

論文

地球環境の保全と博物館

Global Environment Conservation and Museums

和田 浩

Hiroshi WADA

Key words: Global Environment, Global Warming, Energy, Carbon Dioxide, Museum

This paper discusses the critical role of museums in preserving and exhibiting cultural heritage while addressing the significant challenge of environmental conservation. It highlights the energy-intensive nature of museum operations, particularly in maintaining controlled environments essential for artifact preservation. The paper explores the international frameworks and agreements, such as the UNFCCC and the Paris Agreement, that guide global efforts to combat climate change and reduce greenhouse gas emissions.

Furthermore, it examines the specific energy challenges museums face, including the need to balance artifact preservation with sustainability. The paper discusses recent trends in museum energy management, including the adoption of guidelines and best practices for sustainable museum operations. Examples include the implementation of LED lighting systems and the use of renewable energy sources in museum facilities.

This paper also addresses the potential for utilizing existing historical buildings as sustainable museum spaces and the importance of re-evaluating environmental conditions to improve energy efficiency. Finally, the paper concludes with a discussion on the future of museum operations in the context of global climate challenges, emphasizing the need for innovative solutions that balance the preservation of cultural heritage with the urgent need for environmental conservation.

はじめに

博物館は、文化財の保存と展示を通じて文化を伝える重要な役割を果たしている点については、おそらく万国共通で異論のないところであろう。一方で、重要な役割を担っているからといって、地球環境へ膨大な負荷を与えてもよいことにはならない。博物館の運営活動によっては大量のエネルギー消費を伴うものとなることも考慮すべき課題である。特に、文化財の保存には温度や湿度といった環境の制御が必須事項である。例えば、環境制御のために大型の空調機器が稼働し、空調機器が稼働することによって多くのエネルギーが消費する。そこで消費されるエネルギー源が二酸化炭素等の温室効果ガスを大量放出する類のものであれば、結果的に博物館活動が地球の温暖化を引き起こす原因となってしまう。具体的には、一般的な文化財の保存環境条件で求められるのは、相対湿度 50 から 60%、温度 20 から 25° C という

範囲での厳密な管理である。この条件を維持する過程においては、当然ながら外気の気象条件が大きく影響することになる。例えば、本稿執筆時の 2024 年の夏季のように、人体に悪影響を及ぼすほどの高い気温が連続するような時期でも、博物館全体を絶え間なく冷房しなければならない。外気温が高いほど、冷房に費やすエネルギー量は大きくなる。エネルギー消費量が大きくなるということは電力消費量が大きいということであり、その電力が何によって生み出されたものであるのかが問題になる。化石燃料をもちいた発電による電力であれば、消費した分だけ温室効果を有する二酸化炭素が大気中に放出されてしまう。その結果、より温暖化が促進されて、さらに冷房運転を稼働し続けねばならない。人為的な活動が原因で地球規模での気候変動が起きている今、社会を構成する一員として博物館がどのように地球環境保全と文化財保存を両立させられるのかが迫られている。

1 博物館とエネルギー問題

1-1 国際的な枠組み

まずは、地球環境の保全に関する国際的な枠組みを理解しておく必要がある。地球環境に関する国際会議の一つに、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）締約国会議（COP）がある。この条約は、1992年に国連総会で採択され、リオ・デ・ジャネイロで開催された国連環境開発会議（UNCED）で署名されたものである。1994年3月に発効し、主な目的は大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることであり、そのための具体的な措置や原則を定めている。条約の主な内容は、温室効果ガスの排出抑制と、開発途上国への配慮を含む環境保全対策である^{1) 2)}。

COPは、毎年開催されるUNFCCCの正式な会合である。1995年にドイツのベルリンで最初の会議（COP1）が開催されて以来、多くの重要な会議が行われてきた。例えば、1997年のCOP3では先進国及び市場経済移行国の温室効果ガス排出の削減目的が定められた京都議定書が採択されている。2009年のCOP15では地球の気温の上昇を2℃以内に抑えること、先進国は2020年までに削減すべき目標、途上国は削減のための行動をそれぞれ決めて、2010年1月末までに提出することを定めたコペンハーゲン合意が成立した。毎年のCOPでは、世界中の国々が集まり、気候変動への対応策を協議し、合意に達することを目的としている。気候変動に関する国際的な対応を進めるための重要な位置付けとなっている。

特に2015年のCOP21は、その成果であるパリ協定の採択によって大きな注目を集めたものとなった。同協定は2016年11月4日に発効したものであり、地球温暖化の主要な原因である温室効果ガスの排出削減を目指す初めての普遍的な国際協定である。

1-2 パリ協定の中身

上述したパリ協定では、全ての国が気候変動に対処するための国別目標を設定することを義務付けている。これにより先進国だけでなく開発途上国も排出削減に貢献することになった。また、地球の平均気温上昇を産業革命前の水準から2℃以下、できれば1.5℃以下に抑えることを目指すという非常に野心的な目標が設定された。産業革命前の水準とは、人間活動が気候に大きな影響を与える前の、地球の平均気温を指している。一般的に、これは19世紀中頃、特に1750年頃の気候条件を基準と

しているものである。産業革命以降、化石燃料の大量使用と森林伐採が進み、これが温室効果ガスの大量排出につながり、地球温暖化を引き起こしていることが背景として存在する。パリ協定におけるこの基準の使用は、人間活動による気候変動の影響を評価したもので、目標設定のための基準点として重要な意味を持つ。そのため、COP21は国際的な気候変動対策において重要な転換点となった。

ここで、注意したいのは、上述したいわゆる「2℃目標」「1.5℃目標」というのは、現時点から2℃あるいは、1.5℃以下に抑える（あるいは、抑えねばならない）という意味ではない点である。2018年10月8日に発表された、IPCC（後述）による、パリ協定の「1.5℃目標」に関する特別報告書では、世界平均気温は、産業革命前の水準から既に1.0℃上昇しているとの推定が報告されている³⁾。つまり、パリ協定の実現のための猶予は目標値から1℃を差し引いた、「1℃」、「0.5℃」しかないのである。

1-3 IPCC

上述したUNFCCCといった枠組みによって、各国政府が実施する気候変動に関する政策に対しては、科学的な根拠を伴う基礎的な情報が当然ながら必要となる。その役割を果たすのが、気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）である。IPCCは、1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）によって設立された政府間組織であり、2022年3月時点における参加国と地域は195となっている。IPCCは、総会と3つの作業部会（WG：Working Group）及び国別温室効果ガス排出および吸収量の算定/報告手法の開発・改良および普及を行うインベントリー・タスクフォース（TFI：Task Force on National Greenhouse Gas Inventories）により構成されている。IPCCには、世界各国の政府を通じて推薦された科学者が協力して、科学誌などに掲載された論文などの文献に基づいた定期的な報告書を作成し、公表を行っており、5～6年ごとにその間の気候変動に関する科学研究から得られた最新の知見を評価し、評価報告書（AR：Assessment Report）にまとめて公表している。1990年に第1次報告書が公表され、最新のものは第6次報告書（AR6）となる⁴⁾。2021年8月に公表されたAR6において、気候システム及び気候変動の自然科学的根拠についての評価を担当する第一作業部会（WG1）は、気候変動の原因について、「人間の影響が大気、海洋及び陸

域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。」と報告している⁵⁾。また、気候変動に対する社会経済及び自然システムの脆弱性、気候変動がもたらす好影響・悪影響、並びに気候変動への適応のオプションについての評価を担当する第二作業部会（WG2）は、観測された影響について、「人為起源の気候変動は、極端現象の頻度と強度の増加を伴い、自然と人間に対して、広範囲にわたる悪影響と、それに関連した損失と損害を、自然の気候変動の範囲を超えて引き起こしている。」と、2022年2月に公表されたAR6において報告している⁶⁾。

さらに、2022年4月には気候変動の緩和策について担当する、第3作業部会報告書（WG3）がAR6を公表し、同報告書では、「COP26より前に発表された国が決定する貢献（NDCs）の実施に関連する2030年の世界全体の温室効果ガス排出量では、21世紀中に温暖化が1.5℃を超える可能性が高い見込みである」ことや、「オーバーシュートしない又は限られたオーバーシュートを伴って温暖化を1.5℃に抑える経路や2℃に抑える経路では、世界の温室効果ガスの排出量は、2020年から遅くとも2025年以前にピークに達すると予測される」ことなどが記載されている⁷⁾。

もはや、対策をやるかやらないかではなく、一刻も早く対策せねばならないというフェーズに突入していることが明確である。

1-4 日本の対応とNDC

さて、日本のパリ協定への対応は、温室効果ガス排出量の削減、再生可能エネルギーの利用拡大、エネルギー効率の改善などを含む複数の施策に基づいている。日本政府は、2030年までに2013年比で46%の温室効果ガス排出削減を目標としており、2050年までには温室効果ガスの実質ゼロ排出を目指している。これらの目標を達成するため、再生可能エネルギーの導入拡大やエネルギー効率の高い技術の開発と普及が進められている。また、国際的には、技術協力や開発途上国への支援を通じて、グローバルな気候変動対策に貢献している。なお、実質ゼロ排出とは、排出量をゼロにすることではなく、あらゆる対策を施して、排出量を削減し、その結果排出される量を何らかの方法で吸収等（例えば森林による吸収効果の利用）した結果、プラスマイナスでゼロの排出量を実現するという意味である。

日本の地球温暖化対策計画は、地球温暖化対策推進法に基づき、3年ごとの見直し時期を迎える。2024年8月現在の同計画は、2021年10月に閣議決定（2030年まで

に2013年比で46%の温室効果ガス排出削減を目標としたもの）されたものであり、本稿執筆時の2024年はその見直し時期に該当する。また、パリ協定では、上述した「国が決定する貢献（NDCs: Nationally Determined Contributions）」について、5年毎に提出・更新する義務がある。これについては、日本のNDCを2025年2月までに次期の2035年目標を提出することが求められている。2024年は日本にとっても地球温暖化対策の節目の年度であると言える。

1-5 博物館分野の動き

このように近年、気候変動への意識の高まりとエネルギー効率の重視が進む中、多くの博物館がエネルギー問題に取り組み始めている。博物館資料の保存についての2つの大きな国際会議である、国際文化財保存会議

（IIC: The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works）と国際博物館会議保存分科会（ICOM-CC）が共同でこの問題に取り組んでいる。2014年9月に香港で開催されたIIC会議と、同じく2014年9月にメルボルンで開催されたICOM-CC会議において、代表団は議論を重ね、環境ガイドラインに関して共同宣言に合意した。共同宣言では、IICとICOM-CCは、博物館と収集機関のための持続可能性と環境管理に焦点を当てたガイドラインを提示した⁸⁾。

ガイドラインの概略は、二酸化炭素排出量を削減し、再生可能なエネルギー源を探索し、収蔵品の管理に低消費エネルギーの解決策を採用すること。博物館資料に要求される環境条件を地域の気候の中で達成可能なものにする。異なる気候条件に対応するため、貸出環境条件に柔軟性を持たせること。既存のガイドラインを、特に国際的な貸出展示のための標準ガイドラインとすることの推奨。といったものである。ここで言及している既存のガイドラインとは、AIC、AICCM（Australian Institute for the Conservation of Cultural Material）等によるものが事例として挙げられている。

AIC暫定ガイドラインでは、大半の文化財については、温度範囲59～77F（15～25℃）、相対湿度45～55%、許容変動±5%、年間総湿度範囲最小40%～最大60%を許容範囲としている。その上で、変動を最小限に抑えること。文化財の中には、保存のために異なる環境条件を必要とするものがあること。すべての文化財の貸出条件は、保存の専門家と相談の上決定されるべきであることという追記がある。

AICCM暫定ガイドラインでは、一般的なコレクション

ン資料の許容可能な保管および展示条件に関する暫定的な温度および相対湿度として、温度範囲 15～25℃、許容変動 24 時間あたり±4℃、相対湿度 45～55%、許容変動 24 時間あたり±5%とし、保管・陳列環境において季節変動がある場合、相対湿度の変動は 40%～60%までの広い範囲で管理するとしている。その上で、文化財の保存に必要な温度と相対湿度のパラメーターは、その材質、構造、状態によって異なるが、ほとんどの文化財は上記のパラメーター内で安定した状態を維持することが一般的に許容されるとの追記がある。

以上のように、対外的な資料の貸借においては既存の環境基準を尊重しつつ、自館の環境基準に関しては、気候変動、立地条件等の諸要素を勘案した上で、持続可能性のある環境条件を設定し、管理していくという方向性が博物館環境に関する現在の考え方である。

一方、地球に負荷を与えず、適切な資料保存環境を維持するためには建物自体の性能や運用方法の重要な要素となる。例えば、建築物やコミュニティの設計、建設、運用、メンテナンスにおける持続可能性を評価するための国際的な基準として、LEED 認証（Leadership in Energy and Environmental Design）が存在する⁹⁾。米国グリーン建築協議会（USGBC）によって開発されたこのシステムは、世界中で採用されている。LEED 認証の主な目的は、環境に優しい建築を奨励し、より健康で生産的な働きやすい空間を作ることである。LEED 認証を受けるためには、自然環境への影響の最小化、水資源の保全と効率的な利用の実現、エネルギー効率の高い設計と再生可能エネルギーの利用、持続可能な材料の選択と廃棄物の最小化、空気質の向上、自然光の利用、快適な室内環境の提供、持続可能な建築設計や運用に関する革新的なアプローチ、といった項目を満たす必要がある。LEED 認証は複数のレベル（認証、シルバー、ゴールド、プラチナ）に分かれており、達成した持続可能性の基準に応じてレベルが決定されるものである。LEED 認証を受けると、環境への配慮だけでなく、運用コストの削減や資産価値の向上などの経済的な利益も期待できるという意味を持つことになる。例えば、スミソニアン国立アメリカインディアン博物館（アメリカ）は、2011 年に LEED シルバー認証を取得した¹⁰⁾。

2 今後の展開

2-1 既存施設の活用との両立

博物館における資料保存は、持続可能性と直面する重要な課題である。一方で、資料を保護し、長期にわたっ

て保存することが求められ、これを実現するための環境制御には大量のエネルギーが必要となることがある。気候変動への対応とエネルギー効率の向上は、資料保存における伝統的な方法に変革を迫っている。

このような課題に対して、ゼロから新しい博物館を建設することで、持続可能性の目標を達成するというプロセスは資金力の課題さえ解決できれば比較的最短距離で実現可能な解決方法である。しかし、博物館自体が歴史的建造物の場合、これが常に可能とは限らず、様々な角度から建物や設備と向き合う必要がある。200 年以上の歴史を有するスペインのプラド美術館の事例では、2015 年に Iberdrola 財団と協力し、より持続可能な新しい LED 照明システムを導入した。その結果、年間 75% のエネルギーが節約され、CO2 排出量も年間 320 トン削減されたことが報告されている¹¹⁾。

オンラインプラットフォームとして存在する HiBERATLAS（Historic Building Energy Retrofit ATLAS）は、博物館を含む世界中の歴史的・伝統的建造物の持続可能な改修における優良事例をまとめたものである¹²⁾。再生可能エネルギー専門家と国際的なパートナーとの協力のもとに開発されたこのプラットフォームでは、歴史的建造物とその歴史的・美的特徴を維持しながら、太陽光発電やバイオマスなどの再生可能エネルギーソリューションをどのように統合しているかを紹介しているサイトである。

今後、日本国内においても次々に既存の博物館建築が歴史的価値を有するようになり、歴史的建造物の利用、環境保全、エネルギー問題の両立化が課題となることは間違いない。また、全て取り壊して新築することは非常に膨大な資源の消費に直結するため、こうした先事例を参考にしながら今後も既存施設の運用に関して工夫を惜しまないことが一層求められる。

2-2 環境条件の見直し

相対湿度や温度の範囲を少し緩和するだけで、大幅なエネルギー効率の改善が期待できるが、これは環境条件の見直しを必要とする。現代の博物館は、資料の適切な保存と持続可能な運営のバランスを見つけなければならない。これには、伝統的な保存方法の再評価、新しい技術の採用、そして地球環境への影響を最小限に抑えるための創造的な解決策の模索が含まれる。この点についての国際的な動向は 1-2 で示した通りである。一方、日本国内では公的機関が提示している環境の目安としては、文化庁が出した「国宝・重要文化財の公開に関する

取扱要項」に記載されている。そこでは、温度は摂氏22度±1度（公開を行う博物館その他の施設が所在する地域の夏期及び冬期の平均外気温の変化に応じ、季節によって緩やかな温度の変動はあっても良い）、相対湿度は55パーセント±5パーセント（年間を通じて一定に維持すること。）を目安とすること。ただし、金属製品の相対湿度は50パーセント以下を、近代の洋紙を利用した文書・典籍類、図面類、写真類などの相対湿度は50パーセントから55パーセント程度を目安とすることが明記されている。すなわち温度に関しては、緩やかな季節変動は許容できるものとそもそも謳われている¹

³⁾。重要な点は、環境条件を見直すことが激しい変動を許容すると誤解しないことである。環境条件の緩和とはあくまでも年間を通した緩やかな季節変動を許容することである。日単位、週単位といった短期間の環境に激しい変動の発生を許容することではない。日々の温湿度は安定した状態を保ち、外気の気象条件に合わせて、その時々におけるエネルギー効率という観点から見たより良い環境条件を目指すということである。

2-3 再生可能エネルギー利用の可能性

博物館施設で再生可能エネルギーを効果的に活用している事例を紹介する。日本国内では、三重県総合博物館が環境に優しい博物館を目指して、地中熱ヒートポンプシステムを空調システムに利用し、省エネルギー化を図っている¹⁴⁾。同博物館の建物は、エネルギー消費を抑えるために、断熱性能の向上や自然光の活用を考慮した設計がされており、これにより、照明や空調の使用を最小限に抑えることができる。さらに、太陽光発電システムを導入しており、博物館の一部のエネルギーを複数の再生可能エネルギーで賄っている博物館施設である。

海外の事例は、末森による報告¹⁵⁾に詳しく掲載されている。デンマークやオランダに低エネルギーを実現した持続性の高い収蔵施設が竣工しており、さらに、それらは複数の博物館施設が共有（シェアリング）しているものであるという。なお、建物の外壁と天井の断熱性を高め、床面には断熱層を設けず、地中熱を利用する構造を有する新しい収蔵施設の構想は「デンマークモデル」と称されている。

これらの施設は、再生可能エネルギー源の活用と、環境に配慮した運営を行いながら、博物館資料の保存を実践している。再生可能エネルギーの利用は、博物館が持続可能性に対する取り組みを示す重要な手段ともなっている。

おわりに

日本国内では2021年初頭から電力供給が逼迫する状況に陥り、2021年3月には、原油を含む原材料価格が上昇し、2022年に入ってから、エネルギー価格の高騰がさらに進んだ影響が博物館の運営に大きな打撃を与えることになった。持続可能性のある博物館運営の実現は目前に出現した巨大な危機を打開するためにも必要な研究課題となっている。

引用文献

- 1) <https://www.env.go.jp/earth/cop3/kaigi/jouyaku.html>
- 2) <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- 3) <https://www.env.go.jp/content/900512329.pdf>
- 4) <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>
- 5) https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/Basics_of_the_IPCC_AR6_WG1_Report.pdf
- 6) https://www.jma.go.jp/jma/press/2202/28c/ipcc_ar6_wg2_a.pdf
- 7) https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r04/pdf/1_1.pdf
- 8) <https://www.iiconservation.org/archives/about/policy-statements/environmental-guidelines>
- 9) <https://www.usgbc.org/>
- 10) <https://www.usgbc.org/projects/national-museum-american-indian-0>
- 11) <https://bloolooop.com/museum/in-depth/sustainable-museums/>
- 12) <https://www.hiberatlas.com/de/willkommen-bei-uns-1.html>
- 13) <https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/hokoku/1401204.html>
- 14) <https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/common/images/60.pdf>
- 15) 末森薫, 地中熱を利用した博物館収蔵施設の動向 : 「デンマークモデル」の収蔵施設の特徴と環境評価, 国立民族学博物館調査報告, 155, pp.311-342, 2022 <https://doi.org/10.15021/00009991>