

NIKKA ethical museum

－体験型ミュージアムによる新たな空間的価値の研究－

日大生産工(院) ○原田 恵輔

日大生産工 篠崎 健一

1. 研究背景

1.1. 体験型ミュージアムの現状

現在、体験型ミュージアムは、XR技術^{*1}・来館者の動線分析やトラッキング技術など、多様なデジタル技術が用いられ、数多くの体験型展示が展開されている。一方で、展示空間を内包する建物自体は、展示を実現させる為の機能を有した箱として設計され、建築のファザードやストラクチャからなるフィジカルな建築空間の魅力には重きを置いていないように見える（Fig.1）。こうした状況に対して、建築のフィジカルな空間と展示のデジタルな空間が相乗効果を生む、新しい空間的価値の可能性を探ることは、これからの体験型ミュージアムの設計において重要な要素であるといえる。¹⁾



Fig.1 例：チームラボプラネッツ
TOKYO DMM

1.2. 資源枯渇と廃棄物処理の課題

現代社会において、地球規模での資源枯渇や環境負荷の増大は深刻な課題となっている。特に建設業界は、資源の大量採取と素材製造、建設・運搬・施工工程などでのエネルギー消費

を背景に、産業界における温室効果ガス排出の一角を担う部門と位置づけられている。政府資料によれば、建設資材やサプライチェーンを含む建設関連プロセス全体で、日本の総CO₂排出量の約1割強を占めるとされている²⁾。解体・改修時に発生する建設廃棄物（廃コンクリート、コンクリート塊、金属片、断熱材など）は、日本国内でも年間相当量が生じており、中間処理施設・最終処分場の不足、現場での分別困難性、輸送コストなどが大きな制約となっている³⁾。このような問題に対し、サーキュラーエコノミー^{*2}とカーボンニュートラル推進の一環として、建築分野でも循環型建築（Circular Architecture）^{*3}などの、持続可能なモデルへの転換が推進されている。

2. 研究目的

本研究は、廃棄物の再利用による資源循環と温室効果ガス削減を行う建築モデルを案出し、これをフィジカルな建築空間とデジタルな展示空間が相互作用する体験型ミュージアムとして設計する事で、環境意識を喚起する新たな空間的価値を提示する事を目的とする。

3. 研究方法

3.1. 環境問題に資する建築モデル案

製品製造過程で発生する廃棄物を、建築構造物として再利用可能な材料として活用し、それらをユニット・モジュール単位で構成可能な形態に設計することで、廃棄物の発生量に応じて連結・拡張可能な建築モデルを構築する。例として石炭を対象とした場合、燃料として加熱・発電を行う過程で生じる廃棄物には、フライアッシュ^{*4}（石炭灰）やボトムアッシュ^{*5}（クリンカ）などがあり、これらは

*1) XR 技術：「拡張現実（AR）」「仮想現実（VR）」「複合現実（MR）」などを包括する、現実世界と仮想世界を融合させる技術の総称。

*2) サーキュラーエコノミー（循環経済）：従来の「大量生産・大量消費・大量廃棄」の線形経済（リニアエコノミー）からの脱却を目指し、製品や素材、資源を「限りなく長く循環させる」ことで廃棄物の発生を最小限に抑え、新たな付加価値を創出する経済社会システム。資源の循環利用と同時に、製品設計段階から廃棄物や汚染を排除し、自然システムを再生することを目指す点が特徴で、環境負荷の軽減と持続可能な経済成長の両立を図るもの。

*3) 循環型建築（Circular Architecture）：建設業界における生まれ、建築・土木業界から「廃棄物」という概念をなくすというミッションの元、「Vernacular（全ての部材は地球に還る）」「Design for Disassembly（設計時から解体後の循環を考える）」、「Upcycling（廃棄物に命を吹き込む）」の3つの考えに分類・定義されている。

NIKKA ethical museum

－ Research on New Spatial Value Created by Experiential Museums －
Keisuke HARADA and Kenichi SHINOZAKI

コンクリートやセメント材料としての利用が可能であり、耐久性や耐腐食性に対し優れた効果を発揮することが判明している⁴⁾。さらに、この構造体に植物プラント機能を併設することで、拡張規模に応じて植栽容量が増大し、将来的には石炭燃焼時に発生する CO₂ 排出量を植栽による吸収量が上回ることで、ネットゼロ^{*6}を実現する建築モデルを提案する (Fig. 2)。

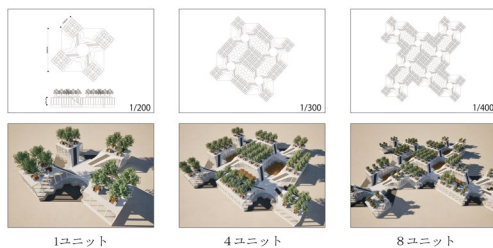


Fig. 2 テストモデル

3.2. フィジカルとデジタルの協調案

本研究では、内部展示空間が外部の自然環境（自然光・風・水・植物など）と隔絶されていることが、建築のフィジカルな空間と展示のデジタルな空間の乖離を生む一因であると仮定する。そこで、外部自然環境に資する体験内容を出発点とし、それらを主体とした体験的展示を設計する。その上で、これらを補助するかたちで、センシング技術^{*7}・動線分析・XR 表示・情報提示システムといったデジタル技術を統合する。これにより、自然環境を取り込んだ体験と、スムーズな情報提供・ユーザー誘導を支えるデジタル補助を併存させた、フィジカルとデジタルのハイブリッド体験を提供する展示空間モデルを提案する (Fig. 3)。

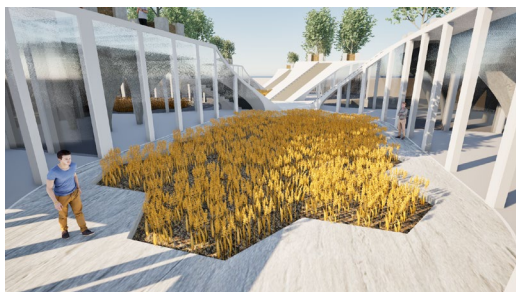


Fig. 3 テストモデル内の苗植え体験場

4. 設計対象

4.1. 余市蒸留所

設計対象および敷地として、北海道余市町に位置する余市蒸留所を選定した。余市蒸留所は、ウイスキー製造過程で発生する副産物を再利用することで、廃棄物の100%資源循環化を実現しており⁵⁾、環境負荷低減に取り組む本研究の主題と高い親和性を有する。具体的な取り組みを表1に示す。また、余市蒸留所は世界で唯一、石炭による直火蒸留^{*8}を現在も継続している為、石炭燃焼由来の廃棄物を再利用できる点で、本設計の建築モデル案の適用が可能だと判断した。

表1 余市蒸留所の廃棄物再利用の取り組み

	再利用前の廃棄物	再利用後の資源
1	小粒の大麦	飼料
2	麦カス	飼料 肥料
3	発芽不全の大麦	たい肥
4	樽の廃材	燃料
5	瓶	ガラス原料
6	ピートの燃焼物	花壇
7	石炭の燃焼物	セメント
8	排水	たい肥

4.2. 敷地

本計画では、余市蒸留所敷地内 (Fig. 4) に隣接する駐車場脇の空き地を計画敷地として選定する (Fig. 5)。ウイスキー製造は、気候・水・風土といった自然条件と深く関わっており⁶⁾、豊かな自然環境に囲まれた立地 (Fig. 6) は、外部の自然環境を体験要素として取り込む本計画と適している。また、余市蒸留所は蒸留所内の見学ツアーを完全予約制で運営している為、予約を行わない来場者の滞在可能範囲に大きな制限がある (Fig. 7)。したがって、蒸留所敷地内に本計画を配置することで、予約外来場者が立ち寄り体験できる場として本計画を提供することで、施設全体の来訪満足度の向上に寄与できると思われる。

*4)フライアッシュ：石炭火力発電所で微粉炭を燃焼した際に、集塵機で捕集される微細な石炭灰。

*5)ボトムアッシュ：可燃ごみや石炭などの焼却時に、焼却炉の底から排出される灰や燃え殻。

*6)ネットゼロ：温室効果ガスの排出量を森林などの吸収源で相殺することで、温室効果ガスの排出量を実質ゼロにする事。

*7)センシング技術：センサーを使って、温度、音、振動、画像などのさまざまな情報を「見える化」して計測し、数値化する技術。IoTの普及に伴い重要性が増しており、製造、医療、農業、自動車など幅広い分野で、状態のモニタリング、制御、品質管理、異常検知、作業の効率化などに活用されている。

*8)直火蒸留：蒸溜釜に直接炎をあてて加熱するウイスキー製造の伝統的な蒸留方法。

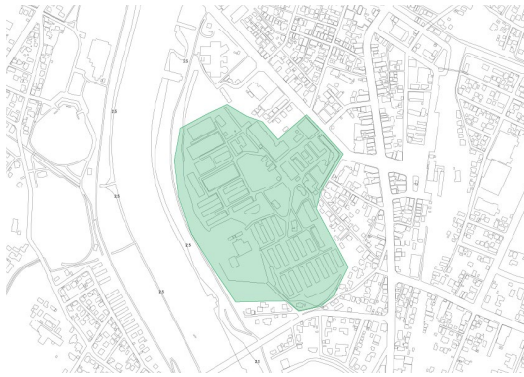


Fig. 4 余市蒸留所敷地



Fig. 5 計画敷地



Fig. 6 周辺環境



Fig. 7 予約外来場者の滞在可能範囲

4.3. NIKKA ethical museumの概要

本計画を、「NIKKA ethical museum」と題し、余市蒸留所の行っている廃棄物の100%資源循環化の仕組みを体験的に理解できる建築とする。本施設は、蒸留工程で発生する石炭灰を再利用し、これを用いてコンクリート構造体を形成する。建物の拡張は消費される石炭の量に応じて進行する。拡張された構造体の一部には苗木が植えられ、古樽の焼却時に発生するCO₂や麦カスを再利用して作られた肥料を利用することで成長が促進される。敷地が上限に達した際には、成長した樹木を外部の植林地へと植林することで、施設全体が苗木の生産プラントとして機能する。さらに、樽の焼却熱は老朽化したガラス瓶を溶融させる熱源として再利用され、生成されたガラスは建築の開口部や照明素材として再構成される。また、樽材やガラス片の一部は、来館者によるアクセサリや家具づくり体験の素材としても再活用される。構造体の一部には、ウイスキー製造に適さない小粒の大麦を再利用して作られた飼料を食べて育った牛の放牧場や、発芽不全の大麦をコンポスト^{*9}化した堆肥を土に混ぜた大麦畑を併設している。来館者は稲植えや餌やりなどの体験を通じて、循環の過程に参加することができ、育成された作物や牛は成長後、体験者のもとへ届けられる仕組みを有する。併設のカフェでは、施設内で収穫された大麦を用いたパンや、搾りたての牛乳を使用したソフトクリーム、ステーキなどを提供する。カフェは高台に位置し、テラス席からは余市の雄大な自然を一望できる。施設全体は、隣接する余市川から引き込まれた天然水を利用する。

4.4. 体験型展示以外の展示空間

ミュージアム内では、体験型展示以外の展示空間においても、できるだけストレスなく情報が来館者に提供できるように没入感を高めた展示空間を目指し設計する。現時点では、蒸留所の排水を活性汚泥処理^{*10}後に沈殿物を堆肥利用する取り組みの展示空間の設計が進んでおり、不純物＝影・処理水＝自然光と置換し、処理の流れを空間として表現することで、沈殿槽内に来館者がいるような感覚を覚える展示空間を目指し設計が進められている（Fig. 8）。空間内部の光源を基本的に全て自然光で行っており、これを実現させる為の方法として、光拡散フィルム^{*11}を使用する。これにより、太陽の位置に関わらず、満遍なく空間を照らすことが可能となった（Fig. 9）。

*9)コンポスト：生ごみや落ち葉などを微生物の働きで分解し、栄養豊富な堆肥に変えること。

*10)活性汚泥処理：好気性微生物（酸素を好む微生物）に排水中の有機物を食べさせ、二酸化炭素と水に分解する方法。

*11)光拡散フィルム：光を効率良く、そして均一に拡散させるための光学機能性フィルム

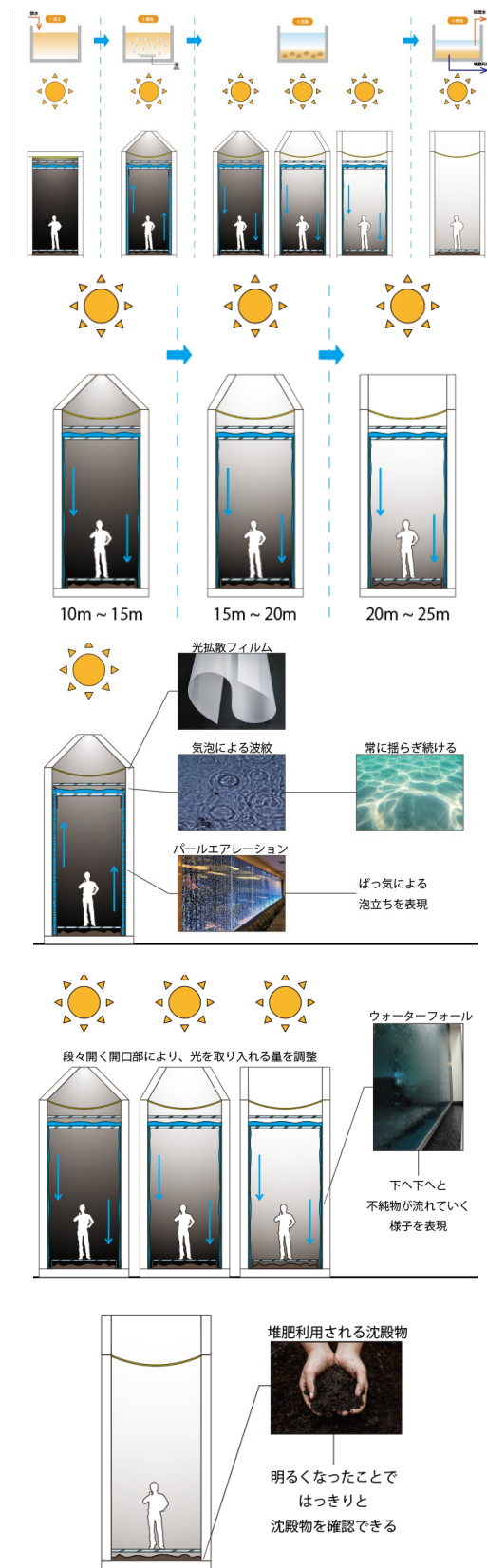


Fig. 8 不純物＝影・処理水＝自然光と置換し、水が澄んでいく様子を空間的に表現した活性汚泥処理の展示空間

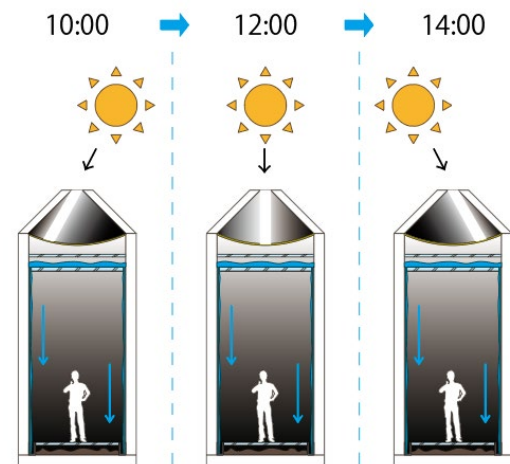


Fig. 9 光拡散フィルムにて太陽の位置に関わらず、満遍なく空間を照らす様子

6. 今後の展望

今後は、余市蒸留所における年間の石炭消費量を詳細に調査し、そこから生成される石炭灰の量を定量的に把握する。得られたデータをもとに、石炭灰を再利用して形成される構造物の拡張速度と、植栽される苗木の成長速度との相関を検証し、両者の関係を定量的にモデル化することを目指す。その分析結果を基盤として、循環のリズムや拡張プロセスを建築的に最適化し、テストモデルのブラッシュアップを段階的に進めていく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 坂村健, デジタルミュージアムからユビキタスミュージアムへ, 人工知能学会誌, Vol.18, No.3, 2003年5月, pp.259-266.
- 2) 内閣府, 建設材料・機械・監理プロセスでのCO₂排出削減効果の定量化等, 科学技術・イノベーション推進事務局(2023) https://www8.cao.go.jp/cstp/bridge/keikaku/r5-26_bridge_e.pdf, (参照2025-10-13)
- 3) 大野正信, 建設廃棄物の現状と再資源化, 安全工学, Vol.30, No.1 (1991) pp.10-16. https://www.jstage.jst.go.jp/article/safety/30/1/30_10/_pdf, (参照2025-10-13)
- 4) 電力中央研究所『石炭火力発電所副産物の有効利用技術』, 電力中央研究所報告書, http://jsr.gr.jp/kaiin/JSER_BOOK/1997/18-530.pdf (参照2025-10-14)
- 5) 星山貫一資料名：月刊下水道, ニッカウイスキー余市蒸留所の環境対策38号, 120-124, 2015年07月24日