลงชนิดอื่นๆ พบว่ากระดาษและผ้ามักจะถูกกัดกินเป็นชุย ๆ ปกและสันหนังสือส่วนที่ทากาวแป้งเปียกถูกกัดกินจนเว้าแหว่งหรือหายไปเป็นแถบ ๆ สมุดไทยดำบางเล่มมีร่องรอยการกัดกินของแมลงสาบทั่วไป เนื่องจากขั้นตอนในการทำสมุดไทยจำเป็นต้องใช้กาวแป้งเปียก ซึ่งเป็นอาหารที่แมลงสาบชอบมากเป็นพิเศษนอกเหนือไปจากกระดาษและผ้า

แมลงสาบที่พบมากในหอสมุดแห่งชาติและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ มีอยู่ 4 ชนิด คือ

1. <u>แมลงสาบอเมริกัน</u> (American cockroach) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Periplaneta americana L. เป็นแมลงสาบขนาดใหญ่ พบได้ทั่วไปในประเทศไทย มีสีน้ำตาลแดง ลำตัวประมาณ 35 มม. หรือมากกว่า ส่วนอกมีจุดสีดำสองจุด ล้อมรอบด้วยวงสีเหลือง ปีกยาวคลุมส่วนท้อง บินได้รวดเร็ว ฝักไข่มีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ยาวประมาณ 10 มม. จำนวนไข่ในฝักไข่ประมาณ 14 – 28 ฟอง ตัวเมีย 1 ตัว วางไข่ได้เกือบ 1000 ฟอง และมีวงจรชีวิต 1 – 3 ปี

2. แมลงสาบแถบน้ำตาล (Brown -banded cockroach หรือ Furniture cockroach) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Supella longipalpa F. เป็นแมลงสาบขนาดเล็ก ตัวแก่ยาวประมาณ 10 – 12 มม. มีแถบสีน้ำตาลอ่อนคาดขวางที่ฐานของปีก และมีแถบที่ขาดพาดขวางตรงกึ่งกลางของปีก ตัวผู้มีปีกที่ทำหน้าที่บินได้ ตัวเมียมีปีกกุดสั้นบินไม่ได้ ฝักไข่มีขนาดเล็ก สีน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลแดง ด้านกว้างและด้านยาวมีขนาดเกือบเท่ากัน

3. แมลงสาบบรูเนีย (Large brown cockroach) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Periplaneta brunnea Burmeister มีขนาดและลักษณะใกล้เคียงแมลงสาบอเมริกัน ลำตัวยาวประมาณ 33 มม. มีสีน้ำตาลแดง หนวดเรียวยาว ส่วนอกมีจุดสีดำสองจุดขนาดใหญ่ ล้อมรอบด้วยวงสีเหลือง แต่คอนข้างจางไม่ชัดเจน ปีกยาวคลุมส่วนท้อง ฝักไข่มีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ยาวประมาณ 24 มม.

4. แมลงสาบฮาร์เลควิน (Harlequin cockroach) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Neostylopyga rhombifolia(Stoll) เป็นแมลงสาบขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ลำตัวยาวประมาณ 25 – 30 มม. มีสีน้ำตาลเข้ม หรือสีดำสลับกับสีเหลืองเป็นลวดลายสวยงามตลอดลำตัว ส่วนหัวมีสีดำสลับเหลือง เป็นลักษณะที่แตกต่างจากแมลงสาบชนิดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ฝักไข่มีสีน้ำตาลเข้มหรือดำ ยาว 7 –15 มม.

ปลวกเป็นแมลงที่ก่อความเสียหายแก่อินทรียวัตถุทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า ใบลาน ฯลฯ ในทางเดินอาหารของปลวกมีโปรโตซัวชนิดแฟลกเจลเลตซึ่งช่วยย่อยเซลลูโลสที่ปลวกกินเข้าไป ปลวกที่พบในหอสมุดแห่งชาติและพิพิธภัณฑ์ เป็นปลวกประเภททำรังอยู่ในดิน แล้วสร้างทางเดินเป็นโพรงเข้าไปกัดกินทำลายอินทรียวัตถุ ปลวกเหล่านี้เรียกว่า "ปลวกใต้ดิน" (Subterranean termite) จากการศึกษาชนิดของปลวกที่พบในหอสมุดแห่งชาติและพิพิธภัณฑ์ พบว่าเป็นชนิดซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า

Coptotermes spp. ปลวกจัดเป็นแมลงชนิดหนึ่งอยู่ในวงศ์ Rhinotermitidae อันดับ Isoptera ปลวกเป็นแมลงขนาดเล็กถึงปานกลาง ยกเว้นพญาปลวกที่จัดเป็นแมลงขนาดใหญ่ มีรูปร่างอ่อนนิ่มและมีสีขาว จึงมักเรียกกันทั่วไปว่า White ant ใช้ปากกัดกินอาหาร มีหนวดแบบลูกปัด มีขาค่อนข้างสั้น ปลวกเป็นสัตว์สังคม แบ่งออกเป็นวรรณะต่างๆ ได้แก่ ปลวกงาน(Workers) ปลวกทหาร(Soldiers) และนางพญา (Swarmers) แต่ละวรรณะมีรูปร่างแตกต่างกัน ปลวกงานและปลวกทหารไม่มีปีก ปลวกนางพญามีปีกสองคู่ซึ่งขนาดและลักษณะเหมือนกัน ปีกยาวกว่าลำตัว เป็นปีกบางทั้งสองคู่

ปลวกงานเป็นปลวกที่ทำลายวัตถุต่างๆมากที่สุด มีกรามและเขี้ยวแข็งแรง ส่วนหัวมีสีเข้ม ลำตัวสีขาวครีม ทำหน้าที่เกือบทุกอย่างในรัง ตั้งแต่สร้างรังซ่อมแซมรัง หาอาหารมาเลี้ยงตัวเองและปลวกวรรณะอื่นๆ ดูแลรักษาไข่ของนางพญา

ปลวกทำลายอินทรียวัตถุได้รวดเร็วมาก ... มักจะทำลายส่วนที่อยู่ในที่มืด ส่วนที่ไม่ค่อยได้ใช้งาน หรือส่วนที่มองไม่เห็น เช่น หลังตู้ ในลิ้นชัก ในตู้ ใต้ตู้และชั้นวางของ ส่วนในของหนังสือ เป็นต้น บางครั้งพบว่าปลวกกินหนังสือที่วางเรียงอยู่บนชั้นไปเกือบหมด คงเหลือเฉพาะปกและสันหนังสือเท่านั้น นับว่าปลวกเป็นสิ่งมีชีวิตที่ทำลายเอกสารโบราณได้รวดเร็วที่สุด

แมลงสามง่าม(Silverfish) มีชื่อแมลงในวงศ์ว่า Lepismatidae อันดับ Thysanura ที่พบบ่อยในห้องสมุดและคลังเก็บอินทรียวัตถุมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Lepisma saccharina เป็นแมลงขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ไม่มีปีก ตัวมีสามส่วน หัวมีหนวดที่เคลื่อนที่ได้ มีปากชนิดกัดกิน ลำตัวบอบบางปกคลุมด้วยเกล็ดมันเป็นเงา เจริญเติบโตจากตัวอ่อนไปเป็นตัวเต็มวัยโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในแมลงที่มีวิวัฒนาการต่ำ เมื่อฟักตัวออกจากไข่จะมีรูปร่างลักษณะเหมือนตัวเต็มวัย แต่ตัวเล็กกว่าและไม่มีระบบสืบพันธุ์ที่สมบูรณ์ หลังจากนั้นจะเจริญเติบโตโดยการลอกคราบหลายครั้งโดยรูปร่างไม่เปลี่ยนไปจากเดิม ตัวอ่อนกินอาหารเหมือนตัวเต็มวัย ชอบกัดกินกระดาษ ผ้า ไม้ และพวกคาร์โบไฮเดรทอื่นๆ ทำให้เกิดร่องรอยการถูกกัดเป็นขุยๆบนผิวของวัตถุ ในเวลากลางวันมักซ่อนตัวอยู่ตามร่องรอยต่อระหว่างตู้หรือในกองวัสดุ หรือในซอกใต้วัสดุต่างๆ ... รวมทั้งกรอบประตู หน้าต่าง ตอนกลางคืนจะออกหากิน ชอบอยู่ในที่ค่อนข้างชื้น ตัวเมียจะวางไข่เดี่ยวๆหรือเป็นกลุ่มๆตามรอย

แตกหรือที่ปลอดกัน วางไข่ได้ครั้งละ 100 ฟอง หลังจากนั้นอีกประมาณ 1–2 สัปดาห์ ไข่จะฟักเป็นตัว ตัวอ่อนจะมีชีวิตอยู่ประมาณ 3–4 เดือนจึงจะเป็นตัวเต็มวัย

แมลงอีกชนิดหนึ่งที่พบเสมอในเอกสารโบราณและคลังเก็บอินทรียวัตถุอื่นๆ คือ เหาหนังสือ(Booklice) ซึ่งเป็นแมลงในวงศ์ Liposcelidae อันดับ Psocoptera มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Liposcelis divinatorius เหาหนังสือเป็นแมลงขนาดเล็ก ลำตัวอ่อน บอบบางและแบน มีปากชนิดกัดกิน มีหนวดรูปเส้นด้าย ขายาวเรียวเล็ก อาจมีปีกหรือไม่มีปีกก็ได้ ถ้ามีปีก ปีกคู่หลังจะเล็กกว่าคู่หน้า ตัวเมียออกไข่เดี่ยวๆหรือเป็นกลุ่ม บางที่มีใยหรือเศษไม้หุ้ม ชอบอาศัยอยู่ในกองหนังสือเก่าๆ ขนสัตว์ ขนนก ฯลฯ ชอบอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างสูง บริเวณที่ถูกเหาหนังสือกัดกินจะมีลักษณะเป็นจุดๆ

ด้วงแอนโนบิอิด(Anobiid beetle) เป็นแมลงอีกชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปทั้งบนเอกสารโบราณและหนังสือสมัยใหม่ มักเรียกกันทั่วไปว่า Bookworms แมลงพวกนี้จัดอยู่ในวงศ์ Anobidae อันดับ Coleoptera เท่าที่สำรวจพบในโลกนี้มีอยู่ประมาณ 160 แต่ที่พบมากในหอสมุดแห่งชาติ และห้องสมุดต่างๆ มักเป็นพวก Castrilus sp. ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลเข้ม รูปร่างยาวรีหรือรูปไข่ ขนาดเล็ก ขาและหนวดมีสีแดงปนน้ำตาล ตัวอ่อนมีลักษณะเป็นตัวหนอนสีขาว ตัวเมียจะวางไข่ในวัสดุจำพวกอินทรียวัตถุ เช่น ไม้ กระดาษ ใบลาน ฯลฯ หลังจากไข่ฟักออกมาเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนจะเจาะวัสดุออกมาเป็นทาง โดยเริ่มจากร่องแคบๆที่ไข่ฝังอยู่ ทำให้เกิดรูพรุนภายในเนื้อวัสดุ ในขณะเดียวกันตัวอ่อนจะหลั่งสารเหนียวๆคล้ายยางไม้ออกมาด้วย หากเป็นหนังสือจะทำให้หน้ากระดาษติดกัน ตัวอ่อนจะกินเซลลูโลสในวัสดุเป็นอาหาร และขับถ่ายของเสียเป็นผงฝุ่นสีเหลือง ซึ่งมักเรียกกันทั่วไปว่า "ขี้มอด" การเจริญของตัวอ่อนจะเร็วขึ้นถ้าความชื้นในเนื้อวัสดุสูง ซึ่งทำให้วัสดุถูกทำลายมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตเต็มที่เป็นตัวแก่ มันจะเจาะเนื้อวัสดุออกมาและบินออกไป ดังนั้นที่ผิวนอกของวัสดุจึงมีรูเล็กๆบนผิววัสดุ รูเช่นนี้เรียกว่า Flight hole ตัวแก่จะมีอายุประมาณ 20 – 30 วัน เมื่อผสมพันธุ์แล้วจะมาวางไข่ในวัสดุที่ต้องการให้เป็นอาหารของตัวอ่อนอีก จะเห็นได้ว่าการทำลายของด้วงแอนโนบิอิด เกิดจากตัวอ่อนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างไปจาก

แมลงชนิดอื่นๆ การป้องกันและกำจัดกระทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากการทำลายเกิดขึ้นภายใน หากไม่ตรวจตราให้ละเอียดอยู่เสมอๆ อาจตรวจไม่พบ นอกจากนี้ยาฆ่าแมลงและวิธีกำจัดแมลงธรรมดาทั่วๆ ไม่สามารถกำจัดแมลงชนิดนี้ให้หมดไปได้

ด้วงอีกชนิดหนึ่งที่พบบ่อย คือ ด้วงขนสัตว์ (Black carpet beetle) ซึ่งเป็นแมลงอยู่ในวงศ์ Dermestidae อันดับ Coleoptera มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Attagenus piceus (Oliver) ตัวเต็มวัยมีขนาดเล็ก ประมาณ 3.5 – 5 มม. มีสีดำหรือเทา ตัวเป็นรูปไข่และรี หลังโค้ง หนวดรูปกระบอง มีขนหรือเกล็ดปกคลุมผิวด้านล่างของลำตัว ปีกมีลักษณะแข็งและยาวคลุมส่วนท้องจนมิดหรือเกือบมิด ตัวเมียจะวางไข่ตามวัตถุที่เป็นอาหาร หรือที่ที่สกปรก ไข่จะฟักตัวอย่างรวดเร็วภายในเวลา 1 สัปดาห์ การทำลายเกิดจากระยะตัวอ่อน เช่นเดียวกับด้วงแอนโนบิอิด ตัวอ่อนมีสีน้ำตาล มีขนหางยาว ม้วนเห็นได้ชัด มีขา 3 คู่ มีการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ ด้วงชนิดนี้มีปากชนิดกัดกิน

แมลงอีกชนิดหนึ่งที่ทำลายเอกสารโบราณ ได้แก่ ผีเสื้อกลางคืน (Moths) ซึ่งเป็นแมลงในอันดับ Lepidoptera แมลงชนิดนี้พบได้ทั่วไป ตัวอ่อนมีลักษณะเหมือนตัวหนอน มีสีขาว ไม่มีขน ส่วนหัวมีสีเข้ม ขนาดยาวประมาณ 0.5 นิ้ว ผีเสื้อกลางคืนที่มักพบในหอสมุด พิพิธภัณฑ์ และคลังเก็บอินทรียวัตถุต่างๆ มักเป็นพวก Cloth moth ซึ่งตัวอ่อนกัดกิน ผ้า หนังสัตว์ ขนสัตว์ และกระดาษ เป็นอาหาร ตัวเมียจะวางไข่ในรอยแตกและรอยต่อของผนัง พื้น และตามซอกมุมต่าง ๆ ปากของตัวอ่อนเป็นแบบกัดกิน ส่วนปากของตัวเต็มวัยเป็นชนิดดูด เพราะฉะนั้นตัวเต็มวัยไม่มีบทบาทในการทำลายเอกสารโบราณ

สัตว์จำพวกมีฟันแทะ เช่น หนู กระรอก เป็นสัตว์ที่ทำอันตรายต่อเอกสารโบราณได้อย่างรวดเร็วและรุนแรงมาก เพราะมีฟันแหลมคมสามารถกัดกินวัตถุได้หลายชนิด เช่น กระดาษ หนังสัตว์ กาว ผ้า ฯลฯ บางครั้งการทำลายมีได้มีจุดประสงค์เพื่อกินเป็นอาหาร แต่นำไปทำรังสัตว์พวกนี้มักไม่ค่อยพบตัว เพราะจะหลบซ่อนอยู่ในที่มืด ในผนัง ตามฝ้าเพดาน และตามซอกมุมต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่อับชื้น เช่น ห้องใต้ดิน ห้องเก็บของ

สาเหตุที่สำคัญอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพอย่างถาวร คือ สาเหตุจากจุลินทรีย์ คำว่า " จุลินทรีย์ " หมายถึงสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก บางชนิดมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า บางชนิดมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณก็คือ " รา "

ราเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีหลายขนาด ตั้งแต่เซลเดียว เช่น ยีสต์ ไปจนถึงหลายเซล เช่น เห็ด ลักษณะของรามักเป็นพวกหลายเซลที่รวมกันโดยไม่ได้จัดแบ่งหน้าที่เป็น ต้น ใบ ดอก ราก แบบพืชชั้นสูง เซลของราจะต่อกันเป็นเส้นใย(hyphae) ซึ่งอาจแตกกิ่งก้านสาขา รวมตัวกันเป็นขยุ้ม หรือกลุ่มใหญ่ จนมองคล้ายใยสำลี อาจมีสีต่างๆตามชนิดของรา เช่น สีขาว สีดำ สีเหลือง สีเขียว สีส้ม สีน้ำตาล ฯลฯ กลุ่มของขยุ้มราเรียกว่า "ไมซีเลียม " (mycelium)

ราสืบพันธุโดยการสร้างสปอร์ (spore) ทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ สปอร์ของราจะปลิวติดไปกับฝุ่นและละอองน้ำ ลมและฝุ่นมีส่วนช่วยอย่างมากในการแพร่กระจายสปอร์ เมื่อสปอร์ของราปลิวไปตกบนที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม กล่าวคือ มีอุณหภูมิประมาณ 25 – 30 ซ. ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 70 % และมีแหล่งอาหาร สปอร์จะงอกออกมาเป็นเส้นใย และแตกกิ่งก้านสาขามากขึ้นจนเป็นกลุ่มของขยุ้มรา ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมราจะเจริญเติบโตรวดเร็วมาก การเจริญเติบโตของราจะไม่มีที่สิ้นสุด เมื่อเส้นใยเก่าตายไปเส้นใยใหม่ก็จะเจริญต่อไปเรื่อย ๆ

ราเป็นจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติคล้ายพืช แต่ไม่มีคลอโรฟิล (chlorophyll) จึงไม่สามารถสังเคราะห์อาหารได้เอง ต้องอาศัยอาหารจากภายนอก โดยการซึมผ่านผนังเซล จากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงไปยังที่ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า หรือนำสารที่ละลายน้ำได้เข้าไปในเซล เพราะฉะนั้นอาหารของราจะต้องเป็นอาหารในรูปแบบง่ายๆ ราส่วนใหญ่สามารถสร้างน้ำย่อยออกมาย่อยสารอินทรีย์ จากนั้นอาหารที่ย่อยแล้วจึงซึมผ่านผนังเซลเข้าไปได้

ราเป็นจุลินทรีย์ที่พบมากและพบเสมอบนเอกสารโบราณที่ทำจากกระดาษ และ ผ้า ราบางชนิดจะอยู่อาศัยบนเอกสารโบราณโดยไม่ทำให้เกิดการชำรุดเสียหาย แต่ราหลายชนิดทำให้

เกิดการเปลี่ยนแปลงได้หลายแบบ เช่น เชื้อราบางชนิดสร้างเอนไซม์เซลลูเลส(cellulase) ออกมาย่อยสลายเซลลูโลส(cellulose) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญของ กระดาษ ใบลาน ไม้ ผ้า ฯลฯ ทำให้พันธะ(bond) ในโมเลกุลของเซลลูโลสแตกหัก ผลก็คือวัตถุเหล่านี้สูญเสียความเหนียว ความแข็งแรง กรอบ เปราะ ฉีกขาดง่าย นอกจากนี้การเจริญเติบโตของเชื้อรายังทำให้เกิดคราบเปื้อนเป็นจุดหรือด่างดวงสีต่างๆ เนื่องจากเส้นใยและสปอร์ของเชื้อรา หรืออาจเป็นสารเคมีที่เชื้อราสร้างขึ้นและขับถ่ายออกมานอกเซลและแทรกซึมลงในเนื้อวัตถุ คราบเปื้อนที่พบเสมอมักมีสี ดำ น้ำตาล แดง ม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม ฯลฯ คราบเปื้อนเหล่านี้มักติดแน่นในเนื้อวัตถุ ไม่สามารถขจัดออกได้ด้วยวิธีธรรมดา และในบางกรณีพบว่าเป็นคราบเปื้อนที่ติดแน่นอย่างถาวร ไม่สามารถขจัดออกด้วยวิธีใดๆ

นอกจากนี้ยังพบว่าสปอร์ของเชื้อราบางชนิด เช่น เชื้อ Aspergillus fumigatus ก่อให้เกิดการติดเชื้อที่หลอดลมและปอด หรือเป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้ได้ จึงเป็นอันตรายต่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานและผู้ใช้บริการ ที่อาจสูดเอาสปอร์ของเชื้อราดังกล่าวเข้าไป

จากการศึกษาวิเคราะห์เชื้อราที่พบบนกระดาษจากพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ และหอสมุดแห่งชาติ ได้ผลดังต่อไปนี้

1. เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ดีบนกระดาษจากหนังสือทั่วๆ ไป ได้แก่ เชื้อราในกลุ่ม

Aspergillus niger

Aspergillus terreus

Aspergillus candidus

Aspergillus flavus

Aspergillus fumigatus หรือ Sartoya

Penicillium

Fusarium roseum

Trichoderma

Geotrichum

เชื้อราที่พบมากและพบบ่อยที่สุด คือ Trichoderma และ Aspergillus niger

2. เชื้อราที่เจริญเติบโตได้ดีบนสมุดไทย ได้แก่ เชื้อราในกลุ่ม

Aspergillus niger

Penicillium

Trichoderma

3. ผลของการสำรวจชนิดของเชื้อราที่กระจายในอากาศในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ และหอสมุดแห่งชาติ ได้ผลดังนี้

3.1 ในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เชื้อราที่พบได้แก่ เชื้อราในกลุ่ม

Aspergillus niger

Aspergillus terreus

Aspergillus flavus

Penicillium

Geotrichum

เชื้อราที่พบมากที่สุดและบ่อยที่สุด คือ Aspergillus niger

3.2 ห้องที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ พบเชื้อราในกลุ่ม

Aspergillus niger

Cladosporium

Helminthosporium

Geotrichum

4. ผลการศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบบนผ้าหุ้มสันและปกหนังสือ และผ้าห่อสมุดไทย ซึ่งมีลักษณะเปื่อยยุ่ย ฉีกขาด โดยนำเศษผ้าดังกล่าวมาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อโดยตรง พบเชื้อราในกลุ่ม

Trichoderma

Aspergillus niger

และ Aspergillus spp.

ผลของการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่า ชนิดของเชื้อราที่พบบนสมุดไทย ตลอดจนผ้าหุ้มสันและปกหนังสือ คล้ายคลึงกับชนิดของเชื้อราที่แพร่กระจายทั่วไปในอากาศในห้อง แต่พบเชื้อราในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศมากชนิดกว่าเชื้อราที่พบในห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ คาดว่าคงเป็นเพราะในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศมีการไหลเวียนถ่ายเทของอากาศไม่สู้ดี จึงมีการฟุ้งกระจายของสปอร์ได้มากกว่า ส่วนในห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ มีการไหลเวียนถ่ายเทของอากาศได้ดีกว่า จึงไม่มีสปอร์สะสมอยู่มากนัก แม้จะมีโอกาสพบชนิดของเชื้อราต่าง ๆ ได้ง่ายกว่าก็ตาม

เมื่อศึกษาวิจัยต่อไปถึงบทบาทของเชื้อราบนกระดาษ ใบลาน ผ้า พบว่าการเจริญเติบโตของเชื้อราบนวัตถุเหล่านั้นก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

- วัตถุมีความชื้นสูง เกิดการผุเปื่อย อ่อนนุ่ม ฉีกขาดง่าย
- มีกลิ่นเหม็น
- เกิดคราบเปื้อนสีต่างๆ ทั้งจากเส้นใย สปอร์รา และจากสารเคมีที่เชื้อราสร้างขึ้น
- เกิดจุดสีน้ำตาล (foxing) ซึ่งคาดว่าเกิดจากปฏิกิริยาของเชื้อราบางชนิดที่หลั่งกรดอินทรีย์ออกมาทำปฏิกิริยากับโลหะ จำพวก เหล็ก ทองแดง ฯลฯ ซึ่งเป็นสารเจือปนในเอกสารโบราณ
- เชื้อราบางชนิดทำให้หมึกหรือสีที่ใช้ในการเขียนเปลี่ยนแปลงไป
- ทำให้เอกสารโบราณมีความเป็นกรดสูงขึ้น และมีสภาพกรอบ เปราะ

จากการศึกษาบบทบาทของเชื้อราที่พบบนเอกสารโบราณ พบว่าเชื้อราแทบทุกชนิดสามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี หลายชนิดสามารถสร้างกรดได้ดี เช่น Aspergillus niger ซึ่งใช้ในการผลิตกรดอินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดที่สุดก็คือสีที่เปลี่ยนไปและคราบเปื้อนสีต่างๆ

คาดว่าคงมีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียร่วมด้วยหลายชนิด แต่ยังมิได้ทำการศึกษาวิจัยในขั้นนี้

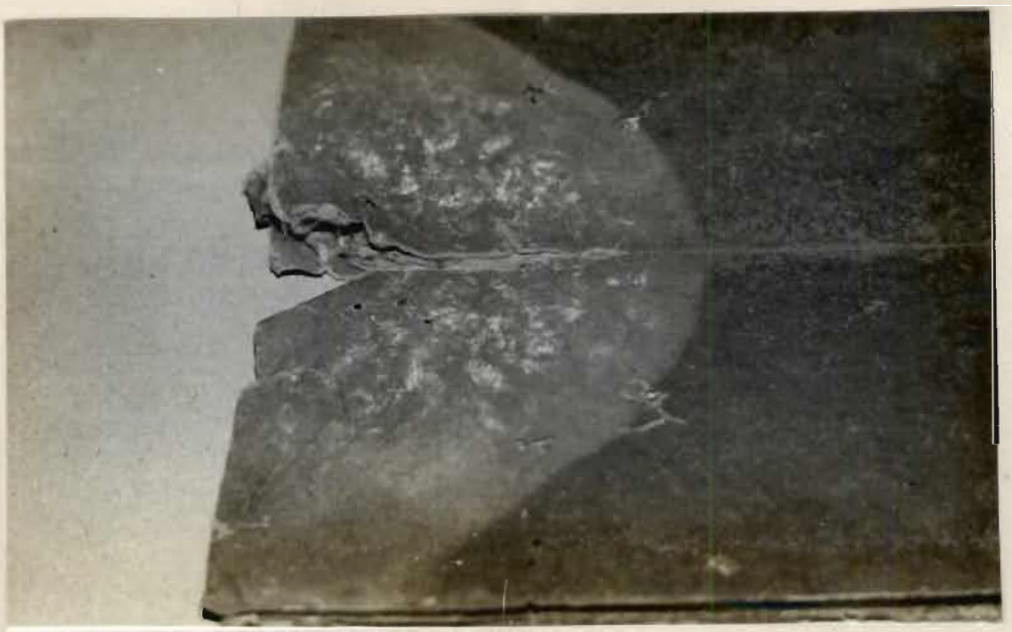
จุลินทรีย์เหล่านี้อาจจะอยู่ในเอกสารโบราณมาตั้งแต่เริ่มแรกที่ผลิตและใช้งาน โดยอาจจะอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาผลิต ระหว่างกระบวนการผลิต หรืออาจจะอยู่ในน้ำและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ และอาจจะเกาะติดอยู่บนเอกสารโบราณหลังจากผลิตเสร็จแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กระดาษที่ทำจากการบดย่อยเนื้อไม้โดยวิธีกล จะมีสารอาหารที่จุลินทรีย์ชอบอยู่มากกว่าในเยื่อไม้ที่ผ่านกระบวนการทางเคมี จึงมีแนวโน้มที่จะถูกทำลายได้ง่ายกว่า นอกจากนี้กรรมวิธีการผลิตบางกระบวนการต้องใช้ความร้อนและความดันสูง จึงสามารถฆ่าจุลินทรีย์ไปได้บางส่วน

อัตราการถูกทำลายโดยเชื้อจุลินทรีย์จึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของวัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต และที่สำคัญที่สุดคือ สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา

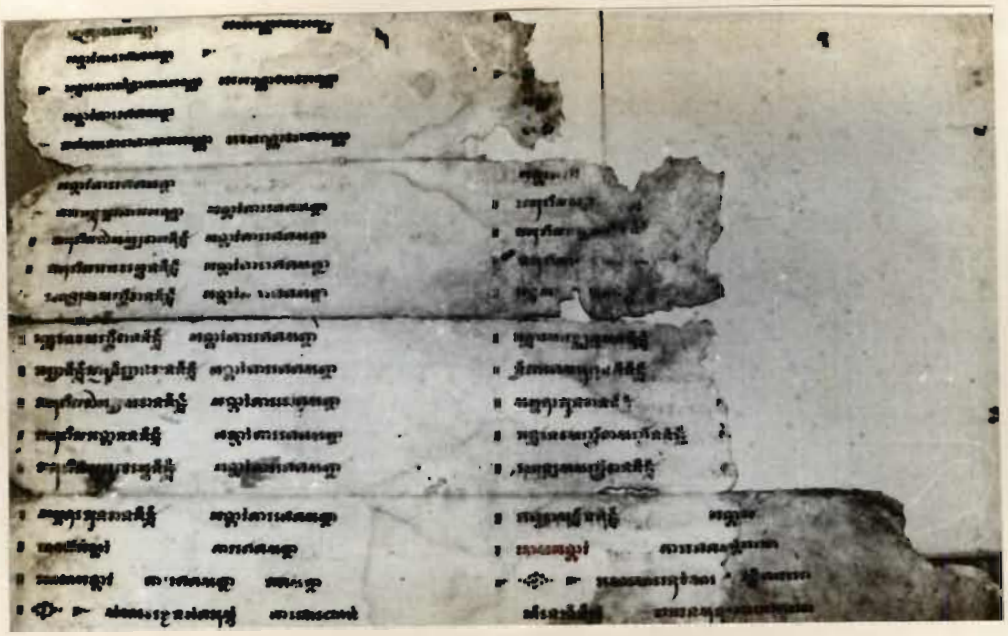
ภาพที่ 1 กระดาษเก่าๆ มีลักษณะกรอบ เปราะ ขาดง่าย และมักมีสีคล้ำๆ

ภาพที่ 2 หมึกบางชนิดมีฤทธิ์เป็นกรด สามารถกัดเนื้อกระดาษให้ขาดทะลุได้

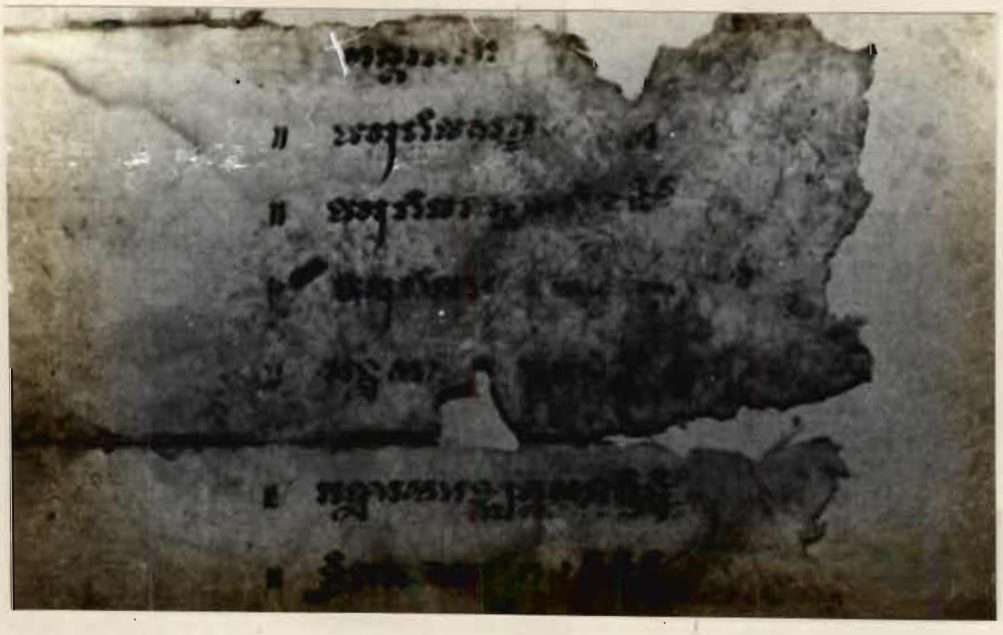
ภาพที่ 3 การจารใบลานโดยใช้เหล็กจาร ทำให้เกิดรอยขาดในเนื้อใบลาน รอยขาดจะกว้างขึ้น เมื่อใช้งานนานๆ



ภาพที่ 4 กราบเปื้อนบางชนิดเป็นอาหารที่ดีของเชื้อจุลินทรีย์

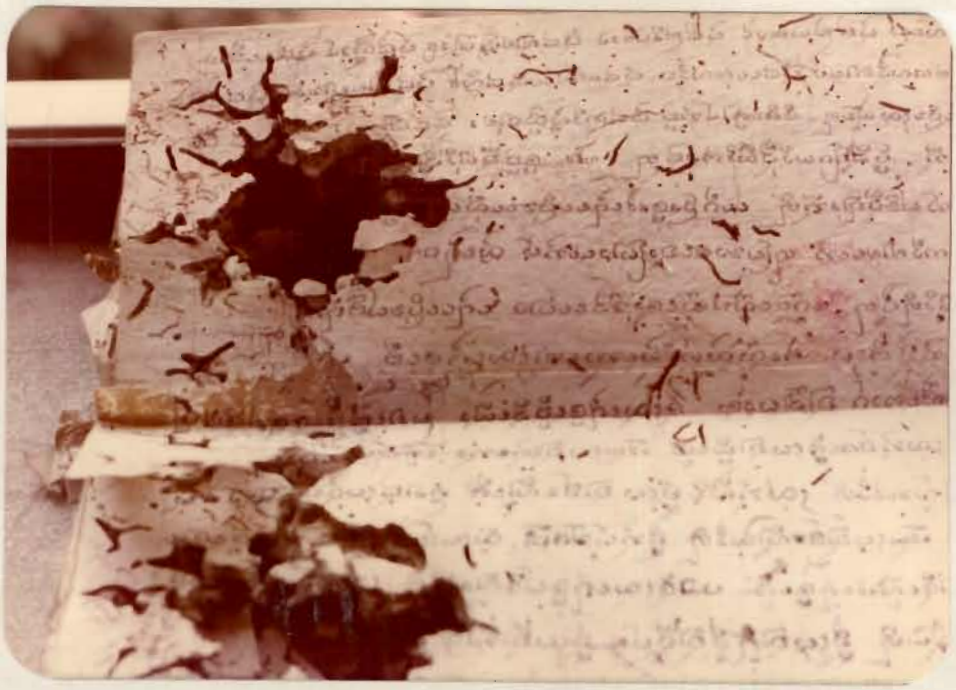


ภาพที่ 5 และ 6 กระดาษที่ถูกเก็บรักษาในที่ที่มีความชื้นสูงเป็นเวลานาน จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม เปื่อยยุ่ย ฉีกขาด มีคราบเปื้อน และหมึกเลอะเลือน มักพบร่องรอยของจุลินทรีย์อยู่ด้วยเสมอ

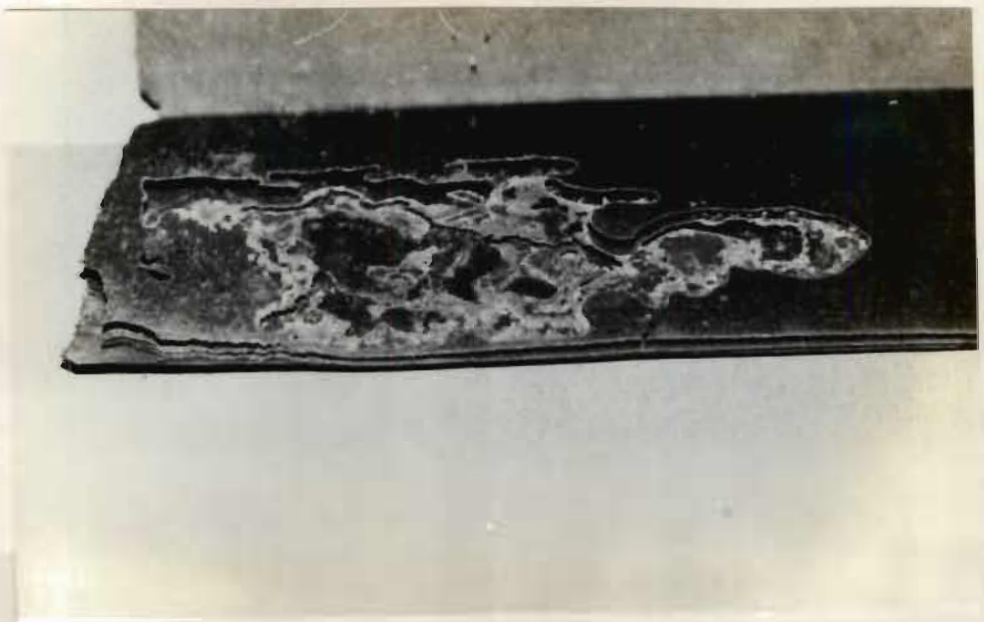


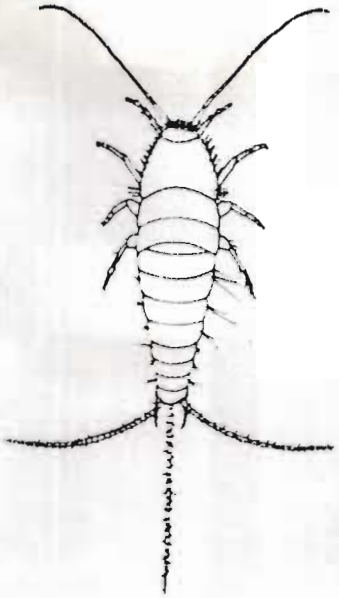
ภาพที่ 7 สมุดไทยดำซึ่งชำรุดเนื่องจากถูกแมลงสาบแทะ

ภาพที่ 8 ลักษณะการทำลายของแมลงสาบ ผิวหน้าของกระดาษจะเป็นขุย ๆ

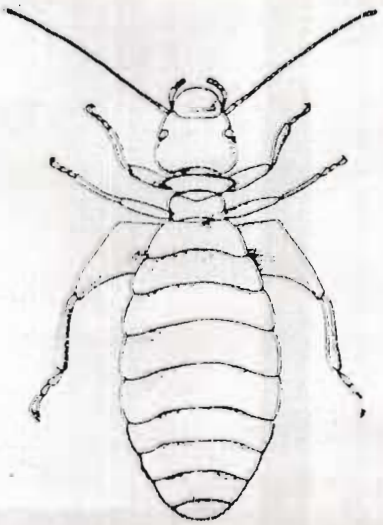


ภาพที่ 9 และ 10 ปลวกทำลายเอกสารโบราณได้รวดเร็วมาก มักทำลายส่วนที่อยู่ในที่มืด ส่วนที่ไม่ค่อยได้ใช้งาน หรือส่วนที่มองไม่เห็น

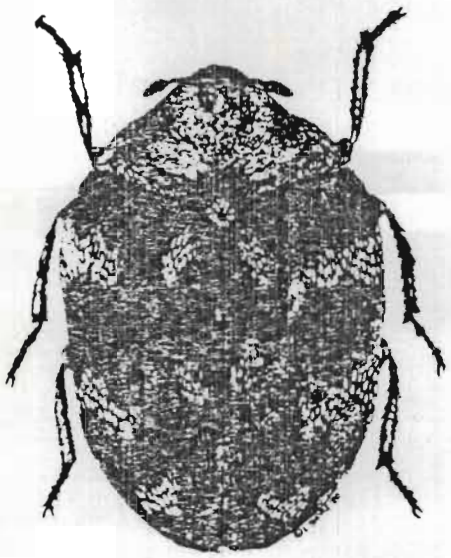




ภาพที่ 11 แมลงสามง่าม



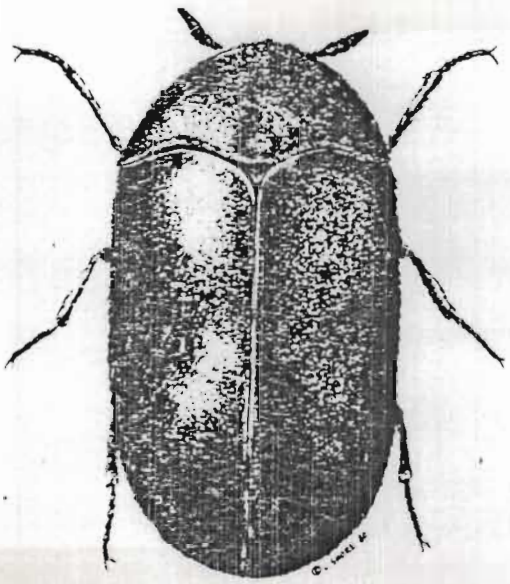
ภาพที่ 12 เหาหนังสือ



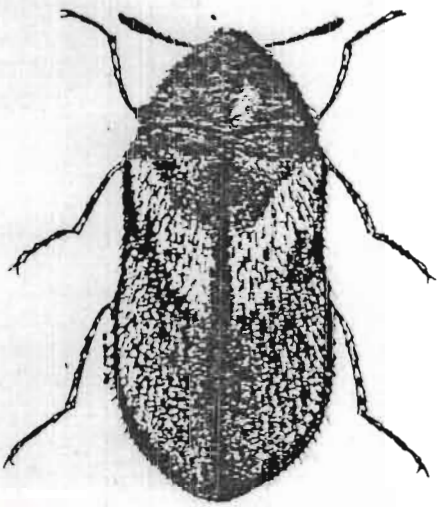
Adult Varied Carpet Beetle

Adult Furniture Carpet Beetle

ภาพที่ 13 ด้วงชนิดต่างๆที่ทำลายเอกสารโบราณ



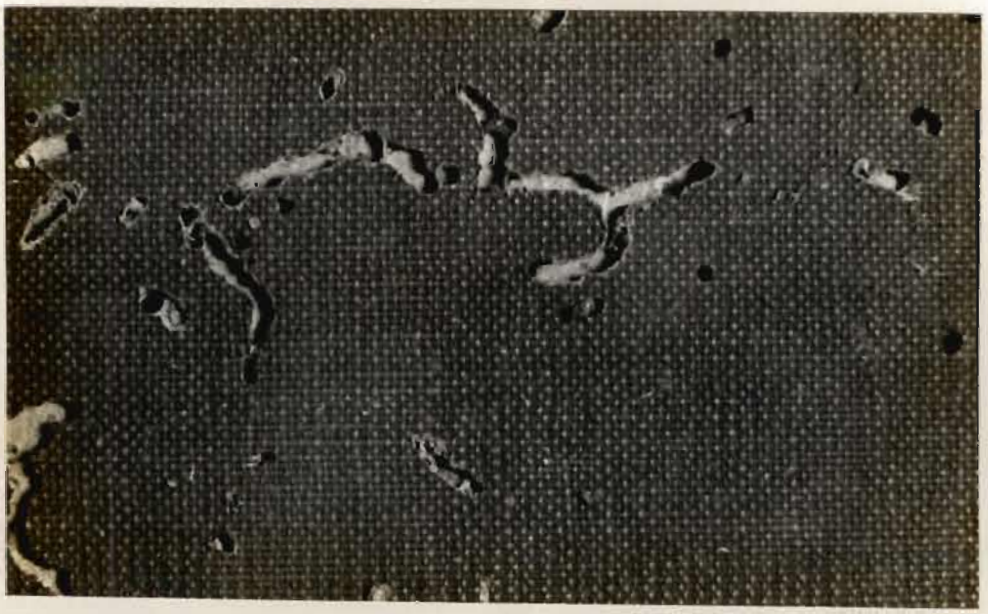
Adult Black Carpet Beetle



Adult Carpet Beetle

ภาพที่ 14 และ 15 ด้วงแอนโนบิอิดเป็นแมลงที่พบมากในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ หอสมุดแห่งชาติ และห้องสมุดทั่วๆไป การทำลายของด้วงแอนโนบิอิดเกิดจากตัวอ่อนเป็นส่วนใหญ่

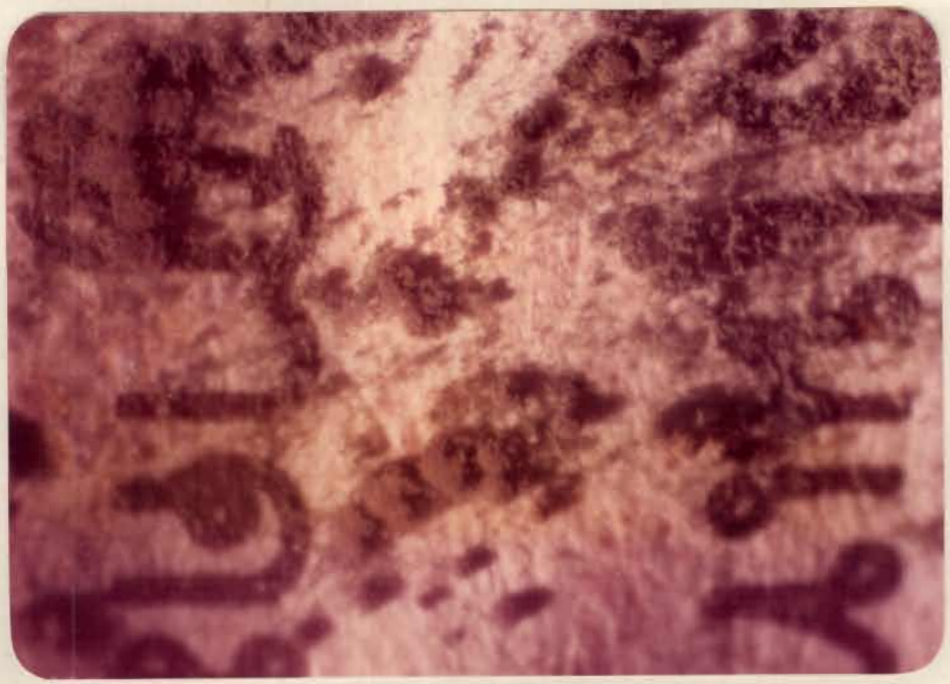
ภาพที่ 16 และ 17 รูและอุโมงค์ที่เกิดจากการทำลายของด้วงแอนโนบิอิดหลังจากไข่ฟักออกมาเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนจะเจาะเอกสารโบราณเป็นทางและกินเซลลูโลสเป็นอาหาร ทำให้เกิดรูพรุนภายในเนื้อวัสดุ



ภาพที่ 18 การทำลายของแมลงสาบบนผิวหน้าของใบลาน

ภาพที่ 19 การทำลายของด้วงแอนโนบิอิดบนใบลาน

ภาพที่ 20 และ 21 เชื้อรานอกจากจะย่อยสลายเนื้อวัสดุให้เปื่อยยุ่ยแล้ว ยังทำให้เกิดคราบเปื้อนสีต่างๆ เช่น ดำ น้ำตาล เหลือง เขียว ส้ม ฯลฯ บนเอกสารโบราณอีกด้วย ในภาพแสดงการเจริญเติบโตของเชื้อราบนกระดาษ เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ



บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาวิจัยสาเหตุที่ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสียหาย พบว่าสาเหตุที่สำคัญและรุนแรงเป็นอันดับแรกก็คือ กรด พบว่ากระดาษโบราณส่วนใหญ่มีความเป็นกรดสูง มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4 – 5 เป็นส่วนใหญ่ กระดาษที่มีความเป็นกรดสูงเหล่านี้มักมีลักษณะกรอบเปราะ เนื่องจากกรดทำให้โมเลกุลของเซลลูโลสแตกหักออกเป็นท่อนสั้นๆ และมักมีสีเหลืองถึงน้ำตาล กระดาษบางส่วนมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ การเสื่อมสภาพในลักษณะเช่นนี้เป็นปัญหาใหญ่ในการอนุรักษ์ และพบว่ากระดาษส่วนใหญ่ที่อยู่ในสภาพเช่นนี้ไม่สามารถอนุรักษ์ให้กลับสู่สภาพเดิมได้

กรดที่เกิดขึ้นในกระดาษอาจมาจาก

1. ก๊าซพิษในบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูงเกือบตลอดปี อย่างเช่น ประเทศไทย
2. กระบวนการผลิตกระดาษ มักมีสิ่งสกปรกเจือปนที่ทำให้เกิดกรดในเนื้อกระดาษ เช่น จากสารเคมีที่ใช้ฟอกเยื่อกระดาษ องค์ประกอบอื่นๆนอกเหนือจากเซลลูโลสอาจมีฤทธิ์เป็นกรด สารเคมีที่เติมลงในเยื่อกระดาษเพื่อกันการดูดซึมของเหลว เช่น สารส้ม ชันสน ฯลฯ หมึกที่ใช้พิมพ์หรือใช้เขียนลงบนกระดาษ
3. แนวโน้มของกระดาษที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา และผลของการเปลี่ยนแปลงนั้น มีกรดเกิดขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดาษที่ผลิตขึ้นในระหว่าง ค.ศ. 1860 – 1870 จนถึงปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นกระดาษที่ผลิตจากการบดย่อยเนื้อไม้ และมักใช้สารส้มและชันสนเพื่อกันการดูดซึมของเหลว กระดาษเหล่านั้นจึงมีสภาพเป็นกรดได้อย่างรวดเร็วและเสื่อมสภาพในอัตราที่สูงกว่ากระดาษชนิดอื่นๆ
4. การแทรกซึมของกรดจากวัสดุอื่นๆ ที่อยู่ใกล้ เช่น กรดจากกาว แฟ้ม กระดาษแข็ง กระดาษอื่นๆที่มีฤทธิ์เป็นกรดดังกล่าวแล้ว ไม้ พลาสติค ฯลฯ

สาเหตุที่สำคัญเป็นอันดับที่สองในการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณจำนวนมาก ก็คือ สาเหตุจากแมลง จากการศึกษาวิจัยพบว่ามีแมลงหลายชนิดที่ทำลายกัดกินเอกสารโบราณอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ แมลงสาบ แมลงสามง่าม ปลวก หนอนหนังสือ ด้วงขนสัตว์ และด้วงแอนโนบิอิด การทำลายที่เห็นได้ชัดและพบได้ทั่วไปส่วนใหญ่เกิดจากการทำลายของด้วงแอนโนบิอิด หรือ "มอดหนังสือ" ซึ่งมีการขยายพันธุ์และเจริญเติบโตได้ตลอดเวลาในทุกฤดูกาลในห้องเก็บเอกสารโบราณ เนื่องจากมีอาหารที่ดีและมีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสมในการเจริญเติบโต ประกอบกับการขาดมาตรการป้องกันและกำจัดแมลงชนิดนี้อย่างจริงจัง ทำให้แมลงชนิดนี้ขยายพันธุ์และทำลายเอกสารโบราณได้อย่างต่อเนื่อง และผลจากการทำลายนั้นเป็นการเสื่อมสภาพอย่างถาวร ซึ่งยากต่อการซ่อมแซมให้กลับสู่สภาพเดิม เนื่องจากเอกสารโบราณถูกกัดกินเป็นรูโหว่และพรุนคล้ายกับการทำลายของปลวก แมลงที่มีบทบาทสำคัญรองลงมาคือ แมลงสาบและแมลงสามง่าม ซึ่งพบได้ทั่วไปและพบบ่อย แต่รองรอยของการทำลายไม่สู้จะรุนแรงเหมือนการทำลายของด้วงแอนโนบิอิด และ ปลวก ส่วนการทำลายของปลวกนั้นพบว่าส่วนใหญ่เป็นการทำลายที่เกิดขึ้นในอดีต ปัจจุบันนี้การทำลายได้ลดลงมาก จนเกือบไม่พบ

เชื้อราเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เอกสารโบราณบางส่วนเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 70 % ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา จากการศึกษาวิจัยพบเชื้อราหลายชนิดกระจายอยู่ทั่วไปในห้องเก็บรักษาเอกสารโบราณและในบรรยากาศ เชื้อราทุกชนิดที่พบมีบทบาทในการเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณทั้งสิ้น และยังมีเชื้อราบางชนิดที่มีอันตรายต่อมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องที่อากาศไหลเวียนถ่ายเทไม่สะดวก เช่น ห้องปรับอากาศ พบว่ามีเชื้อรามากชนิดกว่าห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ การเจริญเติบโตของเชื้อราบนเอกสารโบราณ ทำให้เอกสารโบราณอ่อนยุ่ย ขาดง่าย มีคราบเปื้อนสีต่างๆ และมักมีกลิ่นอับอันเป็นกลิ่นเฉพาะตัวของรา และหากเอกสารโบราณนั้นๆผ่านกระบวนการที่ต้องใช้ กาวหรือแป้งเปียกหรือสารเคมีที่ใช้เคลือบ จะพบว่าเอกสารโบราณมักจะติดกันเป็นปึก เนื่องจากความชื้นทำให้กาวหรือแป้งเปียกหรือสารเคมีละลาย

และเชื่อมยึดเอกสารโบราณให้ติดกันเป็นปึกๆ

จะเห็นได้ว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพอย่างรุนแรงดังได้กล่าวแล้วนั้นล้วนมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความชื้นและอุณหภูมิทั้งสิ้น จึงอาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ความชื้นและอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนช่วยให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพด้วยอัตราเร็วกว่าที่ควรจะเป็น หากสามารถควบคุมระดับความชื้นและอุณหภูมิให้เหมาะสมได้อัตราการชำรุดเสื่อมสภาพเนื่องจากสาเหตุดังกล่าวจะลดลง

นอกจากนี้ยังมีอีกสาเหตุหนึ่งที่มีความสำคัญในการชำรุดเสื่อมสภาพของเอกสารโบราณไม่น้อยนั่นคือสาเหตุจากแสง แม้ว่าการชำรุดเสื่อมสภาพจะเกิดขึ้นทีละน้อยค่อยเป็นค่อยไป แต่มีผลให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพได้อย่างถาวรและยากที่จะแก้ไขให้กลับคืนสู่สภาพเดิม จากการสำรวจพบว่าแสงในห้องเก็บรักษาเอกสารโบราณไม่เหมาะสม เนื่องจากเป็นแสงธรรมชาติและแสงไฟฟ้าจากหลอดฟลูออเรสเซนซ์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "หลอดนีออน" แหล่งกำเนิดแสงทั้งสองชนิดนี้ให้รังสีที่เป็นอันตรายต่อเอกสารโบราณ ทำให้เอกสารโบราณกรอบ เปราะ ขาดง่าย ขาดความเหนียว ขาดความยืดหยุ่น และมีสีเปลี่ยนไป และยังพบว่าความเข้มของแสงในห้องดังกล่าวอยู่ในระดับสูงเกินระดับที่ปลอดภัยสำหรับเอกสารโบราณ

บทที่ 5

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยหาสาเหตุสำคัญๆที่ทำให้เอกสารโบราณเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพ พบว่าสาเหตุที่สำคัญที่สุดก็คือ กรดที่เกิดขึ้นในเอกสารโบราณ การแก้ปัญหาควรจะขจัดต้นเหตุที่ทำให้เกิดกรด ขจัดกรดที่ได้เกิดขึ้นแล้ว และป้องกันมิให้เกิดกรดขึ้นอีกในอนาคต โดยมีแนวทางปฏิบัติดังนี้

1. เก็บรักษาเอกสารโบราณในที่ที่ไม่เป็นกรด เช่น ในตู้ที่ทำด้วยโลหะ หรือไม้ที่ทาทับด้วยอีพอกซี่ Epoxy หรือโพลียูเรเธน (Polyurethane) เพื่อกันมิให้ไอกรดระเหยออกมาทำอันตรายต่อเอกสารโบราณ วัสดุทุกชนิดที่ใช้ในการเก็บรักษาเอกสารโบราณควรเป็นวัสดุที่ไม่มีฤทธิ์เป็นกรด และไม่ให้ไอระเหยที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น แฟ้ม กระดาษ ซอง กล่อง ฯลฯ
2. กระดาษที่ทำจากการบดย่อยเนื้อไม้ และกระดาษที่ใช้ซันสนในขั้นตอนการผลิตกระดาษควรเก็บแยกไว้ต่างหาก เพื่อป้องกันมิให้กรดในกระดาษดังกล่าวแทรกซึมไปทำอันตรายต่อกระดาษใกล้เคียง
3. ขจัดกรดที่เกิดขึ้นแล้วในเอกสารโบราณ โดยใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างเล็กน้อย เพื่อทำปฏิกิริยาสะเทินกับกรด และให้มีสารเคมีดังกล่าวหลงเหลืออยู่ในโครงสร้างของเอกสารโบราณเพื่อจะได้ทำปฏิกิริยากับกรดที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต สารเคมีที่ใช้จะต้องไม่ทำอันตรายต่อเซลลูโลสและองค์ประกอบอื่นๆของเอกสารโบราณ สารเคมีที่ใช้เพื่อจุดประสงค์นี้มีหลายชนิด และวิธีการทำปฏิกิริยาก็มีหลายวิธี แต่ละวิธีต่างก็มีข้อดีและข้อเสียขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง สมควรจะต้องทำการศึกษาวิจัยหาวิธีการที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุด
4. เพื่อเป็นการป้องกันกรดที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและป้องกันกรดจากวัสดุข้างเคียงมิให้แทรกซึมเข้ามาทำอันตรายต่อเอกสารโบราณได้อีก ควรใช้กระดาษและวัสดุอื่นๆ เช่น แฟ้ม ซอง กล่อง ฯลฯ ที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นด่างเล็กน้อย

เช่นการฉีดพ่นสารละลายแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($Mg(HCO_3)_2$) เพื่อให้มีแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ปริมาณเล็กน้อยอยู่เกาะอยู่บนผิวของกระดาษและวัสดุดังกล่าว แมกนีเซียมคาร์บอเนตจะช่วยทำปฏิกิริยากับกรดที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตหรือกรดที่อาจมาจากการซึมในบรรยากาศ

5. หลีกเลี่ยงการจับต้องเคลื่อนย้ายโดยไม่จำเป็น หากจำเป็นต้องจับต้องเคลื่อนย้ายควรสวมถุงมือ เพราะกรดจากเหงื่อและสิ่งสกปรกบนมือจะติดแน่นอยู่บนเอกสารโบราณ
6. ระวังรักษาความสะอาดของเอกสารโบราณ ไม่ควรให้มีฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกสะสมอยู่บนเอกสารโบราณ เพราะหากมีความชื้นสูง ฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกจะเปลี่ยนสภาพเป็นสารเคมีที่อาจมีฤทธิ์เป็นกรดได้
7. การปฏิบัติการใดๆ เกี่ยวกับการอนุรักษ์เอกสารโบราณ ควรใช้น้ำที่สะอาดบริสุทธิ์ เช่น น้ำกลั่น หรือน้ำกรอง(Deionized water)
8. ไม่ควรใช้ยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ในตู้ที่เก็บรักษาเอกสารโบราณ เพราะเมื่อเวลาผ่านไปจะทำให้เกิดกรดขึ้นได้
9. หลีกเลี่ยงการใช้ กาว หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีฤทธิ์เป็นกรด หรือมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นกรดเมื่อเวลาผ่านไป ในขั้นตอนการอนุรักษ์เอกสารโบราณ
10. หลีกเลี่ยงการบรรจุเอกสารโบราณที่ยังมีฤทธิ์เป็นกรดในซองพลาสติกแล้วปิดให้สนิท เพราะการกระทำดังกล่าวทำให้เอกสารโบราณเสื่อมสภาพได้เร็วยิ่งขึ้น

สาเหตุสำคัญถัดมาคือสาเหตุจากแมลงและรา สามารถแก้ไขและป้องกันได้ดังนี้

1. รักษาความสะอาดอย่างเคร่งครัด ขจัดฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกทุกซอกมุม ควรทำตารางเวลาในการทำความสะอาดเป็นประจำ ไม่ควรสะสมขยะในห้องเก็บเอกสารโบราณ และห้ามนำอาหาร เครื่องดื่ม เข้ามาในห้องโดยเด็ดขาด
2. ตรวจตราหารอยรอยของแมลงและเชื้อราอย่างสม่ำเสมอ
3. ตรวจสอบเอกสารโบราณที่ได้รับมาใหม่หรือได้รับคืนมาอย่างละเอียด ทางที่ดี

ควรอบฆ่าแมลงและเชื้อราทุกชิ้นก่อนที่จะนำไปเก็บรักษา

4. ปรับปรุงระบบการไหลเวียนถ่ายเทของอากาศในห้องที่เก็บรักษาเอกสารโบราณ
5. หากมีงบประมาณพอ ควรควบคุมระดับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในห้องเก็บเอกสารโบราณให้อยู่ในระดับที่แมลงและเชื้อราไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ กล่าวคือ ให้มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 65 % หรือต่ำกว่า และอุณหภูมิ ระหว่าง 15 – 18 ซ. ทั้งนี้จะต้องควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิให้คงที่อยู่ที่ระดับดังกล่าวตลอดเวลา 24 ชั่วโมง
6. สารเคมีและวัสดุต่างๆที่ใช้ในการอนุรักษ์และเก็บรักษาเอกสารโบราณควรผสมยาฆ่าแมลงและยาฆ่าเชื้อราที่มีคุณสมบัติเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามรอยแตกรอยต่อของตู้หรือลิ้นชักที่เก็บรักษาเอกสารโบราณควรอุดด้วยวัสดุใดๆที่ผสมยาฆ่าแมลง
7. ควรมีตู้อบ (**Fumigation chamber**) หรือห้องอบที่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน สำหรับอบฆ่าแมลงและเชื้อราเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันการแพร่พันธุ์ของแมลง และเพื่ออบฆ่าแมลงที่กำลังทำลายเอกสารโบราณ
8. ควรฉีดพ่นยาฆ่าแมลงในห้องเก็บรักษาเอกสารโบราณเป็นครั้งคราว เพื่อลดจำนวนแมลงสาบและแมลงสามง่าม
9. ควรใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ไล่แมลง เช่น ลูกเหม็น หรือ พาราไดคลอโรเบนซีน (**para- di-chlorobenzene**) ในภาชนะเล็กๆ วางไว้ในตู้หรือลิ้นชัก หรือชั้นที่เก็บรักษาเอกสารโบราณ
10. เพื่อเป็นการป้องกันปลวก ตู้หรือชั้นที่ทำด้วยไม้ควรวางห่างจากผนัง หรือวางบนแผ่นโลหะหรือในภาชนะที่ใส่ **coal tar** หรือ **crcosote**
11. สำหรับด้วงแอนโนบิอิดหรือ มอดหนังสือซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในการอนุรักษ์นั้น ควรทำการศึกษาวิจัยหาวิธีกำจัดและป้องกันที่มีประสิทธิภาพ เช่นการใช้ก๊าซพิษภายใต้สุญญากาศ หรือการใช้รังสีแกมม่า (**gamma rays**) ฯลฯ ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงผลเสียที่อาจเกิดขึ้นในภายหลังด้วย

สาเหตุที่สำคัญอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เอกสารโบราณเสื่อมสภาพได้เร็วยิ่งขึ้นคือแสง พบว่าแหล่งกำเนิดแสงและความเข้มของแสงในห้องเก็บรักษาเอกสารโบราณยังไม่เหมาะสมและปลอดภัย จึงควรแก้ไขตามแนวทางดังต่อไปนี้

1. เปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งเดิมเป็นแสงธรรมชาติและหลอดฟลูออเรสเซนซ์ มาเป็นหลอดทังสเตน หรือหลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่ให้รังสีอุลตราไวโอเล็ทต่ำ หรือใช้แผ่นฟิล์มกรองรังสีอุลตราไวโอเล็ทสวมที่หลอด ส่วนแสงธรรมชาติที่สาดส่องเข้ามาทางหน้าต่างควรปิดกั้นด้วยผ้าม่านหรือมู่ลี่ หากใช้หลอดทังสเตนควรให้อยู่ห่างจากเอกสารโบราณพอสมควร เพื่อมิให้เอกสารโบราณได้รับความร้อนเนื่องจากรังสีอินฟราเรดที่กระจายออกมาจากหลอด
2. ลดความเข้มของแสงที่สาดส่องมายังเอกสารโบราณ โดยใช้หลอดไฟฟ้าที่มีวัตต์ต่ำและอยู่ห่างจากเอกสารโบราณพอสมควร ความเข้มของแสงที่เอกสารโบราณควรได้รับไม่ควรสูงกว่า 50 ลักซ์ (Lux)
3. ลดเวลาที่เอกสารโบราณได้รับแสงลง โดยการปิดไฟในเวลาที่ไม่จำเป็น หรือเก็บรักษาเอกสารโบราณในแฟ้ม ในซอง ในห่อ หรือในกล่อง หรือในตู้ที่ปิดสนิท การเก็บรักษาโดยวิธีนี้ยังช่วยป้องกันฝุ่นละออง แมลง รา และการเป็นพิษจากบรรยากาศได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยกันประกายไฟในขณะเกิดเพลิงไหม้ได้ด้วย
4. เพื่อเป็นลดปริมาณรังสีอุลตราไวโอเล็ทและรังสีอินฟราเรด จากแสงแดด มิให้กระจายเข้ามาในห้องเก็บเอกสารโบราณมากเกินไป หน้าต่างหรือประตูส่วนที่ทำด้วยกระจกควรติดตั้งหรือฉาบแผ่นฟิล์มที่มีคุณสมบัติกรองรังสีอุลตราไวโอเล็ทหรือสะท้อนรังสีอินฟราเรดออกไปได้เป็นบางส่วน

และเพื่อเป็นการลดปัญหาการชำรุดเสื่อมสภาพเนื่องจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของเจ้าหน้าที่ ควรมีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีอนุรักษ์เอกสารโบราณ เพื่อจะได้สามารถจับต้องเคลื่อนย้าย ทำความสะอาด เก็บรักษา ตรวจสอบ ซ่อมแซม ฯลฯ ด้วยวิธีการที่ถูกต้องและเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. ก่องแก้ว วีระประจักษ์ , การทำสมุดไทยและการเตรียมใบลาน , กรมศิลปากร , 2521 .

2. นิยะดา ทาสุคนธ์ , ก่องแก้ว วีระประจักษ์ , วิธีอนุรักษ์พระบฎ กระดาษ หนังสือ สมุดไทย หนัง ใบลาน และแผนที่ , กรมศิลปากร , 2522 .

3. ณรงค์ วุฑฒเสถียร , อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ , วารสารวิทยาศาสตร์ , ปีที่ 37 , ฉบับที่ 9 – 10 , 2526 .

4. วนิดา เลิศวิจิตรชนา , การสำรวจแมลงศัตรูต่างๆ ในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ , สารนิพนธ์ระดับปริญญาตรี, คณะวิทยาศาสตร์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2524 .

5. วาสิฏฐี นานา , สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ , จิราภรณ์ อรัณยะนาค , การศึกษาชนิดและบทบาทของแมลงที่ทำลายวัตถุทางวัฒนธรรม , รายการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 24 ภาคโปสเตอร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , มกราคม 2529 .

6. สุนทร วงศ์สวัสดิ์ , การแยกเชื้อราและศึกษาความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสของเชื้อรา , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2516.

7. อัมพร รอดเรืองศรี , คุยเฟื่องเรื่องกระดาษ , อุตสาหกรรมสาร , ปีที่ 5 ฉบับที่ 6 , กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , มกราคม , 2525 .

8. แมลงสาบและการกำจัด , ข่าวกรมวิทยาศาสตร์บริการ , ฉบับที่ 98 , มกราคม 2525 .

9. Carl J. Wessel , Glenn A. Greathouse , Deterioration of Materials , Reinhold Publishing Cooporation , New York , 1954 .

10. G. Thomson , Effects of the Environment , Conservation in Australia , ICCM, Canberra , 1976 .

11. Howard W. Winger , Richard Daniel Smith , Deterioration and Preservation of Library Materials , the University of Chicago Press , Chicago , 1969.

12. F. Sadov, M. Korchagin, A. Matetsky, Chemical Technology of Fibrous Materials, MIR Publishing, Moscow, 1973.

13. A. J. Watson, Chemical Degradation of Cellulose, Conservation in Australia, ICCM, Canberra, 1976.

14. Bernard C. Middleton, Book Preservation for the Librarians, Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value, American Chemical Society, Washington D.C., 1977.

15. George Daniel, Martin Cunha, Conservation of Library Materials, The Scarecrow Press, Inc, Metuchem, N.J. 1967.

16. B. L. Browning, Analysis of Paper, Mareel Dekker, Inc. New York 1969.

17. Karl - Erik Erikson, Bert Pettersoon, Extracellular Engyme System Utilized by the Fungus Chrysosporium Lignorum for the Breakdown of Cellulose, Biodeterioration of Materials, vol. 2, Applied Science Publishers Ltd., London, 1971.

18. R. L. Hughes, Microbiological Deterioration in the Paper, Printing and Packaging Industries, Biodeterioration vol. 1. Elsevier Publishing Co. Ltd., Amsterdam, 1968.

19. C. Earl Libby, Pulp and Paper Science and Technology, vol. II, Mc graw Hill Book Company, New York, 1962.

20. Jame P. Casey, Pulp and Paper - Chemistry and Chemical Technolgy, 3rd Edt., vol. 1, John - Viley & Sons, New York, 1980.

21. Anne F. Clapp, Curatorial Care of Works of Arts on Paper, Interscience Conservation Association, Ohio, 1978.

22. Antoon Bos, Paper and Related Materials, ICCM, 1975.

23. Kenneth W. Britt, Handbook of Pulp and paper Technology, Reinhold Publishing Corporation, London, 1970.

24. A.G. Norman, W. h. Fuller, Cellulose Decomposition by Microorganisms, Advances in Enzymology, vol. II. Interscience Publishers, New York, 1942.

25. Selman A. Waksman, The Microbiology of Cellulose Decomposition and Some Economic Problems Involved, The Botanical Review, vol.VI, No 12, December Lancaster, 1940.

26. R. G. H. Siv, E. T. Reese, Decomposition of Cellulose by Microorganisms, Botanical Review, vol. XIX, No 7, July, 1953.

27. Lester Hankin, S. L. Anagnostakis, The Use of Solid Media for Detection of Enzyme Production by Fungi, Mycologia, vol. 67 No 3, 1975.

28. Swarnakamol Bhowik, Conservation of Palm - leaf Manuscripts, Conservation of Cultural Property in India, vol. VI, 1973.

29. Ove K. Nordstrand, Some Notes on Procedures Used in the Royal Library, Copenhagen, for the Preservation of Palm - leaf Manuscripts, Studies in Conservation.

30. Siriwat Wongsiri, Introduction to Insect Pests in Museum and their Control, Fanny Press, Bangkok, 1982.

31. R. G. Winks, B. H. Champ, The Principles of Pest Control in Museum, Conservation in Australia, ICCM, Canberra, 1976.

32. Phillip A. Leighton, Photochemistry of Air Pollution, Academic Press, London, 1961.

33. R. P. Wayne, Photochemistry, Butterworths, London, 1970.

34. UNESCO, The Conservation of Cultural Property, 1979.

35. E. Minogue, The Repair and Preservation of Records, Bulletins of the National Archives, No 5, Adelaide, 1943.

36. Willman Spawn, The Conservation of Books and Papers, Ontario Lib. Review, vol. 46, February 1962.