Booklets for Protection of Syrian Cultural Heritage, Vol. 2

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS

Tomoko UNO

Agency for Cultural Affairs, Government of Japan
University of Tsukuba
Research Center for West Asian Civilization

Booklets for Protection of Syrian Cultural Heritage Vo.2
ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS

Research Center for West Asian Civilization,
University of Tsukuba,
1-1-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki,
305-8571, Japan

All rights reserved. No part of this booklet may be reproduced,
In any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise,
Without the prior written permission of the copyright owners.

Printed by Maeda Printing in Tsukuba, Japan

Booklets for Protection of Syrian Cultural Heritage, Vol. 2

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS

Tomoko UNO

Financial support for this publication was provided by
The Agency of Cultural Affairs, Government of Japan

2018

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS

Environmental Control of Objects for Conservation

It is necessary to store and maintain cultural properties in safety in order to preserve to them for the future. For this purpose, it is important to avoid and to reduce the impact of factors that damage cultural properties such as physical impacts, chemical impacts, disaster or vandalism. In order to achieve this it is necessary to recognize factors that cause deterioration in artifacts, and surrounding environmental conditions, and then to reduce the impacts on the objects. Here, the surrounding environmental conditions are diverse and include temperature and humidity, lighting and, air quality. This manual discusses the mechanism of material deterioration and the measures to reduce these impacts for conservation.

Recently, 'preventive conservation' generally emphasizes controlling the environment of the objects in order to minimize object deterioration so as not to need to repair the deteriorated objects. It is vital in undertaking preservation and conservation work to understand the environmental factors and mechanisms of deterioration.

Physical Deterioration of Objects

Any physical impacts are subject to energy forms that cause deterioration in objects or artifacts. These impacts include heat, light, sound, or chemical action in the form of energy, which influences the condition of the materials. The changes in these physical conditions also lead to secondary impacts causing deterioration in objects.

The aim of conservation is to reduce these impacts or energy on objects.

Factors that Cause Deterioration of Objects

Figure 1 shows the environmental impacts that cause deterioration in objects. For external conditions, sun light (or solar radiation energy) represents high risk impacts for materials. Sun light, wind flow, rain, underground water or outside pollution are the natural impacts that affect outside monuments.

Inside buildings, other impacts on objects are temperature and humidity changes, light, dust, or VOC (volatile organic compounds) and chemical impacts. Depending on temperature and humidity, insects or fungi increase and lead to severe object damage.

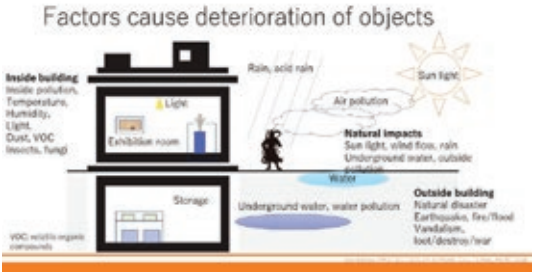


Figure 1. Deterioration factors surrounding buildings and materials

Physical Impacts to Objects

Changes in temperature and humidity, light intensity, dust, VOC are the physical impacts that cause deterioration in objects. In general, micro, macro, and global level environments, represent different conditions surrounding the objects.

The inside of the display case or storage box represents the micro level environment. The room condition or internal building condition represents the macro level environment. The external climate outside the building represents the global climate. These environmental levels create a nested condition. In order to properly conserve the cultural properties, it is important to understand the degree of impact caused by these factors, and to control the environmental conditions in each level so as to minimize these physical impacts to the objects.

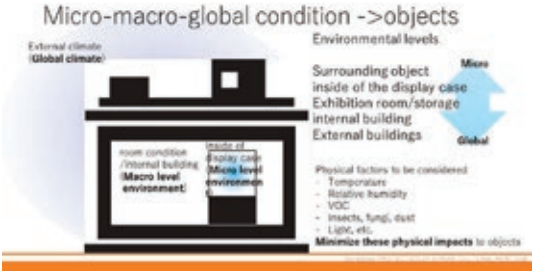


Figure 2 Micro and macro level of deterioration

Minimalizing Impacts to Objects

First, it is also important to determine the ideal conditions by monitoring the environmental conditions in each level.

1. What is the desired environment?
   This depends on the compound materials and composition of the objects and the conditions surrounding the objects in the past.
2. How can environmental conditions be controlled?
   The external environment outside the nest affects internal environmental conditions inside the nest. Generally, to mitigate the impacts from outside factors that affect the changes in temperature and humidity surrounding the objects should be minimized; for example, heat flow or moisture flow through the walls, solar radiation through windows and ventilation air from outside.
   The automated control of conditions (ex. air conditioning) means it is somewhat easier to create the ideal conditions for objects. However this type of environmental control costs initial equipment, maintenance, and backup systems. In addition, an emergency or breakdown in the air conditioning system may worsen the conditions surrounding the objects and create a situation where optimal conditions become difficult to maintain or control. As a result, it is necessary to also consider a non-automated system in the design of the storage/exhibition rooms in the buildings.
   The level of control depends on the circumstances (cost, available material).
3. Monitoring conditions
   Monitoring the environmental condition of the objects is the most important. A monitoring system to record daily and hourly conditions can be utilized to understand the environmental changes.
   Internal monitoring factors: include temperature / humidity, dust, insects and fungi.
   External monitoring factors include weather characteristics; dry, humid, high/low temperature, wind speeds, outside pollution, rain and flooding.

Desirable Conditions

The IIC (International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works) and ICOM-CC (International Council of Museums) and other authorities regulate the determination of environmental factors. Various countries also have specific standards or environmental guidelines. These regulations are applicable for general conditions however; the desired conditions should be

adjusted depending on the surrounding (global, macro, micro) environment, or the conditions surrounding the objects in the past.

Meeting these desirable conditions is dependent on the material composition of the objects. In conservation or protection, it is necessary to minimize the impacts to the objects. In addition, minimizing changes in physical condition such as temperature or humidity of the objects is a necessity. Generally, a low temperature is better.

Desirable Light Level

Light energy causes chemical deterioration in objects. Light is defined according to its wave length (nm). The visible spectrum for light is from 380nm to 780nm. Ultraviolet light and the infrared spectrum are less than 380nm and over 780nm respectively.

Generally, as short wave length radiation has the high energy potential to cause severe damage to materials, short wave radiation, such as UV or X-ray should be removed as quickly as possible. Even though visible light is necessary for observation of objects, it contains short length radiation such as blue light (under 580nm), which can cause damage to objects.

When the materials or objects are exposed to long wave radiation (infrared light: IR) its surface temperature increases causing rapid drying, which is why it should be removed from the light source. Sunlight (daylight) includes both short and long length wave radiation, and exposure facilitates an increase in the surface temperature of objects.

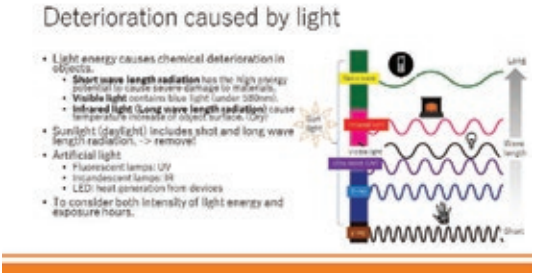


Figure 3 Deterioration caused by light

Figure 4 shows the desirable light condition in a museum. Generally since organic material and water color paintings are severely affected by lighting impacts; the intensity of the light should be low. Conversely, metal, stone, and glass are stronger so a, higher intensity is permissible.

Light energy causes chemical deterioration of the materials. The level of the damage depends on the wave length of the light. Because sunlight (daylight) contains the spectrum between short and long wave radiation, it should be removed.

Some artificial lights also may damage the objects. Fluorescent lamps include UV and incandescent lamps include the ranges of the infrared light. The emission of energy by LED (light-emitting diode) is relatively low, however the LED devices generated heat to increase the surrounding temperature.

In the selection of the lighting devices, both the intensity of the light energy and the exposure hours should be considered to minimize the light level.

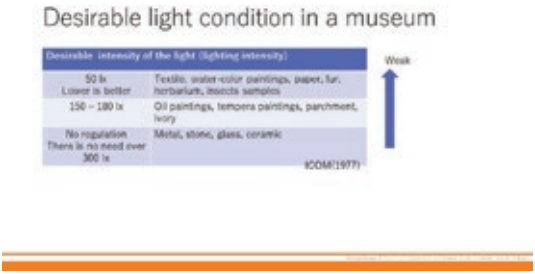


Figure 4 Desirable light conditions

Desirable Temperature and Relative Humidity

Figure 5 shows an example of the desirable temperature and humidity required to maintain objects. These examples reflect ideal conditions in well-controlled facilities. For example, when the objects are handled inside, a temperature level of about 20°C is recommended, to avoid radical change in the conditions between inside storage and outside storage. This temperature (20°C) is considered an environment comfortable for human beings handing the objects. Films need to be kept under low temperature conditions.

A suitable level of temperature should be considered depending on the surrounding condition of the objects and its climate. In a dry climate, a relatively dry condition may be better than high humidity to avoid rapid change. This is because that when the objects are moved from a condition of moderate humidity (ex. 60%) to a drier condition (ex. 30%), the moisture present in the objects evaporates.

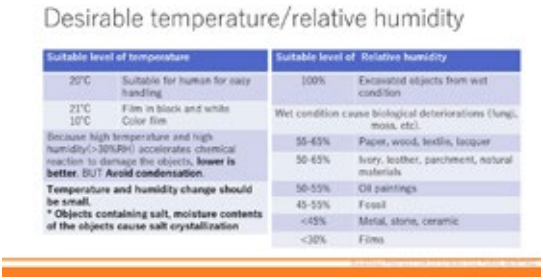


Figure 5 Desirable temperature and humidity

Figure 6 shows an example of desirable temperature and humidity. A highly humid condition causes fungi even if the temperature is moderate. Generally, the relative humidity surrounding materials and objects should not be high. The right photo in Figure 6 shows a basement without measures for waterproofing. This causes damp and fungi to grow on the wall of the basement, because of water penetration through the basement walls. Because basements or concrete building have high thermal capacity, when outdoor humidity is high and temperature of the basements or concrete building is relatively low, moisture condensation can be occurred in summer. It can also lead the problem relating to existing of moisture.

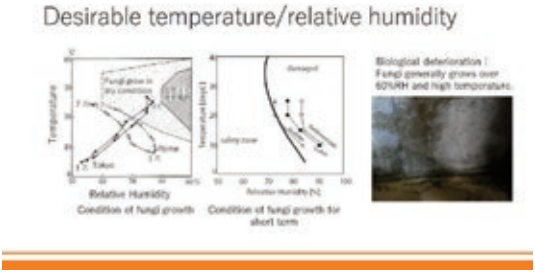


Figure 6 Desirable temperature and relative humidity

Deterioration Caused by Temperature/Humidity Changes

Conditions caused by temperature and humidity change

Figure 7 shows deterioration caused by the temperature/humidity change in the objects. The photos (left: tiles in a case) and (middle: back of the tile) in figure 7 shows the tiles in a non-air-conditioned room. The back of the tiles might be friable and slightly weak.

Figure 8 shows the air temperature and humidity changes in the tile exhibition room and the case. The relative humidity of the air in the room and the case decreased, following outdoor humidity change. The rapid changes in humidity occur when the temperature in the case rises during illumination or when the lighting is on. As the air relative humidity decreases the moisture evaporates from the surface of the tile. When the inside moisture of the tiles decreases under dry room conditions, the bonding powers of the soils are weakened and the tiles begin flaking. Figure 9 shows the temperature and humidity in the tile exhibition room after improvement. 'Artsorb', was introduced to control the air moisture level through its absorption and desorption mechanisms, and to control the air relative humidity of the air in the case. After this measure, the humidity change caused a decrease in the outdoor humidity to a humidity level, of 50-60%. However, when the temperature in the case increases a few degrees rapidly during lighting, the relative humidity drops down by 10 points. 'Artsorb' cannot control humidity change caused by rapid temperature change.

The right photo in Figure 7 shows another example of the deterioration by inside moisture change of the material. It shows salt crystallization on the tuff stone surface of an exterior pilaster. There is a drainpipe on the back of the pilaster with cracks in it. Because the tuff stone itself contains some salt originally the combination of water penetration from the back of the stone and dry outdoor conditions in winter lead to crystallization and flaking.

Figure 7 Flaking of the tiles and salt crystallization of stones

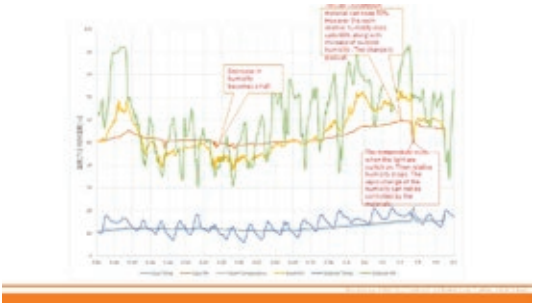


Figure 8 Temperature and humidity changes in the exhibition room and the case

Figure 9 Temperature and relative humidity after improvement

Air-conditioning for Storage

Mechanical control allows easy control in order to create suitable conditions for objects. However this requires the maintenance of mechanical facilities, initial and running costs, and backup systems for emergencies. In addition, the controlled level should be decided depending on the surrounding conditions. In air-controlled or natural conditions, monitoring for temperature/humidity and material condition is very important for maintaining a suitable environment.

Monitoring of Temperature and Humidity

Figure 10 shows monitoring in the Bamiyan site after conservation work. The air temperature/humidity and moisture content inside the walls of the caves where the mural paintings remained are measured, as well as monitoring the climate conditions.

Figure 11 shows the temperature/humidity in Cave Na (open to the outside) and Cave M (closed) in July and November. The changes in the temperature/humidity in Cave M are smaller than those in Cave Na. Therefore, it can be said that maintaining the air exchange between inside and outside is effective in conserving the mural paintings.

Figure 10 shows the temperature and relative humidity in Cave Na which is open to the outside, and precipitation in Bamiyan valley. The results, suggest that even if the precipitation is limited at the Bamiyan site, the relative humidity rises extensively following the rise in outdoor humidity after rain.

Figure 10 Monitoring at the Bamiyan site

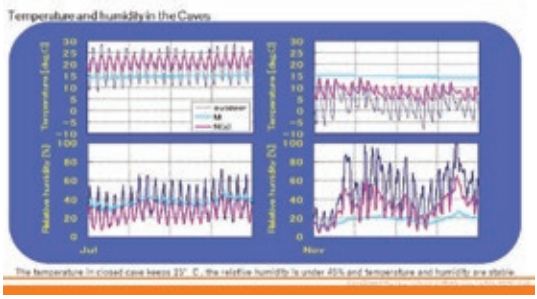


Figure 11 Temperature and relative humidity in caves at the Bamiyan site

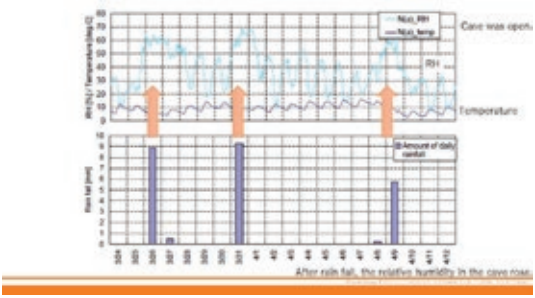


Figure 12 Outdoor temperature and humidity at the Bamiyan site

Figure 13 shows a container of mural painting fragments and the humidity and temperature monitoring equipment. The temperature and humidity change is limited compared to that of outside of the boxes in Figure 14.

Figure 13 Hygro-thermometer during storage of mural painting fragments

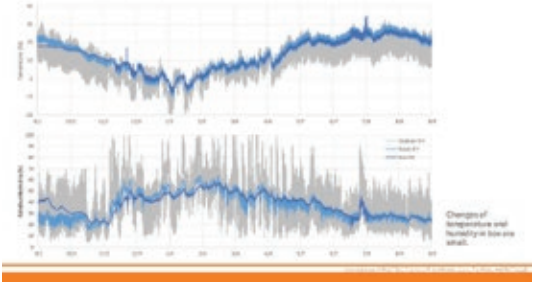


Figure 14 Temperature and relative humidity in storage

Observation of Environmental Condition

An investigation of the museum environment was undertaken (Figure 15). The object in the case is exposed to sunlight and the temperature increases are recorded in the monitoring results. This causes dry conditions and damages the natural objects. As a result, a recommendation was made for the display case to be moved to a shaded place.

Therefore, it is important to monitor the environments and to understand the effects of the environmental factors on the objects.

Figure 15 Monitoring in the Tajikistan National Museum

Conclusion for Sustainable Conservation

In order to maintain sustainable conservation of cultural properties environmental control is very important. There are many factors, which affect the deterioration of objects.

Generally a low temperature and moderate humidity surrounding objects is better, however the standard or regulation should be adjusted depending on the surrounding environment. Other factors like light intensity and chemical effects should be minimized and adjusted where possible.

For the sustainable protection of cultural properties, understanding of materials and their components, and the interaction between factors and environment as well as continuous observation is required to reduce impacts on these objects.

References

Movable Heritage Outreach Programme：UNESCO
http://www.unesco.org/new/en/culture/themes/museums/movable-heritage-outreach-programme/
Cultural Heritage Protection Handbook, Vol.5, Handling of Collections in Storage, UNESCO, 2010
IIC announces declaration on Environmental Guidelines, 2014
https://www.iiconservation.org/node/5168
Environmental Guidelines, ALC wiki
http://www.conservation-wiki.com/wiki/Environmental_Guidelines

تقييـم التأثيـرات البيئيـة

تقييـم التأثيرات البيئيـة

إعداد: توموكو أونو
تعريب: ناهد المرعي، ساري جمو
تصميم الغلاف: ساري جمو

تم طباعة هذا الكُتيِّب بتمويل من قِبل

وكالة الشؤون الثقافية في الحكومة اليابانية

٢٠١٨

صورة الغلاف: متحف جامعة موكوغاوا النسائية

الطباعة: شركة مايدا للطباعة المحدودة، اليابان

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة ولايجوز نسخ أي جزء من هذا الكُتيِّب
دون الحصول على إذن خطّي مُسبق

مركز أبحاث حضارة غرب آسيا
جامعة تسوكوبا
١-١-١ تينّوداي، تسوكوبا، إيباراكي
اليابان

تقديـــم

يُعتبر الحفاظ على الممتلكات الثقافية والقطع الأثرية بشكل مستدام وضمن ظروف مناسبة داخل المتاحف وأماكن التخزين من أصعب التحديات التي يواجهها المختصّين في هذا المجال. حيث يتوجب على المختص أو العامل في هذا المجال أولاً معرفة المواد الداخلة في القطع التي يتعامل معها، وكيفية تأثير الظروف المحيطة بها عند تغيّرها سواء بالشكل الإيجابي أو السلبي وذلك من خلال المراقبة المستمرة والحد من التأثيرات قدر الإمكان.

هنالك جملة من العوامل الخارجية والداخلية التي تساهم بشكل مباشر في تدهور حالة حفظ الممتلكات الثقافية والقطع الأثرية. من اهم العوامل الخارجية هي التأثيرات البيئية المتغيرة كالحرارة، والرطوبة النسبية، والضوء. أما العوامل الداخلية فتشمل أيضا درجة الحرارة الداخلية (داخل المتحف على سبيل المثال)، وشدّة الإضاءة الداخلية، ونوع الإضاءة المستخدمة، والحفاظ على درجة حرارة ورطوبة ثابتتين داخل خزائن العرض للحد من التأثيرات السلبية على القطع المعروضة.

وبالتالي يتوجّب على العاملين على عملية الحفظ إدراك الظروف البيئية المحيطة و المتغيّرة باستمرار ومراقبة هذه التغيرات وكيفية والتعامل معها، وبالتالي إتخاذ التدابير اللازمة للحد من العوامل التي تؤثر على حالة حفظ المواد والقطع.

ومن هنا، نضع بين يديك هذا الكُتيِّب المختصر للتعريف بعوامل التدهور المحيطة بالمباني الثقافية والقطع الأثرية، والتأثيرات المادية على القطع والحد منها. ويتم ذلك من خلال إتباع جملة من الخطوات والتوجيهات وتأمين الشروط البيئية المناسبة والتي توصي بها المؤسسات والمعاهد الدولية المختصة في مجال الحفظ ومراقبة العوامل البيئية.

ساري جمو

تقييم التأثيرات البيئية

جامعة موكوغاوا النسائية توموكو أونو

المحتوى

الرقابة البيئية للقطع من أجل الصيانة

◆ الرقابة البيئية للقطع من أجل الصيانة

يجب المحافظة على سلامة الممتلكات الثقافية لما تتمتع به من ميزات. ولهذا الغرض، من المهم جداً تجنب والحد من التأثيرات الناجمة عن العوامل التي تضر بخصائصها، مثل التأثيرات المادية الفيزيائية، والتأثيرات الكيميائية، والكوارث أو التخريب وما إلى ذلك. لذلك، لا بدّ من التعرّف على العوامل التي تؤدي إلى تدهور القطع الأثرية، والحالة البيئية المحيطة بها، ومن ثم الحد من هذه التأثيرات على القطع. وهنا، فالظروف البيئية المحيطة بالقطع كثيرة على نطاق واسع جدا وتشمل درجة الحرارة وحالة الرطوبة والإضاءة، ونوعية الهواء وما إلى ذلك، وسنرى في هذا الكُتيِّب، آلية التدهور المادي للقطع والتدابير الرامية للحد من هذه التأثيرات للحفاظ عليها.

في الآونة الأخيرة، أصبح الحفظ والصيانة شيء عام يهدف للسيطرة على البيئة المحيطة بالقطع للحد من تدهورها، لا لإصلاح القطع المتدهورة. ومن المهم جدا من أجل الصيانة والحفظ فهم العوامل البيئية وآليات التدهور من قبل العوامل.

◆ التدهور المادي للقطع

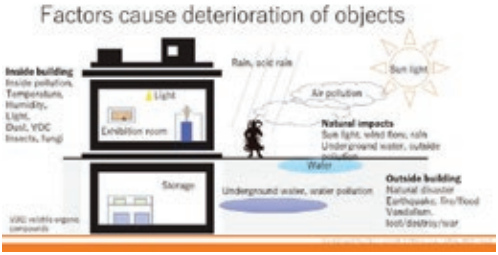
أي عوامل مادية، وبعبارة أخرى عوامل أشكال الطاقة، تسبب تدهور في القطع الأثرية. هناك العديد من التأثيرات مثل الحرارة، والضوء، والصوت أو الإجراءات الكيميائية والتي تعد من أشكال الطاقة المؤثرة على حالة المواد. وتؤدي التغيرات في الظروف المادية أيضاً إلى أضرار ثانوية تؤدي إلى تدهور القطع.

الهدف من الحفظ هو الحد من هذه الآثار أو الطاقة المؤثرة على القطع.

◆ العوامل المُسببة لتدهور القطع

يبين (الشكل ١) التأثيرات البيئية التي تسبب تدهور القطع. في حالة المؤثرات الخارجية، يُعتبر ضوء الشمس (أو طاقة الإشعاع الشمسي) أحد المؤثرات ذات الخطورة العالية على القطع. ضوء الشمس، وتدفق الرياح، والمطر، والمياه الجوفية أو التلوث الخارجي هي من المؤثرات الطبيعية على القطع والنّصب التذكارية المعروضة في الخارج.

هناك عوامل مؤثرة على القطع داخل المباني مثل التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة، والضوء، والغبار، أو المركبات العضوية المتطايرة، والآثار الكيميائية وما إلى هنالك. وبناءً على درجة الحرارة والرطوبة، فإن الحشرات أو الفطريات تؤدي إلى التلف الشديد في القطع.

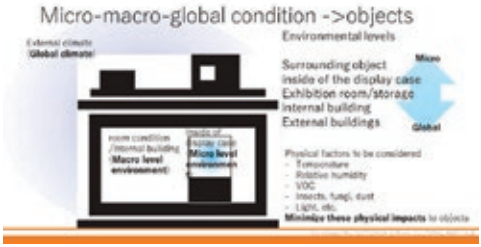


الشكل ١ عوامل التدهور المحيطة بالمباني والقطع

◆ **التأثيرات المادية على القطع**

إن التغيّر في درجة الحرارة والرطوبة، وشدّة الضوء، والغبار، والمركّبات العضوية المُتطايرة تصبح من المؤثرات المادية التي تتسبب بتدهور القطع. عموماً، هناك عدة بيئات، جزئية، كلية، عالمية، من مستويات حالات مختلفة موجودة في محيط القطع.

داخل خزائن العرض أو صناديق الحفظ والتخزين هو مستوى جزئي من الظروف البيئية المحيطة بالقطع. في حين أن حالة الغرفة وحالة المبنى داخليا هي المستوى الكلي للظروف المحيطة. والمناخ الخارجي خارج المبنى هو الظرف العالمي المحيط. هذه الظروف البيئية تجعل الحالة متداخلة. من أجل الحفاظ على الممتلكات الثقافية بشكل صحيح، من المهم أن نفهم درجة تأثير كل من هذه الظروف البيئية المحيطة، وأهمية السيطرة عليها بشكل مناسب في كل مستوى بيئي للحد من التأثيرات المادية على القطع.



الشكل ٢ المستويات الجزئية والكلية للتدهور

◆ **الحد من التأثيرات على القطع**

أولا، من المهم أيضا أن نفهم الشروط المثالية من خلال مراقبة الحالة البيئية في كل مستوى.

١. ما هي البيئة المرغوبة؟

تعتمد الظروف المرغوبة على المواد المُكونة للقطع والظروف التي كانت محيطة بها في الماضي.

٢. كيف نسيطر على الحالة البيئية؟

البيئة الخارجية حول العش تؤثر على البيئة الداخلية فيه. عموماً، للحد من المؤثرات الخارجية، ينبغي التقليل من العوامل التي تؤثر على التغيرات في درجة الحرارة والرطوبة المحيطة بالقطع، على سبيل المثال، نفاذ الحرارة أو الرطوبة من خلال الجدران، والإشعاع الشمسي من خلال النوافذ والهواء، والتهوية من الخارج.

التحكم في الحالة ميكانيكياً (على سبيل المثال تكييف الهواء) سهل لتوفير الشروط المحيطة المثالية. ولكن ذلك يُكلّف معدات أولية، والصيانة، ونظم النسخ الاحتياطي. وبالإضافة إلى ذلك، في وقت الطوارئ قد لا يعمل مكيف الهواء بشكل جيد، فتصبح الحالة أسوأ والسيطرة عليها أمر صعب. وهذا يتطلب الأخذ بالاعتبار النظام الذي لا يخضع لمراقبة ميكانيكية في تصميم غرف التخزين / غرف العرض في المباني.

مستوى السيطرة يعتمد على الوضع (التكلفة، والمواد المتاحة).

٣. مراقبة الحالة

إن مراقبة الحالة البيئية للقطع هو الأكثر أهمية. نظام المراقبة لتسجيل الحالة الساعيّة واليومية من شأنه أن يساعد في فهم التغيّرات البيئية.

عوامل المراقبة من الداخل: درجة الحرارة والرطوبة، الغبار، والحشرات، والفطريات وما إلى هنالك.

عوامل المراقبة الخارجية: خصائص الطقس؛ الجو الجاف، والرطب، ارتفاع وانخفاض درجة الحرارة، وسرعة الرياح، والتلوث الخارجي، والمطر، والمياه الجوفية وما إلى هنالك.

◆ **الشروط المرغوبة**

يتولى المعهد الدولي لصيانة الأعمال التاريخية والفنية، والمجلس الدولي للمتاحف (إكوم-سيسي)، أو الجهات الأخرى، تنظيم حالة العوامل البيئية. وهناك أيضاً معايير أو مبادئ توجيهية بيئية للبلدان. وتُطبّق هذه اللوائح في الحالة العامة، بيد أنه ينبغي تعديل الحالة المرغوبة تبعاً للظروف المحيطة (العالمية والكلية والجزئية)، أو تبعاً للظروف التي كانت القطع موجودة فيها في الماضي.

وتتوقف الظروف المرغوبة أيضاً على المواد المكونة. في حالة الحفظ أو الحماية، ينبغي أخذ الاعتبار بتقليل التأثيرات على القطع إلى أدنى حد. وبالإضافة إلى ذلك أيضاً، يجب الحد من التغييرات في درجة الحرارة أو الرطوبة على القطع. عموماً، درجة الحرارة المنخفضة أفضل.

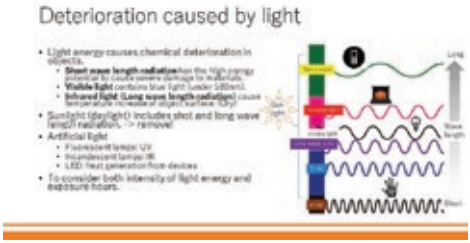
١. مستوى الضوء المرغوب فيه

تسبب الطاقة الضوئية تدهور المواد الكيميائية للقطع. وينقسم الضوء اعتماداً على طول الموجة. نطاق الضوء المرئي هو ما يتراوح طول موجته من ٣٨٠ إلى ٧٨٠ نانومتر. الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء تحت ٣٨٠ نانومتر وأكثر من ٧٨٠ نانومتر من الطول الموجي على التوالي.

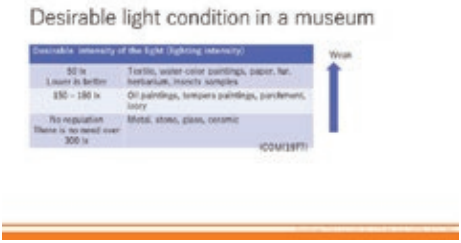
وبصفة عامة، لأن الإشعاع الموجي قصير الطول له طاقة عالية تسبب تلفاً شديداً للقطع، فينبغي إزالة إشعاع الموجة القصيرة، مثل الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية قدر الإمكان. وعلى الرغم من أن الضوء المرئي هو ضروري لمراقبة القطع، إلّا إنه يشمل الأشعة القصيرة الطول مثل الضوء الأزرق تحت ٥٨٠ نانومتر مما يُلحق الضرر بالقطع.

وعندما يُسلط الإشعاع الموجي الطويل (ضوء الأشعة تحت الحمراء: IR) على سطح القطع، تزداد درجة حرارة السطح فتزداد بذلك سرعة الجفاف، لذلك ينبغي إزالة هذه الأشعة من الضوء. كما أن أشعة الشمس (ضوء النهار) تشمل موجات

قصيرة إلى طويلة وهذا أيضاً يتسبب في زيادة درجة حرارة سطح القطعة.
ويبين (الشكل ٤) حالة الضوء المرغوبة في المتاحف. عموماً، المواد العضوية واللوحات المائية الخ ضعيفة تجاه الإضاءة لذلك ينبغي أن تكون شدّة الضوء منخفضة. بينما، المعادن، الحجر، والزجاج ليست ضعيفة، لذلك يُسمح بضوء ذو كثافة عالية.
وتسبب الطاقة الضوئية تدهوراً كيميائياً للمواد. فمستوى الأضرار يعتمد على طول موجة الضوء. لأن ضوء الشمس (ضوء النهار) يحتوي على موجات قصيرة وطويلة ينبغي إزالتها.
قد تضر بعض الأضواء المصطنعة أيضاً بالقطع. وتشمل هذه مصابيح الفلورسنت التي تتضمن أشعة فوق البنفسجية والمصابيح الوهّاجة التي تشمل نطاقات من ضوء الأشعة تحت الحمراء. فانبعاث الطاقة من قبل الصمام (الصمام الثنائي الباعث للضوء) في أضواء ليد (LED) منخفضة نسبياً، ولكن مصابيح ليد تولد الحرارة فتزيد من درجة الحرارة المحيطة.
عند اختيار قائمة الأجهزة، ينبغي النظر في كل من كثافة الطاقة الخفيفة وساعات التعريض لها للتقليل من مستوى الضوء.



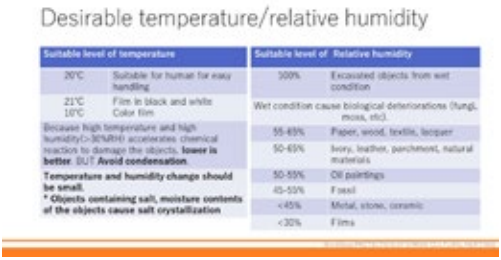
الشكل ٣ التدهور الناجم عن الضوء



الشكل ٤ حالة الضوء المرغوب فيها

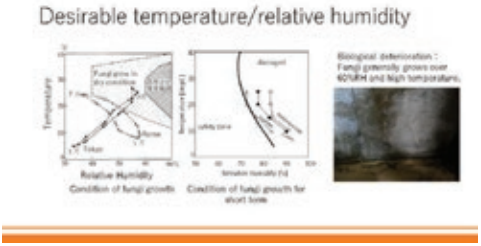
٢. درجة الحرارة المرغوب فيها والرطوبة النسبية

يبين (الشكل ٥) مثال لدرجة الحرارة والرطوبة المرغوب فيهما. هذه الأمثلة هي الظروف المثالية في المرافق التي يتم التحكم بها بشكل جيد. على سبيل المثال، عندما يتم التعامل مع القطع في الداخل، يوصى بأن يكون مستوى الحرارة حوالي ٢٠ درجة مئوية لتجنب التغيير الجذري في درجة الحرارة بين القطع المحفوظة أو المخزّنة في صناديق عرض والقطع التي في الهواء الطلق. ويتم تعديل هذه الحرارة إلى بيئة مريحة للإنسان. بينما تحتاج الأفلام أن تبقى في درجة حرارة منخفضة.
وينبغي النظر في مستوى مناسب من حالة درجة الحرارة تبعاً للحالة المحيطة بالقطع ومناخها. ففي المناخ الجاف، قد تكون الحالة الجافّة نسبياً أفضل من الرطوبة العالية لتجنّب التغيّر السريع. وذلك لأنه عندما يتم نقل القطع من حالة الرطوبة المعتدلة (على سبيل المثال ٦٠٪) إلى حالة أكثر جفافاً (على سبيل المثال ٣٠٪)، تتبخر الرطوبة الموجودة داخل القطع. على سبيل المثال، عندما تتغيّر ظروف الرطوبة في المواد المسامية (السهلة المعرّضة للجفاف)، مثل تيرا كوتا (الطين) أو الورق أو النسيج، تؤدي إلى تلف هذه المواد.



الشكل ٥ درجة الحرارة والرطوبة المرغوب فيهما

ويبين (الشكل ٦) مثال لدرجة الحرارة والرطوبة المرغوب فيهما. في حالة الرطوبة العالية تتشكل بيئة لنمو الفطريات حتى لو كانت درجة الحرارة معتدلة، لذلك لا ينبغي أن تكون الرطوبة النسبية عموماً مرتفعة. في الصورة اليمنى في (الشكل ٦) يظهر الطابق السفلي دون اتخاذ تدابير الوقاية من الرطوبة، وهذا يسبب حالة تعفن ونمو الفطريات على جدار الطابق السفلي هناك، بسبب الرطوبة التي تترشح من خلال جدران الطابق السفلي. ففي فترات الحرارة والرطوبة العالية إذا تغلغل هواء ذو رطوبة عالية من الخارج إلى داخل هياكل المباني ذات القدرة الكبيرة على اختزان الحرارة مثل الخرسانة الاسمنتية، سيتسبب هذا في حدوث تكثيف للرطوبة على السطح، مما يؤدي إلى بيئة عالية الرطوبة في بعض الحالات.



الشكل ٦ درجة الحرارة المرغوبة والرطوبة النسبية في حالة ما

التدهور الناجم عن تغير درجة الحرارة / الرطوبة

مثال على حالة تغيّر درجات الحرارة والرطوبة

يبين (الشكل ٧) التدهور الناجم عن تغيّر درجة الحرارة / الرطوبة في القطع. الصور (يسار:" البلاط" كحالة) و (الأوسط: الجانب الخلفي من البلاط) في (الشكل ٧) يظهر البلاط في غرفة غير مُكيّفة. الجانب الخلفي من البلاط قد تكون قابلة للتفتيت وفي حالة ضعيفة قليلاً.

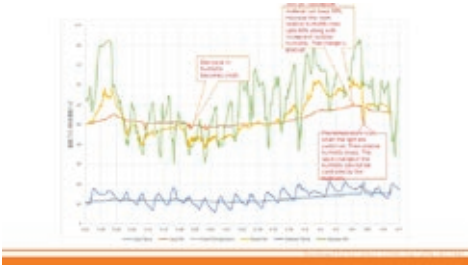
ويبين (الشكل ٨) التغيرات في درجة حرارة الهواء والرطوبة في غرفة عرض البلاط وداخل خزانة العرض. تنخفض رطوبة الهواء النسبية في الغرفة وخزانة العرض بعد تغيّر الرطوبة الخارجية. التغيّرات السريعة للرطوبة تحدث عندما ترتفع درجة الحرارة في خزانة العرض أثناء الإنارة.

عندما تنخفض رطوبة الهواء النسبية، تتبخر الرطوبة من سطح البلاط. وعندما تنخفض الرطوبة الداخلية للبلاط في حالة

الغرفة الجافّة، تضعف القوى الترابطية للتربة، فيتفسخ البلاط. ويبين (الشكل ٩) درجة الحرارة والرطوبة في غرفة العرض للبلاط وخزانة العرض بعد التحسن. قمنا بتثبيت "أرتسورب"، التي تتحكم في مستوى رطوبة الهواء عن طريق امتصاص الرطوبة وذلك للسيطرة على الرطوبة النسبية للهواء في خزانة العرض. بعد هذا التدبير، أصبح تغيّر الرطوبة داخل خزانة العرض الحاصل جرّاء تغيّر الرطوبة الخارجية صغيراً ضمن ٥٠-إلى ٦٠٪. ومع ذلك، عندما ترتفع درجة الحرارة سريعاً داخل خزانة العرض بضع درجات من خلال الإنارة، تنخفض الرطوبة النسبية إلى ١٠ نقاط. وهنا فالـ "أرتسورب" لا يمكنه التّحكم بتغيّر الرطوبة التي تحصل بسبب تغيّر درجة الحرارة السريع.

الصورة اليمنى في (الشكل ٧) تظهر تبلور الملح على سطح حجر العضادة الخارجية. وهناك أنبوب تصريف على الجانب الخلفي للعضادة وكانت عليها تشقّقات. ولأن حجر الطَّفَّة (حجر بركاني) نفسه يحتوي على بعض الملح في الأصل. وبالتالي فإن مزيج من الرطوبة المتغلغلة من الناحية الخلفية للحجر مع الهواء الخارجي الجاف في فصل الشتاء يؤدي إلى التبلور الذي يُحدث تقشّر الحجر.

الشكل ٧ تقشّر البلاط وتبلور ملح الحجارة



الشكل ٨ تغيّر درجة الحرارة والرطوبة في غرفة العرض والخزانة

الشكل ٩ درجة الحرارة والرطوبة النسبية بعد التحسين

◆ **السيطرة على البيئة المحيطة ومراقبة الحالة**

١. تكييف الهواء للحفظ

التحكم الميكانيكي سهل لجعل الحالة مناسبة. ولكنه يحتاج إلى مرافق ميكانيكية للحفاظ عليه، إلى جانب التكاليف في البداية والتشغيل، ونظم النسخ الاحتياطي لحالات الطوارئ. وبالإضافة إلى ذلك، يجب أن نقرر مستوى السيطرة اعتماداً على البيئة

المحيطة. وسواء في حالات التحكم الهوائي أو حالة الهواء الطبيعي، يجب رصد درجة الحرارة / الرطوبة وحالة المواد فذلك مهم جداً للحفاظ على حالة مناسبة.

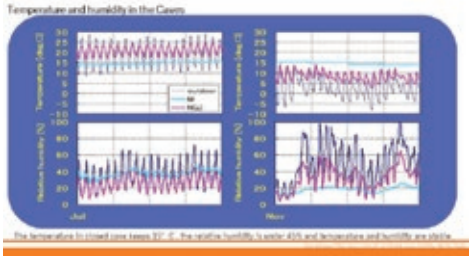
٢. مراقبة درجة الحرارة والرطوبة

يبين (الشكل ١٠) الرصد في موقع باميان في أفغانستان بعد أعمال الحفظ. يتم قياس درجة حرارة ورطوبة الهواء ورطوبة المحتويات داخل جدران الكهوف حيث بقايا اللوحات الجدارية، فضلاً عن مراقبة حالة المناخ.

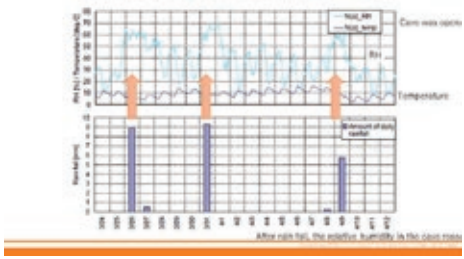
يبين (الشكل ١١) درجة الحرارة / الرطوبة في الكهف Na (المفتوح إلى الخارج) والكهف M (المغلق) في شهري تموز وتشرين الثاني. التغيّرات في درجة الحرارة / الرطوبة في الكهف M أصغر منها في الكهف Na. ويمكن القول بأن الحفاظ على تبادل الهواء بين الداخل والخارج هو إجراء فعال للحفاظ على اللوحات الجدارية.

ويبين (الشكل ١٠) درجة الحرارة والرطوبة النسبية في الكهف Na المفتوح إلى الخارج حيث هطول الأمطار في وادي باميان. يمكننا أن نفهم من النتائج أنه حتى لو كان هطول المطر قليل جداً في موقع باميان فإن الرطوبة النسبية ترتفع على نطاق واسع بسبب ارتفاع الرطوبة في الخارج بعد المطر.

الشكل ١٠ الرصد في موقع باميان



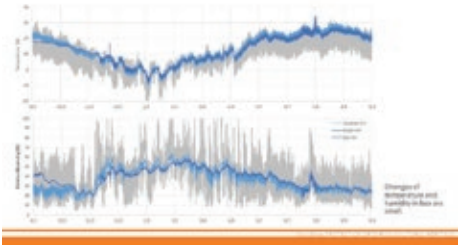
الشكل ١١ درجة الحرارة والرطوبة النسبية في الكهوف في موقع باميان



الشكل ١٢ درجة الحرارة والرطوبة في الهواء الطلق في موقع باميان

ويبين (الشكل ١٣) صندوق يحتوي أجزاء من لوحات جدارية ومعدات رصد ومراقبة درجة الحرارة والرطوبة. ويصبح التغيّر في درجة الحرارة والرطوبة صغيراً مقارنة بالأجزاء في خارج الصناديق المُبينة في (الشكل ١٤).

الشكل ١٣ مقياس الحرارة الهيدروجيني لشظايا اللوحات الجدارية المحفوظة



الشكل ١٤ درجة الحرارة والرطوبة النسبية أثناء الحفظ

٣. مراقبة الحالة البيئية

أجرينا فحص بيئي في المتحف. حيث تتلقى القطعة في خزانة العرض ضوء الشمس، لذلك سُجلت زيادات درجات الحرارة في نتائج الرصد. حيث يسبب هذا الوضع حالة جفاف في خزانة العرض والإضرار بالمواد الطبيعية. لذلك نوصي بتحريك خزانة العرض إلى مكان ظليل. وبالتالي، من المهم مراقبة البيئات المحيطة وفهم آثار العوامل البيئة على القطع المعروضة.

الشكل ١٥ الرصد في المتحف الوطني في طاجكستان

◆ **خاتمة للحفظ المستدام**

الرقابة البيئية مهمّة جداً من أجل الحفاظ المستدام على الممتلكات الثقافية، فهناك العديد من العوامل التي تسبّب تدهور القطع الأثرية. عموماً، درجة الحرارة المنخفضة والرطوبة المعتدلة أفضل بالنسبة للقطع، ولكن يجب القيام بتعديل متنظم أو معياري اعتماداً على البيئة المحيطة بالممتلكات الثقافية. وينبغي تقليل عوامل أخرى مثل شدة الضوء، والتأثيرات الكيميائية، وما إلى ذلك من عوامل في نطاق التعامل البشري.

فهم مواد القطع ومكوناتها، ومعرفة كيفية تأثير العوامل المحيطة، والمراقبة المستمرة للقطع مطلوبة للحد من تأثّر القطع، ولأجل الحماية المستدامة للممتلكات الثقافية.

المراجع

برنامج التوعية للتراث المنقول: اليونسكو
http://www.unesco.org/new/en/culture/themes/museums/movable-heritage-outreach-programme/
دليل حماية التراث الثقافي، المجلد 5، دليل المقتنيات في الحفظ والتخزين، اليونسكو، 2010

إعلانات المركز الدولي للحفظ عن المبادئ التوجيهية البيئية، 2014
https://www.iiconservation.org/node/5168

المبادئ التوجيهية البيئية، ألس ويكي
http://www.conservation-wiki.com/wiki/Environmental_Guidelines

كُتيِّبات في حماية التراث الثقافي السوري، المجلد ٢

تقييم التأثيرات البيئية

إعداد: توموكو أونو

وكالة الشؤون الثقافية
في الحكومة اليابانية

جامعة تسوكوبا

مركز أبحاث حضارة غرب آسيا