

第2章 太陽の塔の概要

1. 沿革

昭和 40 年(1965)4 月に千里丘陵(現在の大坂府吹田市)を大阪万博の博覧会会場とすることが正式に決定された。万国博協会は、東京大学学長(当時)茅誠司を委員長とする委員会を設けて協議検討を重ね、主テーマを「人類の進歩と調和」、サブテーマを「より豊かな生命の充実を」、「よりみのり多い自然の利用を」、「より好ましい生活の設計を」、「より深い相互の理解を」と決定した。これを受けた会場計画を立案する委員会を設置し、委員として参加していた京都大学教授(当時)の西山卯三と東京大学教授(当時)の丹下健三をチーフプランナーに任命、会場基本計画の作成が進められた。会場基本計画は、昭和 41 年(1966)10 月にまとめられ、「日本万国博覧会会場基本計画」として協会会場計画委員会⁴⁾の承認を得て決定された。日本万国博覧会協会は、昭和 42 年(1967)2 月 10 日に、シンボルゾーンの計画にむけて基幹施設プロデューサーを丹下健三、同年 7 月 7 日にテーマ展示プロデューサーを岡本太郎に委嘱しその後両氏はプロジェクトに参画することになった⁵⁾。岡本太郎の選出には、テーマ委員会委員長の推薦に加え、ユニークな発想や斬新なオリジナリティ、力強い構想力や豊かな表現力などが高く評価された。なかでも岡本太郎の作品のうち、丹下健三設計の東京都庁(昭和 31 年(1956))で採用された壁画による国際的な評価と実績に基づいている。

岡本太郎は、テーマ展示プロデューサーに就任後の昭和 42 年(1967)10 月には現在の太陽の塔に近似したスケッチを完成させており、その後間もなくして原型模型(石膏模型)を制作した。実施設計は丹下健三の推薦により、丹下研究室で香川県庁舎等を担当した吉川健が主宰する集団制作建築事務所が受託することになった。構造については、東京大学教授(当時)の坪井善勝と同大学助教授(当時)川股重也に相談し、構造設計については坪井善勝の指導のもと川股重也が担当した。昭和 43 年(1968)5 月には基本設計、その後実施設計を完了した。

会場全体については、昭和 42 年(1967)3 月に起工式が執り行われ、太陽の塔の工事は昭和 44 年(1969)1 月から着手された。同年 2 月に太陽の塔を含むテーマ館の基礎工事が開始され、3 月に躯体工事が行われた。同時期に大屋根の工事も進められた。

太陽の塔の正面中央に配置する「太陽の顔」は、デザインの決定後に原寸模型の制作が行われた。制作に際しては材料の検討が重ねられ、最終的にはガラス繊維強化プラスチック(FRP)を採用することが決定され 8 月に完成披露、9 月 30 日に本体に取り付けられた⁶⁾。この頃には大屋根のリフトアップによる据付も完了した。

11 月 13 日に、鎮座式が執り行われ、太陽の塔の最頂部に「黄金の顔」が取り付けられた。その後、太陽の塔の背面中央の黒い太陽の取り付けが行われた。

太陽の塔の内部の展示空間にある「生命の樹」については昭和 44 年(1969)の 4 月以降、工場検査などを経て製作が進められた。幹や枝の鉄骨部材は名古屋市内の東海興業株式会社(現在の東海プラントエンジニアリング株式会社、愛知県名古屋市南区所在)で製作され 10 月には完成し、

⁴⁾ 協会会場計画委員会は昭和 40 年(1965)12 月に発足した委員会で、高山英華、坂倉準三、村野藤吾など日本を代表する建築家や都市計画家が参画していた。主な仕事は①会場計画の原案作成者選考②原案作成者や協会に対する各種の助言③原案の審議であった。

⁵⁾ 「日本万国博覧会年表」、『日本万国博覧会公式記録 第 3 卷』所収

⁶⁾ 太陽の顔は昭和 43 年(1968)8 月 29 日に完成披露の記者発表が行われている。

11月15日から現地に運び込まれている。11月から翌年2月にかけて塔内に搬入され組立作業の後に塗装が行われた。その後、2月から3月にかけて生物模型などの展示物の搬入および取り付けが行われ、昭和45年（1970）3月11日に太陽の塔を含むテーマ館における全ての工事が完了した。大阪万博はその4日後の同年3月15日に閉幕した。

約6か月の会期を経て、昭和45年（1970）9月13日に大阪万博は閉幕した。

太陽の塔は、仮設建築物として建設されていたため閉幕後解体される予定であったが、塔内には人が立ち入らないという条件のもと、仮設建築物から工作物への用途変更の確認申請が行われた。その後、昭和50年（1975）「万国博施設処理委員会」からの答申を受けて、存置されることが決定された。答申では「記念建造物（モニュメント）として存置するが、内部は公開しない」とされた⁷⁾。

大阪万博閉幕後、太陽の塔は屋外で風雨にさらされた状態で存置されていたことも影響し、外壁の亀裂などの破損や汚損が至る所に散見されたため、平成4年度（1992）に外観を中心とした修理工事が行われた。

工事後、塔内部への立入りは禁止されていたが、平成15年（2003）に独立行政法人日本万国博覧会機構の設立を機に、1階のみ内覧会が開催された。その後、内部公開を求める声が多かったこともあり公開を検討するも来館者の安全を考慮する必要性が求められたため耐震診断を実施した。診断の結果、強度の不足が確認されたため、平成24年（2012）から耐震補強実施設計を行い、これにあわせて用途を工作物から建築物に変更するための確認申請を行っている。平成24年（2012）には、施設内における安全性の確保から超高層建築の構造方法と全館避難安全性能における「国土交通省大臣認定」の交付を受けた。

平成25年（2013）に大阪府が太陽の塔の耐震補強と内部の改修工事の実施を決定し、平成28年（2016）から平成30年（2018）にかけて耐震改修工事を行い、人の立ち入りを前提とした耐震補強や避難経路の確保、あわせて内部展示の整備を行った。本工事終了後の令和2年（2020）2月には公益財団法人ロングライフビル推進協会から「第29回BELCA賞 ベストリフォーム部門」を受賞している。

平成30年（2018）3月、改修工事の終了と同じくして内部の一般公開が開始されており、令和2年（2020）8月17日に国の登録有形文化財（建造物）に登録された。

令和5年（2023）8月にはEXPO'70パビリオンに隣接するように別館が増築されており、建物の内部には昭和45年（1970）に制作された「黄金の顔」や生物模型の一部が展示されている。

⁷⁾ 万国博覧会跡地利用等に関する答申集「万国博覧会施設処理委員会答申」日本万国博覧会記念協会（昭和50年3月10日）掲載、「3. 太陽の塔について」による。本答申は万国博施設処理委員会から日本万国博覧会記念協会宛に提出されている。



図 2-1 起工式（奥に丹下健三が写る）



図 2-2 基礎工事



図 2-3 太陽の塔胴体下部 軸体工事



図 2-4 太陽の塔胴体下部 軸体工事・大屋根工事



図 2-5 太陽の塔リング部 軸体工事



図 2-6 太陽の顔 取り付け



図 2-7 太陽の顔 取り付け完了



図 2-8 黒い太陽 完了検査



図 2-9 腕部鉄骨工事



図 2-10 鎮座式



図 2-11 腕部鉄骨工事完了

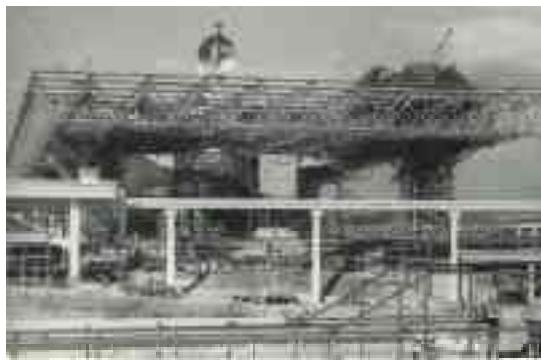


図 2-12 工事中 テーマ館



図 2-13 生命の樹 枝と幹の溶接作業



図 2-14 生命の樹 組立て作業



図 2-15 工事中 お祭り広場

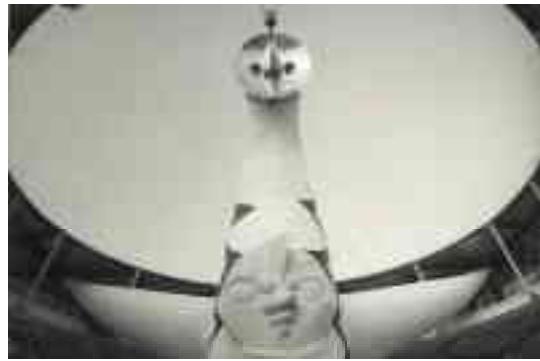


図 2-16 竣工 太陽の塔正面



図 2-17 竣工 テーマ館全景



図 2-18 竣工 生命の樹



図 2-19 初代黄金の顔（別館）

表 2-1 太陽の塔の沿革

年月	所 有	主な出来事	概 要
昭和40年(1965) 4月～	—	日本万国博覧会(大阪万博) 開催地 決定	日本万国博覧会(大阪万博)会場が千里丘陵(吹田市)に決定。 会場基本計画原案作成委員会(西山卯三／京都大学教授・丹下健三／東京大学教授)を設置。
昭和41年(1966) 11月	—		会場基本計画の作成が進められ「日本万国博覧会会場基本計画」決定。
昭和42年(1967) 3月	—	会場建設 起工式	会場の敷地造成を開始。
昭和42年(1967) 7月	—	岡本太郎 テーマ館プロデューサー 就任	プロデューサー就任後、間もなくして原型模型完成。
昭和42年(1967) 11月	—	構造計画 検討	岡本太郎、吉川健、東京大学 坪井善勝・川股重也が構造について打合せを行う。
昭和43年(1968) 5月～	—	基本設計・実施設計	実施設計担当:集団制作建築事務所
昭和44年(1969) 1月	財団法人 日本万国博覧会協会	太陽の塔 工事 着工	
昭和44年(1969) 11月		鎮座式	「黄金の顔」取り付け
昭和45年(1970) 3月		太陽の塔 竣工	太陽の塔のデザイン:岡本太郎、設計:集団制作建築事務所、施工:大林組・竹中工務店・藤田組のJV。 竣工時は仮設建築物として建設。
昭和45年(1970) 3月15日		日本万国博覧会(大阪万博) 開幕	
昭和45年(1970) 9月13日		日本万国博覧会(大阪万博) 閉幕	
昭和45年(1970)		確認申請	工作物として申請(条件:塔内には立ち入らない)
昭和46年(1971) 9月	日本万国博覧会記念協会	記念協会 設立	
昭和50年(1975)		永久保存 決定	「万国博施設処理委員会」の答申により太陽の塔の永久保存が決定。 (確認申請時の「条件:塔内には立ち入らない」を前提)
平成4年(1992) 9月～ 平成5年(1993) 3月		平成4年度 修理工事	<input type="checkbox"/> 設計:林設計事務所 <input type="checkbox"/> 施工:大林組 <input type="checkbox"/> 工事内容: ・黄金の顔 鉄板の更新とフィルムの貼り替え ・外壁 亀裂補修・洗浄・補修 ・イナズマ(赤)・コロナ(緑)のモザイクタイルは全て更新
平成15年(2003) 10月	独立行政法人日本万国博覧会記念機構	特別内覧会 実施	独立行政日本万国博覧会記念機構設立記念イベントとして特別内覧会を実施。入り口は1階のみ。
平成20年(2008)		耐震診断 実施	<input type="checkbox"/> 昭和設計 耐震診断結果:保有水平耐力が0.6～0.9となり耐震性能の不足を確認。補強が必要と判断し概ねの耐震補強の方針を策定。
平成24年(2012) ～ 平成28年(2016)		耐震補強 実施設計	
平成24年(2012)		確認申請	建築物として申請
平成26年(2014) 4月	大阪府	国土交通省大臣認定 交付	構造補強 全館避難安全検証法
平成28年(2016) 10月 ～ 平成30年(2018) 3月		公園事業を大阪府が継承	
平成30年(2018) 3月		平成28年度 耐震改修工事	<input type="checkbox"/> 設計:昭和設計／展示設計:現代芸術研究所 <input type="checkbox"/> 施工:大林組／展示施工:現代芸術研究所 <input type="checkbox"/> 工事内容: ・胴体上部の補強(鉄骨フレーム増設) ・腕部の軽量化(エスカレーターの撤去) ・胴体下部のコンクリート増し打ち補強(増し打ち厚:200mm) ・既存エスカレーターを鉄骨階段に更新 ・展示空間を増築 ・「生命の樹」の塗装、生物模型の整備
令和2年(2020) 2月		内部 一般公開 開始	改修前用途:博覧会・展覧会施設／改修後用途:展示場 改修設計者:大阪府住宅まちづくり部公共建築室一般建築課、株式会社昭和設計 改修施工者:株式会社大林組、株式会社きんでん、株式会社三晃空調、フジテック株式会社
令和2年(2020) 8月17日		登録有形文化財(建造物) に登録	<input type="checkbox"/> 構造及び形式:鉄筋コンクリート造、鉄筋鉄骨コンクリート造、地上2階地下1階建、建築面積491m ² <input type="checkbox"/> 登録基準:(三)再現することが容易でないもの 万博記念公園に位置する大阪万博のシンボル。高さ約70メートルで、鉄筋コンクリート造や鉄骨造等の混構造。万博では展示空間である一方、階段を設け地下展示と空中展示を結ぶ動線の役割も担つた。岡本太郎の斬新な造形を、様々な建設技術を駆使し実現した。

2. 岡本太郎の略歴と作品

岡本太郎は明治 44 年（1911）に川崎市に生まれる。昭和 4 年（1929）に父の仕事の関係でヨーロッパに渡り、その後 11 年間フランスに滞在する。この期間中、様々な芸術家と交流をもつとともに、絵画作品の出展や画集の刊行も行っている。昭和 15 年（1940）フランスから帰国するも、昭和 17 年（1942）に出征、昭和 21 年（1946）に復員した。

戦後は次々と絵画作品を制作し、個展を開催するとともに、執筆活動も行った。昭和 29 年（1954）に東京にアトリエ（現・岡本太郎記念館）を構えると、「現代芸術研究所」を設立した。この名称は自身が同時期にはじめた芸術運動のことも指しており、他にも活動組織へ参加するなどデザイナーや建築家、評論家など、当時様々な分野における著名人との交流も盛んであった。

建築家との共同作品

著名人のうち建築家との共同による作品も多く、壁画やレリーフなど建築的要素の一部を担うような作品が増えていく。

昭和 27 年（1952）には坂倉準三設計の日本橋高島屋地下通路の壁画の制作依頼を受け、モザイクタイル壁画《創生》（東京・1952 年）を制作する。これをきっかけに壁画制作の依頼が増える。昭和 31 年（1956）には以前から交流のあった丹下健三設計の旧東京都庁舎に陶板レリーフ《日の壁》など 7 点（東京・1956 年）の制作を行い、昭和 38 年（1963）にはアントニン・レーモンドの依頼によりデップス邸の浴室の壁画の制作を受けている⁸⁾。昭和 39 年（1964）には、丹下健三設計による国立代々木競技場第一体育館に《競う》など 8 点の陶板レリーフを制作している。

このほか、家具や舞台装置のデザインなども行っており、表現領域を広げていくなかで、彫刻作品の制作を開始する。

屋外展示作品

やきもの以外で初めて手掛けた本格的な彫刻作品は《動物》（長野・1959 年）で、高さは 4m、コンクリート製である。レジャー施設の屋外に展示されていたが現存しない。以降、各地で大型の立体作品を制作するようになる。特に公園や街区などの公共空間に設置されるものが多く、パブリックアートとしての役割を果たすようになる。現存する大型の屋外展示作品では、数寄屋橋公園に設置された《若い時計台》（東京・1966 年）や日本モンキーパークセンターのシンボルタワーである《若い太陽の塔》（愛知・1969 年）などがあり、後者は大阪万博のプレイベントのために制作された作品である。翌年には《太陽の塔》（大阪・1970 年）が完成している。

《太陽の塔》を制作した頃から立体作品の制作依頼が急増し、現在多くの作品が残っている。広場や公園、地方博覧会のシンボルとして依頼されることが多くあり、《神話》（島根・1982 年）は国体のシンボルモニュメントとして制作され、運動公園内に設置された。《未来を見る》（茨城・1985 年）は国際科学技術博覧会（科学万博つくば'85）のシンボルモニュメントとして制作され、現在は駅前に移設されている。《こどもの樹》（東京・1985 年）は、国立総合児童センター（現在閉館）のシンボルとして制作され、建物前の広場に設置されている。岡本太郎は平成 8 年（1996）1 月に没したため、同年 7 月に完成した《火炎》（佐賀・1996 年）が屋外展示作品としては遺作となる。

現存する岡本太郎の屋外展示作品のうち、内部に展示スペースを備え、人が立ち入れるのは《太

⁸⁾ デップス邸は、昭和 38 年（1963）東京都渋谷区に建設されたが、既に解体されており現存しない。

陽の塔》のみである。

3. 創建当時（昭和 45 年）の太陽の塔について

（1） 概要

「太陽の塔」は、昭和 45 年（1970）に開幕した大阪万博のテーマ館の一部として建設された。地下展示と空中展示を繋ぐ動線となるエスカレーター・エレベーターの覆屋であると同時に、内部を展示空間として活用した。デザインは岡本太郎、設計・工事監理は集団制作建築事務所⁹⁾、構造は東京大学坪井善勝研究室・川股重也研究室¹⁰⁾・建設工学研究会、施工は（株）竹中工務店・（株）大林組・（株）藤田組の JV（ジョイントベンチャー）による¹¹⁾。太陽の塔の全体的な施工は竹中工務店、大屋根は大林組、母の塔は藤田組が担当した¹²⁾。

建築面積は 267 m²、延べ面積 1,306 m²、構造は鉄骨鉄筋コンクリート造（リング部）、鉄筋コンクリート造（胴体下部）、鉄骨造（鋼管）+ショットクリート（胴体上部および腕部）の複数の構造形式から成る混構造である。太陽の塔の特徴的な意匠と外形曲線を実現するために湿式ショットクリート（吹付けコンクリート）が採用された。湿式ショットクリート（吹付けコンクリート）は胴体上部と腕部で採用され、厚さはそれぞれ 70 mm、50 mm である。平面形状は円形または橢円形であり、足元の直径は約 20m（19.45m × 20.3m）である。また、外観は巨大な人体を象ったような形状とし、高さは 64.1m（1FL から）、胴体の中央付近に長さ約 25m の腕が左右に伸びる。胴体上部は中央から上部に、腕は中央から左右に向かってそばまつた形状とする。正面上面には「黄金の顔」、中央には「太陽の顔」、背面には「黒い太陽」の 3 つの顔を有し、太陽の顔の左右には赤いイナズマが、背面の黒い太陽の周囲には緑色のコロナ（黒い太陽を中心に放射状に描かれる）がデザインされている。

「黄金の顔」は、太陽の塔の最頂部に設置される。下地を鉄骨とし、これに直径 10.6m の円形のスチール板（340 枚で構成）が取り付けられており、表面には、3M 製スコッチカルフィルムが貼られている。顔の正面中央部には、スチール製の避雷針が取り付けられ、その上部には円形のステージを配する。顔の背面にはステージに上るためのタラップを備える。目は直径 2m の大きさで、中央には 60w 白熱電球の 200 倍の明るさを有するキセノンライトが取り付けられていた。

「太陽の顔」は直径 12m、幅 5.5m、厚さ 8 mm の FRP で成形する。制作された FRP 製の顔は輸送を考慮し 10 ブロックに分割され、胴体部の鉄骨トラスにそれぞれ据付けられた。表面は発泡ウレタンチップ（硬質ウレタンフォームを粉碎したもの）を接着し、吹付けを行い、仕上げを樹脂塗料で吹付け塗装された。

「黒い太陽」は太陽の塔の背面中央に位置する。直径 8m、面積 55 m² に約 3,000 枚¹³⁾ の信楽焼の黒色陶板タイルを張る。タイルの大きさは、縦 120 mm × 横 230 mm × 厚さ 16 mm であり、制作は、近江化学陶器株式会社（滋賀県甲賀郡信楽町勅旨）である。目の部分は吹付けタイル（ポンタイル）とする。

9) 丹下研究室 OB の吉川健主宰の設計事務所。代表作の香川県立体育館は丹下健三との共同作品。

10) 太陽の塔の構造設計および構造解析について、「昭和 45 年の日本万博に際して、坪井名譽教授のもと「太陽の塔」（下部鉄筋コンクリートシェル・上部鋼管による立体骨組）の構造設計を行った」との記述あり。『生産研究室』31 卷 5 号（東京大学生産技術研究所），1979 年 5 月より。

11) 太陽の塔を含むお祭り広場の施工は、「お祭り広場共同企業体」（大林組・竹中工務店・藤田組）による。

12) 施工区分については、当時の太陽の塔の設計者からのヒアリングによる。

13) 展示カタログ「岡本太郎 EXPO'70 太陽の塔からのメッセージ」、川崎市岡本太郎美術館、2000 による。

イナズマとコロナには、イタリアから取り寄せたガラスモザイクタイルが使用されており、大きさは 20 mm × 20 mm のものが採用されている。

外観は、表面を凹凸とするスプレースタッコ仕上げとし、色は白色を基調とする¹⁴⁾。

塔内部は展示空間となっており、吹抜け空間の中央に高さ 41,000mm (1FL から)、枝部の長さ 1,918mm～11,675mm の「生命の樹」を配置する。生命の樹の幹や枝には、原生生物から人類に至るまでの「生物模型」が展示され、生命の進化を立体的に表現している。また、内壁の表面には、赤色に塗装された拡散板が無数設置されており、音響効果と空間演出における相乗効果で展示空間として独特の雰囲気を作り出している。

塔内には、来館者の移動手段として、地上から 2 階（現状の階数）までに 4 基、屋内から屋外（大屋根）に通ずる右腕の内部に 1 基、計 5 基のエスカレーターが設置され、来館者がエスカレーターで移動しながら展示を楽しむことができた。



図 2-20 太陽の塔正面 太陽の顔



図 2-21 左腕内部



図 2-22 太陽の塔背面 黒い太陽



図 2-23 太陽の塔正面

¹⁴⁾ 太陽の塔の外観は、岡本太郎の指示のもとドイツ壁のような表面を凹凸とする仕上げとした。また、塗装については「太陽の塔のような大きな面積で不測の膨張や収縮が予想されること、造形物としての芸術的表現に耐え得ることが可能な材料であること」という条件のもと、塗料のほかに吹付けタイルや塩化ビニル樹脂など約 20 種類の材料を約 4 ヶ月にわたり竹中技術研究所で試験が行われた。結果、①厚塗りが可能、②塗膜が柔軟さをもつ、③耐候性・耐水性に優れている、④速乾性に優れるという点で「特殊塩化ビニル樹脂塗装 ナブコピンホワイト」が採用された。

(2) 生命の樹およびその他の展示

① 生命の樹

生命の樹は生命エネルギーの象徴、生命の根源から未来に向かって噴き上げるエネルギーを表現したものである。生命の樹には原生動物から人類誕生までの代表的な生物の模型を展示している。

生命の樹は中心の幹と、幹から伸びる23本の枝から成り、幹と枝の寸法と仕様は次の通りである¹⁵⁾。

- ・幹部の高さ：41,000mm（1FLから）、地下部分4,050mm
- ・幹部の太さ：最大1,000mm φ、鋼板厚PL9.0mm～PL12.0mm
- ・枝部の長さ：1,918mm～11,675mm
- ・枝部の太さ：250mm φ～560mm φ、鋼板厚PL4.5mm～PL9.0mm

幹や枝は全て鋼板を加工して制作されている。曲線は鋼管の曲げ加工によるもので、電気溶接にて組立て、据付けが行われた。

幹は2本の鉄骨により壁と接合され、その上部にはグレーチングを張りステージを構成する。ステージは上下方向に5箇所、最上部1箇所は支持用の鋼管パイプのみが配置された。

幹及び支持ステージの塗装は、OP（オイルペイント）仕上げ、枝は蛍光塗料仕上げとする。幹は「幹色」として濃い緑色とし、枝はブルー、グリーン、レモンイエロー、オレンジ、レッドの5色で塗り分ける。

生命の樹の制作においては、岡本太郎によって描かれたスケッチをもとに、原型の1/50の模型と、樹に展示する生物模型の配置を検討するために1/20の模型が制作された。生命の樹の設計には、エスカレーターからの距離や幹や枝の形状、上部の回廊や腕部の取り付け箇所との取り合いなどの検討のため、1/20の模型を基準とした。また、模型を3m間隔で切断し、それを紙に写し、樹を構成する曲線や幹と枝の角度など、構造や施工についても検討を重ね図面に反映された。岡本のデザインにおける曲線を可能にするため、鋼管曲げ加工による構造とした。

設計の基本方針として、生命の樹は常時荷重に対して自立するものとし、地震力による揺れに対しては、幹と壁を支持材によって結合させることで安定を確保した。支持材を設置する箇所については、観客から見えない位置を模索し決定された¹⁶⁾。

生命の樹の曲線を具現化するのは当時の技術では非常に難しく、規模や材質から造船の加工技術が用いられている。製作は名古屋の東海興業株式会社で行われ、各パーツに分けて現場に運ばれ、塔内で組み立てられた。

② 生物模型

生物模型は33種292体が制作された。樹の基底部から順に、原生動物時代、三葉虫時代、魚類時代、両生類時代、は虫類時代、ほ乳類時代の生物が配置されている。生物の種類は国立科学博物館の協力を得て自然科学的な分類と造形的な面白さから選択され、論理的な根拠と科学

¹⁵⁾ 生命の樹の寸法は、竣工図（『テーマ展示施設工事の内〈太陽の塔内〉』、1970年）の幹組立図および枝組立図の数値を採用し、その中でも枝の最小寸法は幹から直接伸びているものの数値とした。厚みは竣工図の特記仕様書に記載の数値を採用した。

¹⁶⁾ 『太陽の塔岡本太郎と7人の男たち』の千葉一彦（当時テーマ館プロデューサー）のインタビューによる

的なデータをもとに制作された¹⁷⁾。生物模型の一覧は表 2-2 のとおりである。

模型の制作は、生命の樹の模型から動物の大きさを決め、1/5 の模型を制作し、粘土による原型をとり、外形を作成した。動物の生命感、質感を出すために、ソフトビニール、アクリル、ABS 樹脂、FRP 樹脂、ウレタン樹脂、ラテックス、植毛等の材料をその特性を生かして選択している。生物の材質について、ここでは代表的な仕様を述べるに留め、個々の仕様は表 2-2 に記載する。

原生動物等はおもにソフトビニールや透明アクリルで制作し、一部は内部に照明を設置することで、透明感のある材質を生かした表現がなされている。また、蛍光塗料で仕上げることで、ブラックライトで照らしたときに発光するように制作された。

三葉虫時代の生物は FRP 成型である。三葉虫以外の同時代の貝の形状をした生物は、発泡スチロールで成形したのち、ABS 樹脂あるいは FRP 樹脂で吹き付け、蛍光塗料で仕上げられている¹⁸⁾。

魚類時代の生物についても発泡スチロール成型で ABS 樹脂吹付け、蛍光塗料で仕上げである。

両性類、は虫類時代の生物になると、鉄骨を下地に、FRP 成型し、アクリルあるいはウレタン系樹脂で仕上げている。一部の生物は頭部や手足などにラテックスを使用し、動きを表現できるように工夫されている。

ほ乳類時代の生物のうち、マンモスやゴリラなどの大型の生物は鉄骨下地の上から金網で成型し、石膏を吹き付けたのち、植毛をしている。部分的にラテックスや FRP も併用している。小型のサルやネアンデルタール人、クロマニヨン人は鉄骨下地のない FRP 成型で、ラテックスや植毛で質感を表現している。一部は機械装置で動く仕様になっている。

③ 拡散板

太陽の塔の塔内壁面には、音の拡散と吸音を目的とする拡散板を配置する。拡散板は、曲げ加工された厚さ 0.8 mm の亜鉛鉄板を 2 枚組み合わせたものを 1 ユニットとする。ユニットの寸法は幅 1,000～1,150mm、高さ 500mm とし、鉄筋コンクリートの躯体にビスにて固定する¹⁹⁾。太陽の塔の胴体は上部に行くほどすぼまり、内径が小さくなるため、取り付ける場所により幅の異なる 5 種類の拡散板を使い分ける。また、拡散板は、音の拡散を目的とした無孔板と吸音を目的とした穴あき板の 2 種類を採用し、穴あき板は背面側にグラスウールを充填し、有孔・無孔で吸音率を変えており、内部反響により使い分けが行われている。色は赤色とし、ビルサンド吹付け仕上げとした²⁰⁾。

¹⁷⁾ 模型の仕様は、「テーマ館の展示説明書」、「塔内演出スコア（図 2-30）」（岡本太郎の意向をもとに塔内展示担当の千葉和彦がまとめたもの）、『テーマ展示施設工事（塔内）動物 竣工図』の図面からおおよそ判明している。このうち、仕様について最も詳細に記載されている『テーマ展示施設工事（塔内）動物 竣工図』をもとに各生物模型の制作について述べるが、仕様や数量等については図面内でも頁によって齟齬がある。改修時の資料である『太陽の塔内部展示制作委託実施設計図』（2015 年 3 月）において、オリジナルの仕様が部分的に記録されているため、そこから実際の仕様を知ることができる模型もある。

¹⁸⁾ 竣工図によれば「ABS 樹脂吹付」とあるが、演出スコアや 2015 年『実施設計図』に記載の当初模型の調書では「FRP」と記載されている生物もあるが、実際の仕様は不明である。

¹⁹⁾ 拡散板の固定方法については、平成 28 年度の改修工事を実施した株式会社昭和設計の回答に基づく。

²⁰⁾ 拡散板の仕上げについては「万国博テーマ展示施設工事の内〈太陽の塔内〉竣工図」（株現代芸術研究所、の仕上表による）。



図 2-24 1/50 の生命の樹模型



図 2-25 生命の樹の枝



図 2-26 生命の樹と生物模型



図 2-27 生命の樹と生物模型
(エスカレーターから)

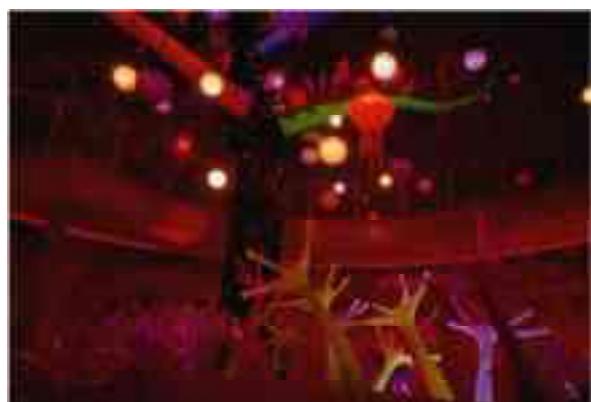


図 2-28 生命の樹と生物模型（1階からの見上げ）



図 2-29 拡散板

表 2-2 生命模型一覧^{21)、22)}

番号	生物名	『テーマ館の展示説明書』 (1970)		『演出スコア』 (1970)		『テーマ展示施設工事(塔内)動物 嫁工図』 (1970) ※当初の状況	
		当初数	番号／仕様	番号／仕様	当初数	仕様	
1	海ゆり	50	蛍光塗料もしくは内光式照明	ソフトビニール、蛍光発色	50	ソフトビニール、丸鋼芯、成型、蛍光彩色作動あり(連射振動空気圧装置)	
2	ボリップ	30	蛍光塗料もしくは内光式照明機械装置	ソフトビニール・蛍光発色作動メカ	30	透明ソフトビニール成型、内面蛍光彩色 ・作動なし10本：基底部取付け ・作動あり20本：丸钢管芯連動振動、空気圧縮装置(10本)、凝岩上取付け	
3	ベンモウ虫	50	J-12 蛍光塗料もしくは内光式照明機械装置	J-12 FRP成型作動	50	透明アクリル(実際はFRP成型※3)、蛍光染色、基底部取付け ・作動なし30本 ・作動あり20本：連続振動空気圧装置	
4	アーベー	5	J-3 蛍光塗料もしくは内光式照明機械装置	J-3 ビニール内装・シリコンラバー・蛍光発色空気作動	5	透明アクリル板、透明ソフトビニール成型、連続変形、樹上、凝岩上取付け 作動あり(伸縮運動)	
5	クラゲA	1	J-4 蛍光塗料もしくは内光式照明機械装置	J-4 ソフトビニール・一部FRP・発光調光装置作動	1	頭部透明アクリル仕上げ、足ソフトビニール仕上げ、内臓調光照明、樹枝、空中吊り込み	
6	クラゲB	1	J-5 蛍光塗料もしくは内光式照明	J-5 ソフトビニール・一部FRP	1	透明・白ビニール成型、足ソフトビニール、蛍光染色、樹枝、空中吊り込み 作動あり(電動回転)	
7	太陽虫	50	J-6 蛍光塗料もしくは内光式照明	J-6 プラスチック球・FRP触覚・熱加工による凹凸・蛍光彩色・内光併用	50	体形は透明アクリル成型、触角は透明アクリルを熱加工、フィラメント、電球内臓明滅、空中吊り込み	
8	三葉虫	30	J-7 蛍光塗料もしくは内光式照明	J-7 FRP・パイプ球間発光・点滅装置	30	体型はFRP成型、裏面照明取付け、管球(40W)、点滅、幹取付	
9	オルトセラス ベルキドウム	15	J-8 蛍光塗料もしくは内光式照明	J-8 三葉虫時代仕様:FRP成型・一部ソフトビニール・発光彩色・一部光内機	15	体型は発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付もしくはFRP成型、蛍光塗料塗装 うち5体ホワイトビニール照明入、蛍光染色樹上取付け	
10	キルトセラス デクリオ	15	J-9 蛍光塗料もしくは内光式照明	J-9 三葉虫時代仕様	15	体型発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付もしくはFRP成型 蛍光塗料仕上げ、樹上取付け	
11	巻貝	3	J-10 蛍光塗料もしくは内光式照明	J-10 三葉虫時代仕様	3	体殻発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付(実際はFRP成型※3)、蛍光塗料にて彩色、樹上取付、空中吊り込み	
12	アンモナイト	5	J-11 蛍光塗料もしくは内光式照明	J-11 三葉虫時代仕様	5	体殻発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付もしくはFRP成型、蛍光塗料にて彩色、樹上取付、空中吊り込み 体型発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付(実際はFRP成型※3)、蛍光塗料にて彩色、樹上取付	
13	オーム貝	2	蛍光塗料もしくは内光式照明	三葉虫時代仕様	2	体殻発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付(実際はFRP成型※3)、蛍光塗料にて彩色、樹上取付	
14	サソリ	1	機械装置	両生類・爬虫類仕様:ポリエステルデンジン・ソフトビニール・FRP・シリコンラバー併用作動	1	体形鉄骨下地、FRP成型、彩色、尾ラテックス仕上げ、作動あり(胴体尾内部シリンドラー)	
15	ドレバナビス	3		魚類仕様:発泡スチロール成型・ABS樹脂吹付・彩色	3	発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付、蛍光塗装、樹上取付、※2匹の可能性あり	
16	ボスリオレビス	1		魚類仕様	1	発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付、蛍光塗装、樹上取付、※2匹の可能性あり	
17	魚類A、B、C	3		魚類仕様	3	発泡スチロール成型、ABS樹脂吹付(実際はFRPか?)、蛍光塗装、空中吊込	

21) 表 2-2 について竣工当初の仕様は、当初の竣工図及び変更設計図からおおよそ判明しているが、竣工図内の一覧表と個々の生物の頁で仕様に齟齬があり、実際にどちらを採用したかは不明である。

閉幕～改修前は、閉幕後の生物模型の状況が確認できるのは 2006 年の現況調査報告書および調査に伴う撤去作業報告書である。2006 年時点で生命の樹に設置された状態で生物が確認できるとともに、落下等の危険性が高いと判断され撤去された生物を確認できる。また、2012 年には大阪府により生物模型リストが作成されている。この時点での模型の数および保管場所が記録されており、塔内から取り外された模型が「EXPO' 70PV」(EXPO' 70 パビリオン内で保存・展示という意味か) に置かれていたことが確認できる。ただし、写真等はないため、状態は不明である。改修直前の塔内の状況については、特別公開の記事から模型の状態が確認できる。また、改修時の実施設計図において、生物模型の仕様調査が行われており「再制作」という注記のある生物についてはオリジナルではないと考えられる。2018 年の改修以後は、竣工図(改修)に記載された通りである。

22) ① 「テーマ館の展示説明書」: 三葉虫について「80 体」「30 体の三葉虫が樹皮にとまり」とあり記載された数に相違がある。② 「万博テーマ展示施設工事の内〈太陽の塔内〉竣工図」: 仕様等について図面頁によって齟齬があり、最終的な仕様の不明な部分がある。例えば、FRP 樹脂と ABS 樹脂という記載齟齬がある場合、改修時の資料である「太陽の塔内部展示制作委託実施設計図」において判断できるものはその内容を記載する。太陽虫は文中に「55 体」との記載があるが、図面では「50 体」となっており数に齟齬がある。③ 「太陽の塔内部展示制作委託実施設計図」: 「古代生物の骨格(ザウロボタ)」の名称は改修時の資料から確認でき、当初は「古代生物の骨格」と表記されている。④ 「太陽の塔内部展示制作委託竣工図」: 「オナガザル」は「ニホンザル」として新規製作されている。

番号	閉幕後～改修工事前の 保存状況	『太陽の塔内部展示制作委託 実施設計図』(2015) オリジナルの仕様	『太陽の塔内部展示制作委託竣工図』 (2018) ※現在の状況			生命の樹から取り外された オリジナルの保存状況 ※今回の調査で確認の範囲であ り、全数把握はしていない
			現在数	修復の状況 (現在の状況)	修復もしくは新規の仕様	
1			20 新規	既存素材組み合わせ		5体:EXPO' 70
2	(2012/5/30資料)5体: EXPO'70PV	オリジナルあり。ソフトビニール製。	20 新規	オリジナルを原型として使用。繊維補強ポリエ ステル、ウレタン塗料。うち10体は内照式。		8体:EXPO' 70
3	(2012/5/30資料)18体: EXPO'70PV	オリジナルあり。繊維強化樹脂。	修復5体 (小5) 20 新規15体 (大5小10)	修復:クリーニング及び細部調整 新規:オリジナルを原型として使用。繊維補強 ポリエチル樹脂(顔料混入)		15体:EXPO' 70
4	(2012/5/30資料PV料)1体: EXPO'70PV	(オリジナルあり)	2 新規	原形造形。透明FRP、内照式。		2体:EXPO' 70
5		「(再制作)」と記載。ソフトビニール 製。	1 新規	原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレタン塗 料。内照式。		EXPO' 70
6	(2006/4-6)現地→取り外し (2012/5/30資料)EXPO'70PV		1 新規	原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレタン塗 料。内照式。		
7	(2006/4-6)1体:現地一取り 外し	オリジナルあり	40 新規(大小あり)	原形造形。ガラス繊維補強透明ポリエチル 樹脂、アクリル塗料		11体:EXPO' 70
8	(2006/4)複数:現地し (2012/5/30資料)18体:現地お よびEXPO'70PV (2015実施設計図)一部現地 (2006/4-6)5体:現地→2体: 取り外し	オリジナルあり。繊維強化樹脂。	20 修復10体 新規10体	修復:クリーニング及び演示具設置 新規:原形造形。繊維補強ポリエチル樹脂、 ウレタン塗料		9体:EXPO' 70
9	(2012/5/30資料)2体: EXPO'70PV (2015 実施設計図)一部現地	(オリジナルあり)	10 新規	原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレタン塗 料。		3体:EXPO' 70
10	(2012/5/30資料)2体: EXPO'70PV (2006/4)1体:現地 (2012/5/30資料)3体: EXPO'70PV×2体の譲りか (2015実施設計図)1体:現地 (2006/4-6)1体:現地→取り 外し	(オリジナルあり)	10 新規	原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレタン塗 料。 修復:クリーニング後、分割して芯材を挿入して 結合。ウレタン樹脂吹付、ウレタン塗装。		2体:EXPO' 70
11	(2012/5/30資料)3体: EXPO'70PV	オリジナルあり。発泡材と繊維強化 樹脂。	3 修復2体 新規1体	新規:原形造形。繊維ポリエチル樹脂、ウレ タン塗装		1体:EXPO' 70
12	(2006/4-6)1体:現地→取り 外し (2012/5/30資料)4体: EXPO'70PV	オリジナルあり	4 新規	原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレタン塗 料。		3体:EXPO' 70
13	(2012/5/30資料)2体: EXPO'70PV	オリジナルあり。発泡財と繊維強化 樹脂。	2 新規	原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレタン塗 料。眼球は内照発光。		
14	(2012/5/30資料)EXPO'70PV	(オリジナルあり)	1 新規	原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレタン塗 料。		内部機構のみ:EXPO' 70
15	(2006/6)1体:現地 (2012/5/30資料)1体: EXPO'70	オリジナルあり。発泡材とABS樹 脂、水性塗料。	1 修復	既存造形にFRPをオーバーレイ加工、ウレタン 塗装。		1体:EXPO' 70
16	(2015実施設計図)1体:現地 (2012/5/30資料)EXPO'70PV	オリジナルあり。発泡材とABS樹 脂、水性塗料。	1 修復	既存造形にFRPをオーバーレイ加工、ウレタン 塗装。		—
17	(2012/5/30資料)1体: EXPO'70PV	魚類A「(再制作)」と記載。発泡材と 繊維強化樹脂。	3 修復1体 新規2体	修復:分割して芯材を挿入、FRPをオーバーレ イ加工、ウレタン塗装。 新規:原形造形。透明ポリエチル樹脂、ウレ タン塗料。		

番号	生物名	『テーマ館の展示説明書』 (1970)		『演出スコア』 (1970)		『テーマ展示施設工事(塔内)動物 基工図』 (1970) ※当初の状況	
		当初数	番号／仕様	番号／仕様	当初数	仕様	
18	マストドンザウルス	1	機械装置	両生類・爬虫類仕様 作動		鉄骨下地、FRP彩色、頭部ラテックス、アクリル 1 凝眼、樹上取付 作動あり(マブタ開閉、牙出し運動)	
19	クリプトクレドウス	1	機械装置	両生類・爬虫類仕様 作動		鉄骨下地、FRP、手足ラテックス、アクリル凝 1 眼、彩色、空中吊込 作動あり(手足運動)	
20	メソザウルス	1		両生類・爬虫類仕様		鉄骨下地、FRP成型、彩色仕上げ、空中吊り込 み	
21	プロンプトザウルス	1	機械装置	両生類・爬虫類仕様 作動		鉄骨下地、FRP成型、胸部尾(スプリング入)ラ 1 テックス、アクリル凝眼、樹上取付 作動あり(腹部呼吸、噛む、尾運動)	
22	トラコドン	1	機械装置	両生類・爬虫類仕様 作動		鉄骨下地、FRP彩色、咽喉部ラテックス、アクリ ル凝眼、樹上取付 1 作動あり(眼球の動き、咽喉呼吸、頭部左右回 転、マブタ)	
23	エダフォザウルス	1	機械装置	両生類・爬虫類仕様 作動		鉄骨下地、FRP成型、咽喉部ラテックス、アクリ ル凝眼、彩色、樹上取付 1 作動あり(咽喉呼吸、ストローク10度開閉、頭 上下運動) FRP成型、電動植毛、羽クロス貼り、アクリル 凝眼、彩色	
24	ブテラノドン	2	機械装置	両生類・爬虫類仕様 作動		2 1体: 作動あり(空気圧に依る上下運動)、空中 吊込 ・1体: 作動あり(羽の開閉運動、ドラム巻取り 式)、枝先端取付 鉄骨(実際は木芯)、発泡スチール成型、ABS 1 樹脂吹付、彩色、空中吊込 作動あり(骨の一部連続振動)	
25	古代生物の骨格 (ザウロボタ)	1					
26	マンモス	1	機械装置	鉄筋及びメタルネット成型・植毛・一 部FRP 作動		鉄骨下地、金網成型、石膏吹付もしくはABS樹 脂吹付けクロス貼り、植毛、アクリル凝眼、鼻ラ 1 テックス、スプリング、牙及び爪FRP彩色及び、 樹上取付 作動あり(ストローク40度首ふり運動)	
27	ゴリラ	1	機械装置	鉄筋及びメタルネット成型・植毛・一 部FRP 作動		鉄骨下地、金アミ成型、石膏吹付、植毛、アクリ ル凝眼、手足及び顔ラテックス仕上、彩色、 樹上取付 作動あり(口の開閉、頸上下運動)	
28	オナガザル	2	機械装置	鉄筋及びメタルネット成型・植毛・一 部FRP 作動		FRP成型、ラテックス仕上、電気植毛、アクリル 2 眼球、彩色、空中吊込 作動あり(小型モーターに依る電動回転)	
29	テナガザル	2		鉄筋及びメタルネット成型・植毛・一 部FRP		FRP成型、ラテックス仕上、電気植毛、凝眼、 彩色、樹上取付	
30	オラウータン	2		鉄筋及びメタルネット成型・植毛・一 部FRP		2 FRP成型、ラテックス仕上、電気植毛、凝眼、 彩色、樹上取付	
31	チンパンジー	2		鉄筋及びメタルネット成型・植毛・一 部FRP		2 FRP成型、ラテックス仕上、電気植毛、凝眼、 彩色、樹上取付	
32	ネアデルタール人	5		FRP成型・一部皮		FRP成型、彩色 5 ※ネアンデルタール人とクロマニヨン人は「原 始人」として区別なく8体	
33	クロマニヨン人	3		FRP成型・一部皮		FRP成型、彩色 3 ※ネアンデルタール人とクロマニヨン人は「原 始人」として区別なく8体	
合計		292	機械装置は62体			292	

番号	閉幕後～改修工事前の 保存状況	『太陽の塔内部展示制作委託 実施設計図』(2015) オリジナルの仕様	『太陽の塔内部展示制作委託竣工図』 (2018)※現在の状況			生命の樹から取り外された オリジナルの保存状況 ※今回の調査で確認の範囲であ り、全数把握はしていない
			現在数	修復の状況 (現在の状況)	修復もしくは新規の仕様	
18	(2012/5/30資料)EXPO'70PV	オリジナルあり。表皮はウレタン樹脂。	1 新規	既存造形から型取り。透明ポリエステル樹脂、 ウレタン塗料。		EXPO'70
19	(2012/5/30資料)EXPO'70PV	オリジナルあり。表皮はウレタン樹脂。	1 修復	分割して芯材を挿入、FRPをオーバーレイ加 工、ウレタン塗料。		—
20	(2012/5/30資料)EXPO'70PV	オリジナルあり。繊維強化樹脂。	1 修復	分割して芯材を挿入、FRPをオーバーレイ加 工、ウレタン塗料。		—
21	(2006/4)現地 (2012/5/30資料)現地 (2015実施設計図)より現地	オリジナルあり。表皮はウレタン系 樹脂。	1 修復	クリーニング後、取付具を補強あるいは交換、 破損個所を修復		—
22	(2012/5/30資料)EXPO'70PV	オリジナルあり。表皮は繊維強化樹 脂。	1 新規	既存造形から型を取り、FRP成型後、ウレタン 塗料		EXPO'70
23			1 新規	原形造形。繊維補強ポリエステル樹脂、ウレタ ン塗料		
24	(2006/4)1体(頭部なし):現地 (2012/5/30資料)1体: EXPO'70PV (2016/10/6時事通信映像)1 体:現地	オリジナルあり。繊維強化樹脂、水 性塗料。	1 修復	クリーニング	1体(頭部なし):EXPO'70	—
25		オリジナルあり。芯材は木製。繊維 強化樹脂、水性塗料。	1 修復	破損部分の補強および交換		—
26			1 新規	原形造形。繊維補強ポリエステル、ウレタン塗 料		
27	(2006/4)現地 (2012/5/30資料)現地 (2015実施設計図)現地	オリジナルあり。顔手足:ウレタン系 樹脂。その他部位:金網造形に石膏 吹付、植毛	1 当初	クリーニング。頭部のむき出しになったメカ部 分は修復せず。		—
28	(2006/4)1体:現地		2 新規	原形造形。繊維補強ポリエステル樹脂、ウレタ ン塗料		
29	(2006/4)1体:現地 (2015実施設計図)1体:現地		2 新規	原形造形。繊維補強ポリエステル樹脂、ウレタ ン塗料	1体:EXPO'70	
30			2 新規	原形造形。繊維補強ポリエステル樹脂、ウレタ ン塗料		
31	(2006/4)1体(足のみ):現地		2 新規	原形造形。繊維補強ポリエステル樹脂、ウレタ ン塗料		
32			3 新規	原形造形。繊維補強ポリエステル樹脂、ウレタ ン塗料、人工毛皮		
33	(2006/4-6)1体、(もう1体は 右足のみ)→右足部分:取り外 し (2012/5/30資料)2体:現地 (2015実施設計図)1体:現地	オリジナルあり。繊維強化樹脂。	3 修復2体 新規1体	修復:破損部分は原型から再製作、毛皮部分 交換 新規:繊維補強ポリエステル樹脂、ウレタン塗 料、人工毛皮	3体:EXPO'70	
	(2016/10/6時事通信映像) 約30体が現地設置		183			

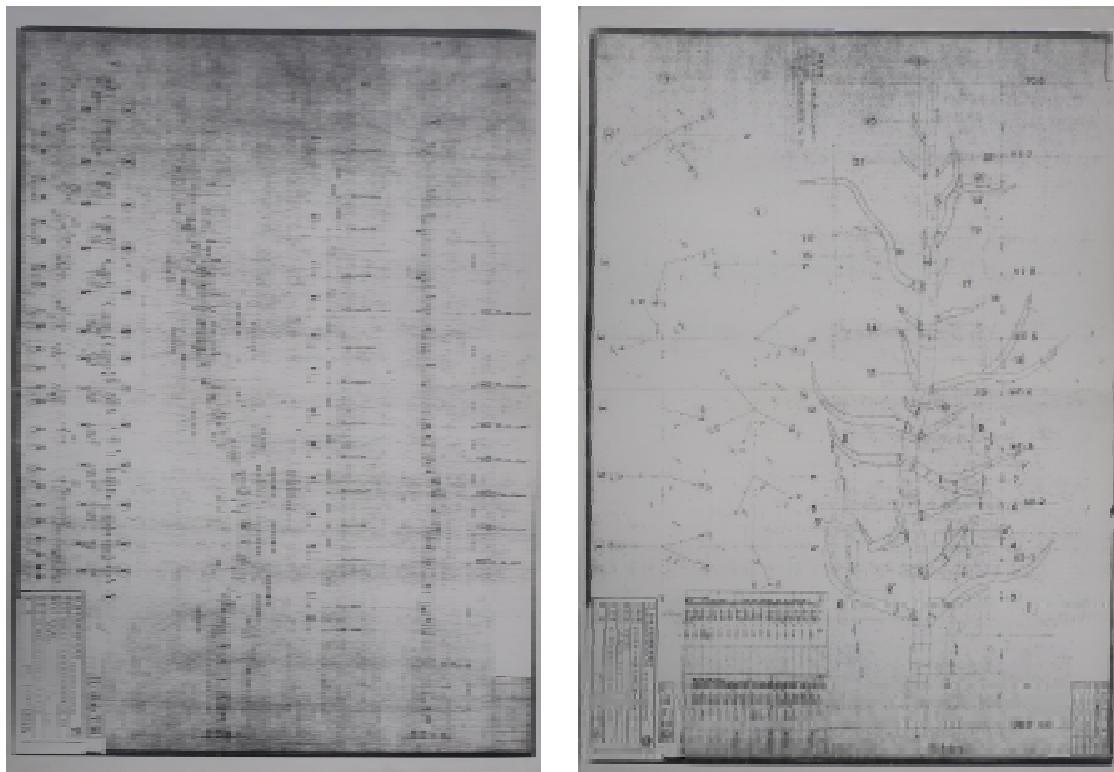


図 2-30 生命の樹 竣工図（幹組立図、枝組立図その1）

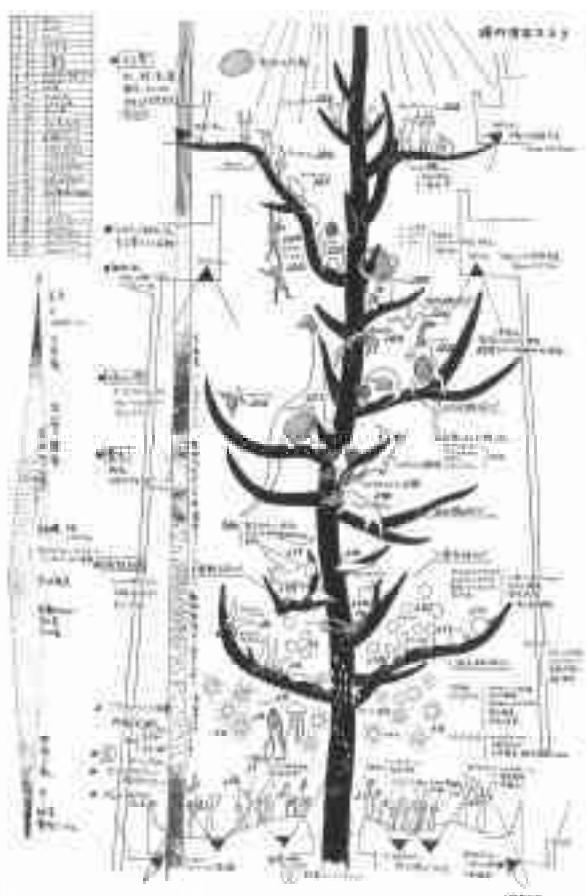


図 2-31 塔内演出スコア

出典：『EXPO' 70 の建築』(株)工業調査会,
1970 年 6 月 5 日

(3) 太陽の塔に採用された技術と素材

太陽の塔の建設には、岡本太郎の構想を具現化するために当時の最新技術や新素材などを活用して作り上げられており、限られた時間の中で多くの技術者による知恵と工夫、新たな挑戦により実現された。

本節では、太陽の塔の建設にあたり採用された構法や材料について概観する。

① 曲面の数式化

建築は、通常であれば図面を作成してから施工に及ぶが、「太陽の塔」については、岡本太郎の構想（模型）を図面化することから実践されている。現在では3Dスキャナなどの技術が進歩し、模型（3次元）を図面化（2次元）するのは容易であるが、当時は、そのような専用機器もなかつたことから模型を数値データに変換することは困難であった。

実施設計を担当した集団制作建築事務所の奈良利男と植田昌吾は、岡本太郎が制作した1/100の石膏模型を複製し10mmごとの輪切りにした。輪切りした模型の平面は橜円の形状を成していたため4つの円の組合せにより橜円平面と置き換える方法を考案し、各円の中心を上下左右に動かしながら幾何学的な図形の集まりとして整理を行った。そのうえで、円を積み重ねる4本の中心線の軌跡を決めるため東京大学生産技術研究所の大山宏²³⁾に電子計算機による解析を依頼し、その後は手作業でそれぞれの円弧の中心点を調整することで図面化を可能とした。

このように、太陽の塔は芸術家のオリジナル性を技術者たちの創意工夫により実現させた作品である。

胴体は4個の円弧を組み合わせた橜円状の円錐、上部は、曲がった徳利型、腕部分は、6個の円弧を組合せたおむすび型で、中心線を2次曲線、途中から先端部までは3次曲線として数値解析がなされている。腕部については図面化するために左右対称にする必要があったため調整を行い、断面は数式に基づいての計算が可能であったため、大山宏により3次元的に表示できる状態とした。これらの図面をベースに、施工業者による施工図の作成が行われた。

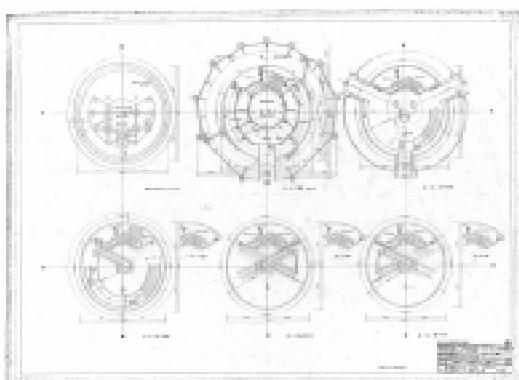


図2-32 平面図

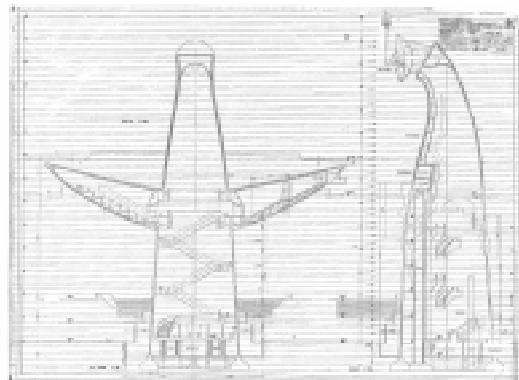


図2-33 断面図

²³⁾ 大山宏は東京大学大学院坪井善勝研究室にて構造計画を研究し、その後川股重也研究室にて太陽の塔の構造設計に従事する。

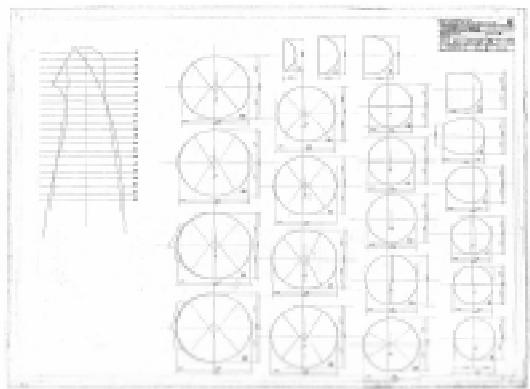


図 2-34 シェル断面図

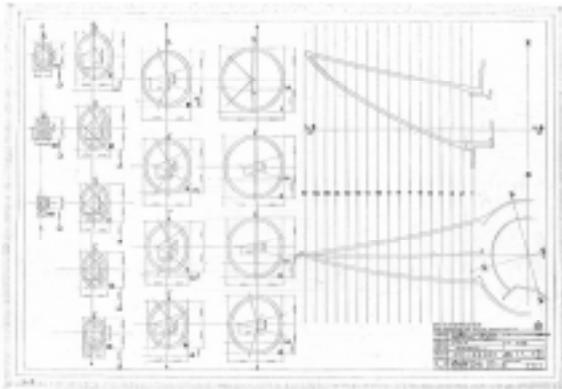


図 2-35 腕部断面図

図 2-32～35 万国博テーマの塔建築工事のうち太陽の塔新築工事 設計図
昭和 43 年 8 月 30 日

② 大型鉄骨の製作と組立

太陽の塔の腕部および胴体上部は鋼管による鉄骨造である。太陽の塔と大屋根とは別構造ではあるが、動線としては腕部から大屋根へと連続する計画であり、太陽の塔の腕の先端部が大屋根の部材に近接するよう適正な距離が求められた。自重の撓みや熱による伸縮を予想しながら、高い精度での施工を実現するための施工計画が要求された。施工は竹中工務店が行っている。

構造設計は東京大学坪井研究室 坪井善勝教授・川股重也助教授（当時）が担当しており、当初は鉄骨（H型）で検討されていたが、最終的には鋼管による構造とすることで決定された。腕部および胴体上部で使用されている鋼管は大阪万博のオリジナルであり、制作は池田工業株式会社²⁴⁾によるものである。

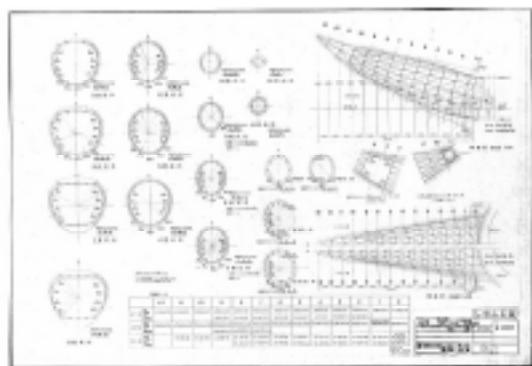


図 2-36 腕部

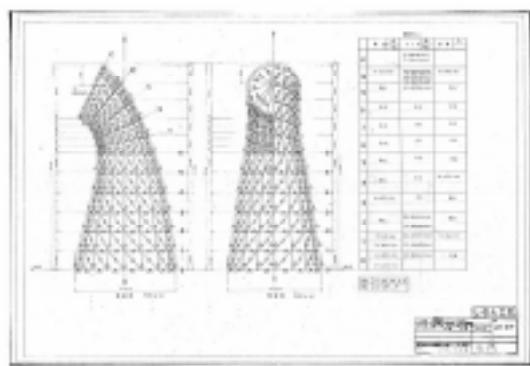


図 2-37 胴体上部

図 2-36、37 万国博テーマの塔建築のうち太陽の塔及び母の塔新築工事 竣工図

²⁴⁾ 池田工業株式会社（愛知県稲沢市下津所在）は、国土交通大臣認定工場として、Hグレードの資格を保有する。

③ 湿式ショットクリート（吹付けコンクリート）

ショットクリートとは、モルタルやコンクリートを空気圧でホース内を輸送し、先端のノズルから下地や片型枠などに高速で吹き付ける工法の総称で、一般的に吹付けモルタルや吹付けコンクリートと呼ばれる。この工法は、固練りのモルタルやコンクリートを吹付け時の衝撃により締め固めて下地面に付着させることで自重を支えることができ、垂直の壁だけでなく撥ね出し部や天井面などにも施工が可能であるため、流し込みによる成形が困難な薄い部材や複雑な形状の構造物の施工が容易である点が特徴である。

ショットクリートには乾式工法と湿式工法があり、乾式工法は、セメント・湿った細骨材（最大寸法 5mm の砂）を空練りして吹付け機に投入し、空気圧によりホースを介して先端まで圧送し、先端のノズルで霧状の水と混合してモルタルやコンクリートとして吹付けを行う工法である。乾式工法では、水の噴霧は吸水バルブの操作で調整するため、ノズルマンの技量に左右され、強度のばらつきなどの品質変動が大きくなる点が短所である。湿式工法は、吹付け機のミキサーに所定量のセメント・骨材・練り混ぜ水を投入して攪拌し、あらかじめモルタルやコンクリートの状態にしてから空気圧によりホースを介して、先端のノズルから吹付けを行う工法である。湿式工法では、事前に全ての材料を混ぜ合わせるため、材料の比率や調合などの調整が可能となり安定した品質のモルタルやコンクリートが得られる反面、施工の良否や吹付け機の大型化が短所である。

太陽の塔の建設当時、既に米国では湿式工法はシェル構造・折板構造などの鉄筋コンクリートの施工法として採用された事例はあったが、国内においては建築に採用された事例はなく、工作物への使用に留まっていた²⁵⁾。

太陽の塔の外形は曲線が多く通常の型枠工法が採用できなかつたこと、また、施工期間が短いなどの状況下から²⁶⁾、胴体上部と腕部の鉄筋コンクリートシェルの部分には湿式ショットクリート（吹付けコンクリート）工法が採用された。

太陽の塔の施工にあたり、施工に適した吹付け工法や材料・調合の選定については竹中技術研究所が中心となり実験や試験施工を行った²⁷⁾。

吹付け工法の選定にあたっては、湿式・乾式それぞれの技術を有する専門業者の協力のもと、モルタルと豆砂利コンクリートの吹付け実験を行い、施工性と強度特性について比較検討を行ったうえで最終的に湿式工法が採用された²⁸⁾。また、使用する材料の選定や調合の実験は、揖斐電化成（株）の「上下 2 連型の揖斐式湿式吹付け機²⁹⁾」を使用して行われた。この実験の結果に基づく、ショットクリートの乾燥収縮や亀裂対策としての膨張材の使用やセメントの初期水和と膨張材の収縮低減効果の促進を目的としたセメント分散材の使用は、ショットクリートでは初めての試みであった。

²⁵⁾ 太陽の塔以前に国内で湿式工法のショットクリートが採用されたものを 3 事例確認できた。①大船観音（神奈川県鎌倉市所在）：昭和 35 年（1970）に完成。施工は東興建設、②地下蓄熱水槽の防水押えコンクリート（東京都中央区所在）：太陽の塔の試験施工を兼ねて揖斐電化成が施工、③大阪万博欧洲共同体（EU）パビリオン：昭和 45 年（1970）に完成。屋根に太陽の塔で使用したショットクリートとほぼ同じ調合の湿式ショットクリートを使用、揖斐電化成が施工するも既に解体済み。

²⁶⁾ 太陽の塔のショットクリート工事は施工期間を 1969 年 10 月初旬から 11 月末の 2 か月間で行われた。

²⁷⁾ 嵩英雄、谷出直義「ショットクリートの諸性質に関する研究（第 1 報）—ショットクリートの基本的性状について—」竹中技術研究報告、No. 7. 1971

²⁸⁾ 竹中技術研究所における基礎実験および大阪万博会場における試験施工、実施工は揖斐電化成（株）に依頼した。

²⁹⁾ 形式：上下 2 連型、常用空気圧：4~7kg/cm²、ホース径：材料 38mm／空気 50mm、施工法力 2~3.5m³、標準調合比：C1 : A4、最大輸送距離：水平 150m／垂直 60m

太陽の塔の構造設計を担当していた坪井研究室からは、当初コンクリートにおける設計基準強度を 400kg/cm^2 に設定するよう要求があったが、不良率を考慮して要求強度の70%に低減された。最終的に基本調合は、設計基準強度 280kg/cm^2 、水セメント比41%、セメント骨材比1:4とした。セメントはデンカ CSA プレミックスセメント（普通ポルトランドセメントに膨張材 CSA12.5%混合）を使用し、細骨材に川砂（最大寸法5mm）、粗骨材に豆砂利（最大寸法13mm）、練混ぜ水に上水道水、分散剤にカルボン酸パリックSを使用した。

太陽の塔のショットクリート工事では、高所への吹付けと上向き吹付けという施工面での課題があったが、吹付け機の小型化と吹付け技量の高い職人による施工により解決した。吹付け機は新たに開発された三和機工（株）の「新型水平2連型吹付け機」を主に使用し、腕部の施工については左右均等に吹付ける必要があったため上面吹付けは、それぞれ「上下2連型の揖斐式湿式吹付け機」と「新型水平2連型吹付け機」の2台を用いて両腕同時並行に行い、腕部下面など作業が困難な上向き吹付けが必要な部分については職歴20年の職長により行われた。

太陽の塔におけるショットクリートの施工手順は、まず腕部および胴体上部の鋼管の外側に、太陽の塔の外形を象った曲面型枠³⁰⁾を設置し、鉄筋格子（ワイヤーメッシュ）³¹⁾をラスとしてそれぞれに配置した。型枠は吹付け時の衝撃による振動や剥落防止のため厚さ12mmの型枠用合板を使用し、鉄筋格子には異形棒鋼D10を使用し結合はアーク溶接とした。また、鋼管と鉄筋格子の接続にはシアコネクターが用いられた。

続いて型枠、鉄筋格子を配置した上から、胴体上部には厚さ70mm、腕部には厚さ50mmでコンクリートを吹付けた。胴体上部および腕部は一層吹きとし、腕部下面における上向き吹付けに関しては職長が担当し、剥落が起きないように外気温度や湿度、下地への付着状況に応じて2～3層に分けて吹付けた。吹付け厚さは、型枠合板に打ち込んだ計測ピンによって管理し、最外層の吹付け後に余剰部分を定規擦りで削り落とした。

太陽の塔の外壁の仕上げについては岡本太郎の要望によるドイツ壁風に凹凸を付けた仕上げとするため、構造躯体の工事完了後に地上から頂部までの全外周面に吹付けモルタルによる化粧吹きを行った。

現在ショットクリート工法の中でも乾式工法はトンネル工事などに使用されており、大阪万博以降は太陽の塔の実績を踏まえて建造物の補強工事などに使用されるようになった。トンネル工事では主に乾式工法、補強工事では乾式・湿式工法のいずれも採用されている。また、建築工事においては1960年代に建築された百貨店や工場などの大スパンの床版で大きなたわみを生じる事例が多くあったため、その応急補修工法としてショットクリートが採用されている。当時床版下面に増し筋を行いショットクリートで補強する工法が開発されており、1972年頃には数例の実施があったが、その後1981年の新耐震基準の施行に伴いこれらの建物はすべて解体されている。

³⁰⁾ 曲面型枠とは、合板を温めながら太陽の塔の図面をもとに腕や胴体の曲面にあわせて加工した型枠で、腕の先端1mの範囲は役物の型枠が製作されている。

³¹⁾ 太陽の塔で使用されたワイヤーメッシュは、太陽の塔の外形にあわせてプレス加工が施された鉄筋を縦横格子状に配列し、交点を点溶接により固定したもの。

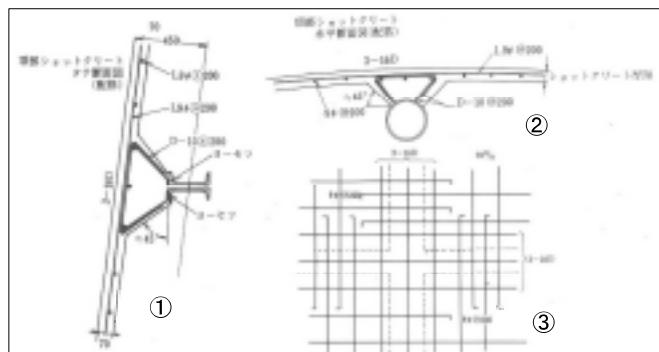


図 2-38 胴体上部ショットクリート
①縦断面・②水平断面・③壁筋配置

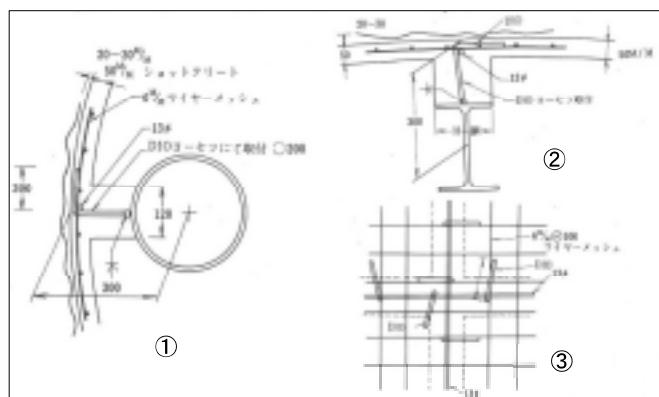


図 2-39 腕ショットクリート
①縦断面・②水平断面・③壁筋配置

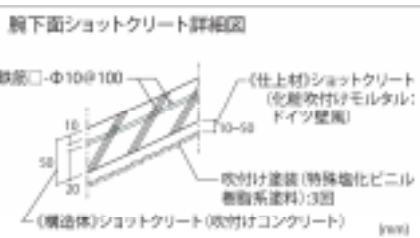
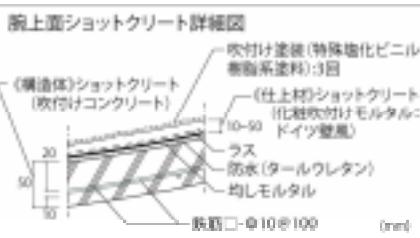
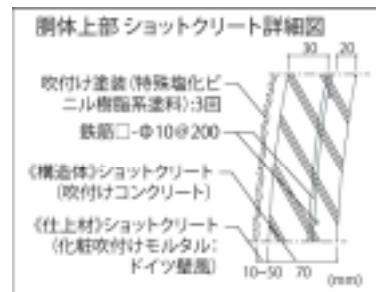


図 2-40 胴体上部・腕ショットクリート
断面詳細

④ ウレタン防水の使用

太陽の塔の防水工事には、ウレタンゴム系塗膜防水材が使用されている。使用された防水材は、「ミリオネート SA³²⁾」という商品名で保土谷化学工業株式会社が製造していた材料である。当時、一般にタールウレタンと呼ばれていた。現在、タールウレタンは販売されていない。

これは、当時実用化されてから間もない材料で、過去には改修工事の補修材としての使用事例はあったものの新築工事での実績はなく太陽の塔で初めて使用された。

太陽の塔の設計が行われていた昭和 43 年（1968）当時販売されていた他の防水材の検討もなされたが³³⁾、JV（竹中工務店、大林組、藤田組）で太陽の塔を担当した竹中工務店技術研究所の判断によりタールウレタンを使用することとなった³⁴⁾。当時、現在でいうウレタンゴム系塗膜防水材は開発中であり一般に流通していなかったため、使用できるのは太陽の塔に採用されたタールウレタンのみであった。

タールウレタンは、両腕の上下の稜線（上面から下面に切り替わる線）を境に上面部分のみに使用されている。

³²⁾ ミリオネート SA は、カラーウレタンが主流になった 1990 年頃に製造を終了している。

³³⁾ 当時検討された防水材は①クロロプレンゴム系溶剤形塗膜防水材、②塩ビ系溶剤形塗膜防水材、③ 2 成分反応形タールウレタン防水材の 3 種類であったが、①は工程が 8 工程も必要であり、その割に塗膜が薄い、②は冷蔵庫入れて、取り出して曲げると割れる、③はトップコートにブリードが生じ、褐色に変色するため露出防水には使用できないと竹中技術研究所よりアドバイスされた。

³⁴⁾ 奈良利男「太陽の塔」と仕上技術 その 1、その 2 による。

施工方法は、腕全体に湿式ショットクリートを吹付け、表面をモルタルで平滑に均す。その後、職人はゴムベラ等を用いてタールウレタンを3回塗り、その上にワイヤーメッシュを取り付け樹脂モルタルによる吹付けを行う。

本工事が契機となり、塗膜防水と呼ばれる防水工法に注目が集まり、その後急速に発展した。

⑤ 塔内拡散板の開発

塔内壁面に取りつく拡散板は、音響制御用に設置されたものである。太陽の塔のような円柱の空間では、ハウリングや音の多重反響が起きてしまうため、壁面に凹凸を付けて音場の拡散をはかり、吸音特性に優れた内装材料を用いる必要があった。

拡散板には大きく2種類ありそれぞれ役割が異なる。主に吸音を目的とする拡散板は穴あき板で作られており背面に吸音材（グラスウール）が挿入されている。拡散を目的とする拡散板は無孔板を採用しており、背面には同じく吸音材を挿入していることから拡散と同時に低音域の吸音を兼ねている³⁵⁾。

太陽の塔の音響特性については、実際に20分の1の模型が制作され検討されている。

音響効果により2種類の機能の異なる拡散板を使い分けることで、展示と音響効果を一体化させるなどの工夫がなされているところが特徴である³⁶⁾。

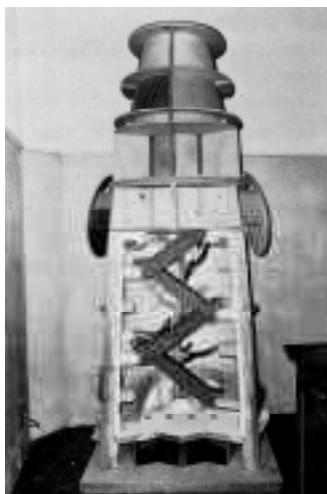


図2-41 音響の実験に使用された20分の1模型

出典：竹中工務店



図2-42 壁面に設置された拡散板
(穴あき板・無孔板)

³⁵⁾ 穴あきの拡散板は1,000Hz以上90%の吸音率を実現し、無孔の拡散板は、拡散とともに200Hzで60%の吸音率を有する。
³⁶⁾ 拡散板は吸音と拡散を同時に制御するために編み出した造形であり、塔内における音響等の計画についてはNHの技術研究所の協力による（『太陽の塔岡本太郎と7人の男たち』の千葉一彦（当時テーマ館プロデューサー）のインタビューより）

4. 現在の太陽の塔

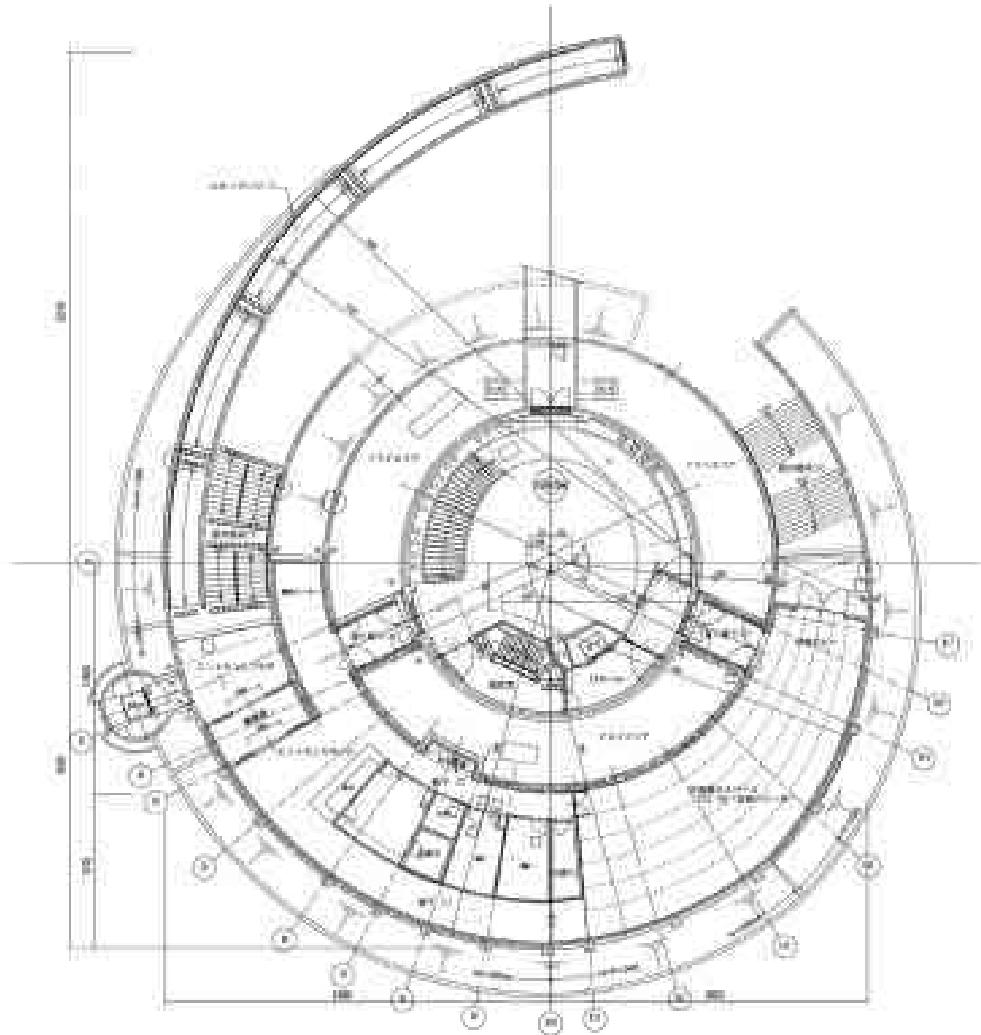
(1) 規模及び構造形式等

以下、「太陽の塔」における現状の仕様等の基本情報について記載する。

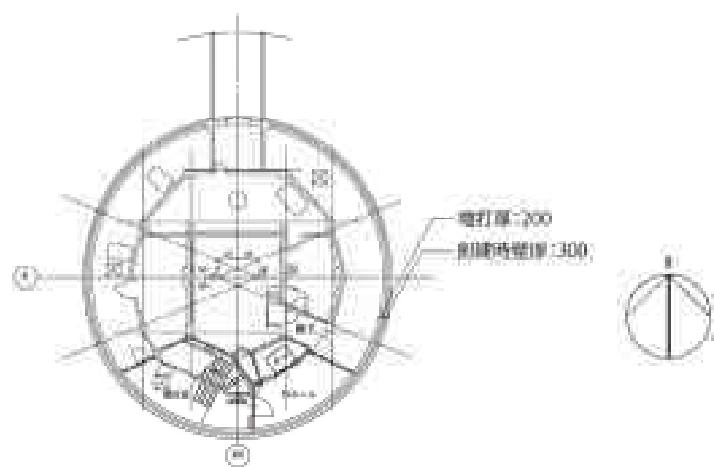
部位	内容
規模 (※建築面積～容積率については増築部を含む)	敷地面積 1,291,667.41 m ² 建築面積 1,031.76 m ² 延床面積 1,858.77 m ² 地下 1 階 310.486 m ² 、1 階 806.351 m ² 、2 階 147.326 m ² 建蔽率 3.04% (公園内全体) (許容: 60%) 容積率 6.05% (公園内全体) (許容: 200%) 階数 地下 1 階 地上 2 階
寸法	最高高 62,720 mm 階高 太陽の塔内部 3,900mm～26,230mm 基底部直径 約 20m (19,450mm×20,300mm) 腕長さ (片側) 25,000 mm
敷地条件	地域地区 都市計画区域 用途地域指定なし 道路幅員 22,000mm
頂部斜面部	鋼製／仕上げ: フッ素樹脂塗装
「黄金の顔」	直径 10,600 mm 下地: 鉄骨フレーム (当初) 仕上げ: ステンレス板に 3M 製スコッチカルフィルム貼り 目: 直径約 2,000 mm、LED 照明
避雷針	鋼製 (6 本) 仕上げ (塗装): フッ素樹脂塗装
「太陽の顔」	直径 12,000mm、眼の大きさ 3,000mm、鼻の高さ 2,000mm 下地: ガラス繊維強化プラスティック (FRP)、厚さ 8 mm 表面: 発泡ウレタンチップ吹付け 仕上げ: 特殊塩化ビニル樹脂系塗料吹付け (ナブコビン)
「黒い太陽」	直径 8,000 mm、55 m ² 黒色陶板タイル (信楽焼) (縦 120 mm × 横 230 mm × 厚さ 16 mm、約 3,000 枚) 眼: 長さ 3,000 mm (白セメント塗籠)
イナズマ	2 本 赤色ガラスモザイクタイル (イタリア製)
コロナ	11 本 緑色ガラスモザイクタイル (イタリア製)
胴体上部	鉄骨造+湿式ショットクリート (吹付けコンクリート) 仕上げ: 化粧吹付けモルタル (H4 修理箇所はファイバー入りポリマーモルタル) 塗装: 特殊塩化ビニル樹脂系艶消塗料吹付け (ナブコホワイト)
腕部	鉄骨造+湿式ショットクリート (吹付けコンクリート) 仕上げ: 化粧吹付けモルタル (H4 修理箇所はファイバー入りポリマーモルタル) 塗装: 特殊塩化ビニル樹脂系艶消塗料吹付け (ナブコホワイト)
リング部	鉄骨鉄筋コンクリート造 仕上げ: 化粧吹付けモルタル (H4 修理箇所はファイバー入りポリマーモルタル) 塗装: 特殊塩化ビニル樹脂系艶消塗料吹付け (ナブコホワイト)

部位	内容
胴体下部	<p>鉄筋コンクリート造 壁厚 500 mm (当初軸体 300 mm + 補強増し打ちコンクリート 200 mm) 仕上げ: 化粧吹付けモルタル (H4 修理箇所はファイバー入りポリマーモルタル) 塗装: 特殊塩化ビニル樹脂系艶消塗料吹付け (ナブコホワイト)</p>
基礎	RC 造 (ドーナツ状布基礎)
塔内部	<p>【仕上げ】</p> <p><u>塔 1 階展示室</u> 床: ビニル床タイル (東リ: フェイソールプラス) 壁: 鉄筋コンクリート打ち放し (増し打ち補強) の上、内装薄塗材 (エスケー化研: ベルアート IN) / 拡散板: 857 枚 天井: GB-R t=12.5+12.5 mm 内装薄塗材 (エスケー化研: ベルアート IN)</p> <p><u>吹き抜け階段</u> 床: ゴム床タイル (ニチマンラバーテック: アストロフェースプレーン) 壁: ガラス手摺 St t=1.6mm A-BE</p> <p><u>2 階展示室</u> 床: ビニル床タイル (東リ: マチコ V) 壁: 既設鉄筋コンクリート壁の上、内装薄塗材 (エスケー化研: ベルアート IN) 天井: 硅酸カルシウム板 t=6.0 mm EP 塗装 / ホリゾント: 23 枚</p> <p><u>塔内部階段室・EV ホール</u> 床: ビニル床タイル (東リ: マチコ V) 壁: 鉄筋コンクリート打ち放し (増し打ち補強) EP 塗装 天井: EP 塗装</p> <p>【照明】 LED 照明</p>
生命の樹	幹部の高さ: 41,000mm (1FL から)、鋼製 生物模型: 183 体 (当初 1 体、修復 27 体、新規制作 155 体)
増築部・外構	<p>【外部仕上げ】</p> <p>屋根: 鉄筋コンクリートスラブの上、シート防水 + 屋上緑化 外壁: 外装薄塗材 E (エスケー化研: ベルアート) 開口部: アルミサッシ スチールサッシ・DP 塗装 外構: インターロッキング舗装 カラーアスファルト舗装 磁器質タイル張り</p> <p>【内部仕上げ】</p> <p><u>増築部展示室・エントランスホール</u> 床: ビニル床タイル (東リ: リノテスタ) 壁: GB-R t=12.5+12.5 mm 内装薄塗材 (エスケー化研: ベルアート左官) GB-R t=12.5+12.5 mm EP 塗装 天井: GB-R t=12.5+12.5 mm EP 塗装 硅酸カルシウム板 t=6.0 mm EP 塗装 (ホリゾント)</p>

部位	内容
増築部・外構	<p><u>増築部渡廊下</u> 床：ビニル床タイル(東リ：リノテスタ) 壁・天井：GB-R t=12.5+12.5 mm EP 塗装</p> <p>【照明】 ライトアップ用 LED 照明 (RGBW) 6 台 (PHILIP 製)</p>
設備	<p>【空調設備】 空調方式：個別空冷ヒートポンプ方式</p> <p>【衛生設備】 給水：直結給水方式 排水：汚水雑排水合流方式 雨水分流方式</p> <p>【電気設備】 受電方式：屋内キュービクル方式(既設キュービクルを利用) 設備容量：一般電灯 300KVA×1 台 一般動力 300KVA×1 台 (既設キュービクル容量) 予備電源：屋外設置 200V×47KVA</p> <p>【防災設備】 消火：パッケージ消火設備 連結送水管設備 排煙：機械排煙(塔内部) + 自然排煙 (増築部)</p> <p>【その他】 誘導灯 非常放送 自動火災報知機 非常用照明</p> <p>【昇降機】 乗降用エレベーター 2 基</p>



1階平面図



地階平面図

図 2-43 平面図（1階・地階）

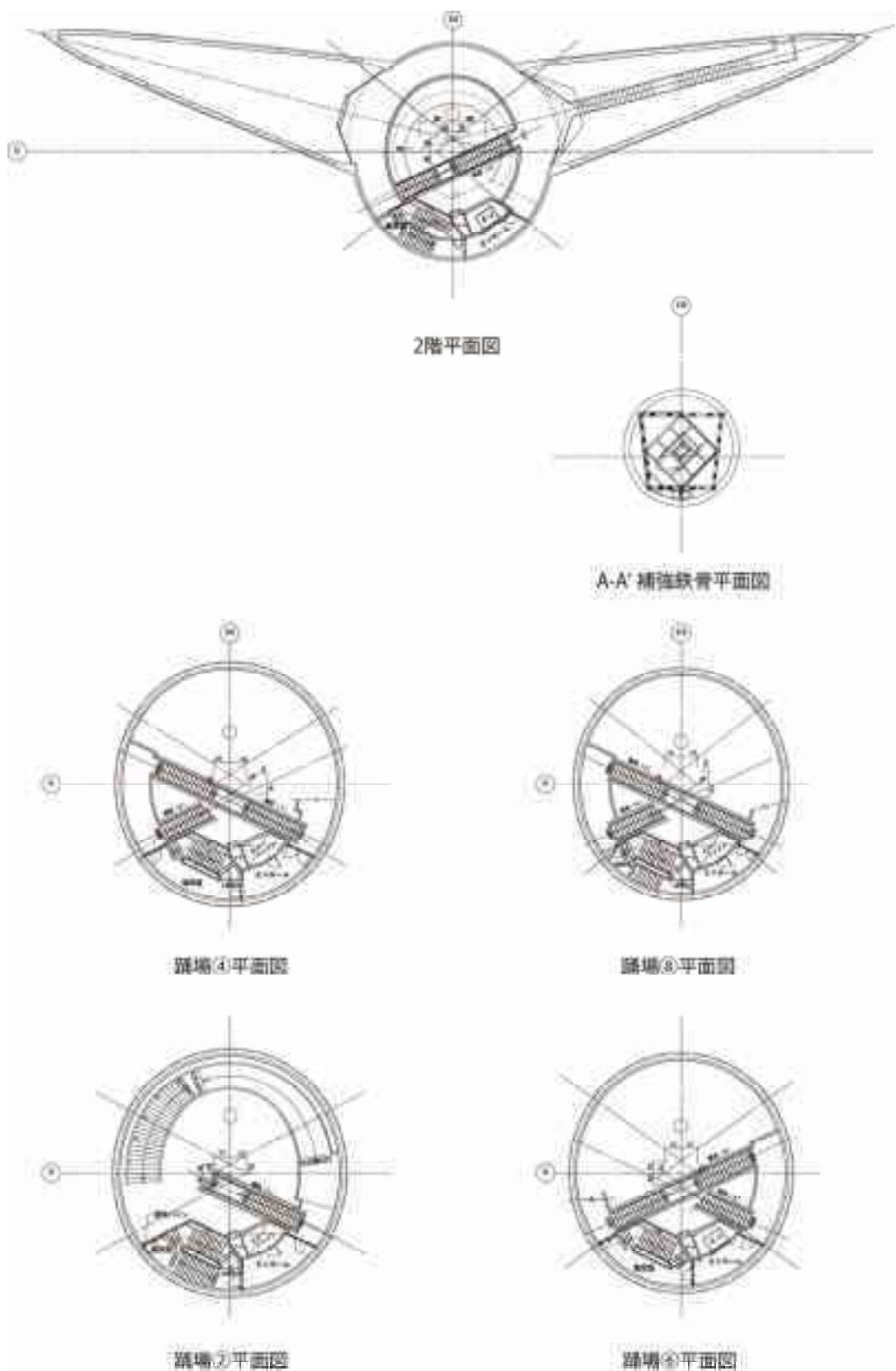
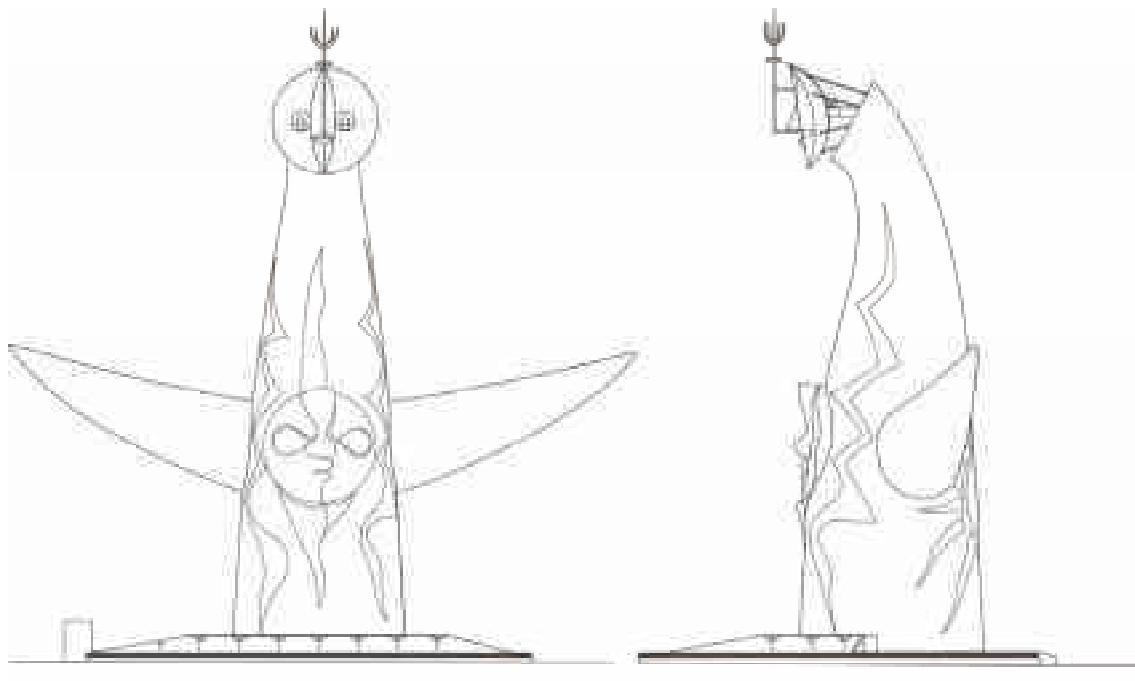
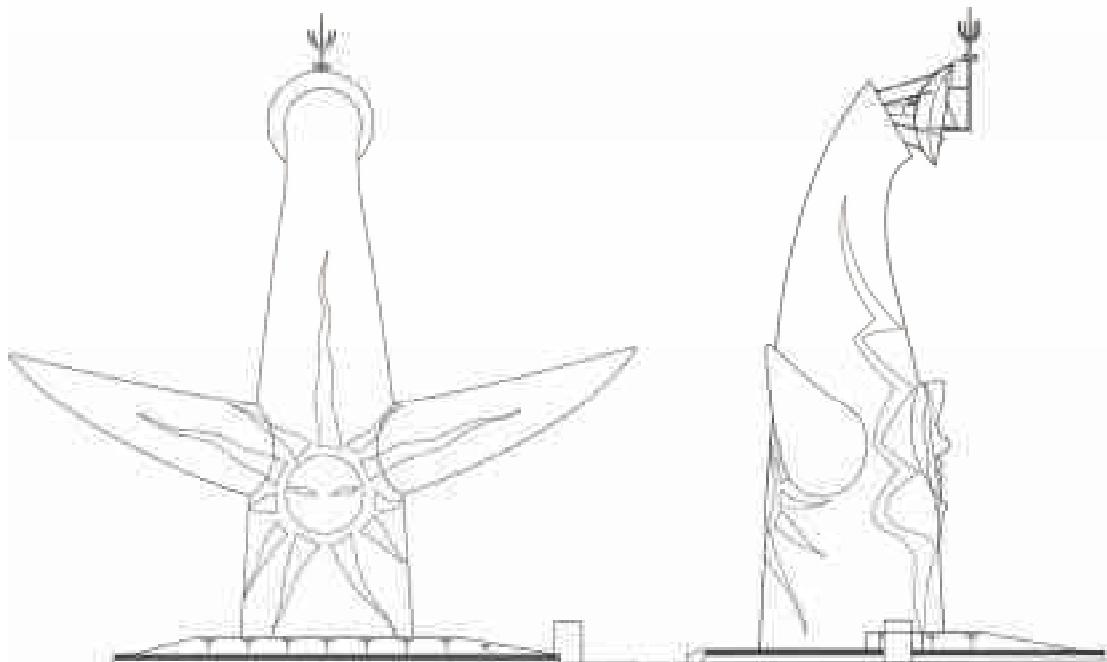


図 2-44 平面図（跳場 2~6・2 階・上部補強）



南側立面圖

東側立面圖



北側立面圖

西側立面圖

図 2-45 立面図

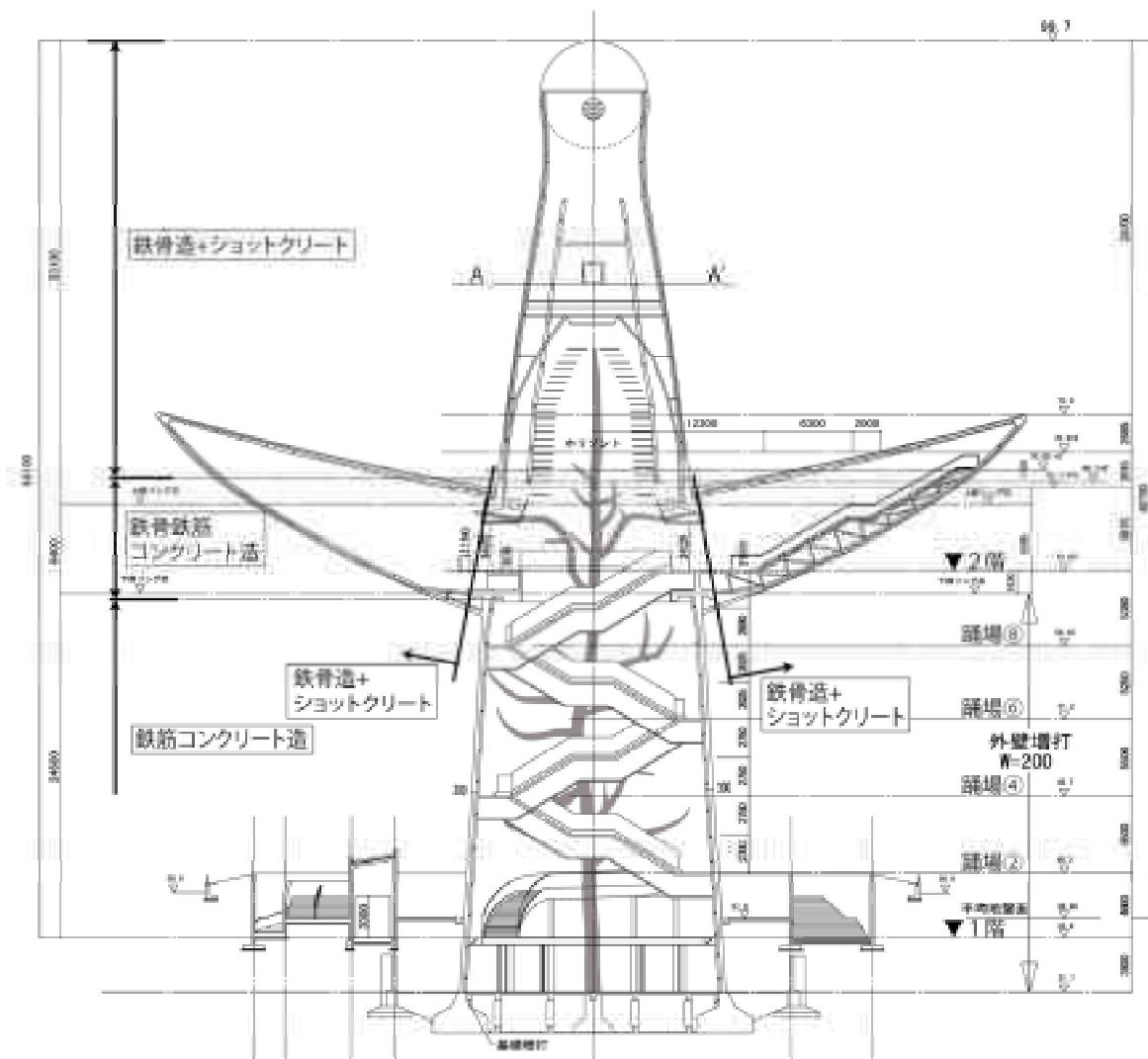


図 2-46 断面図



図 2-47 太陽の塔 正面



図 2-48 太陽の塔 背面



図 2-49 黄金の顔



図 2-50 太陽の顔



図 2-51 黒い太陽



図 2-52 生命の樹（塔内中央脚部）

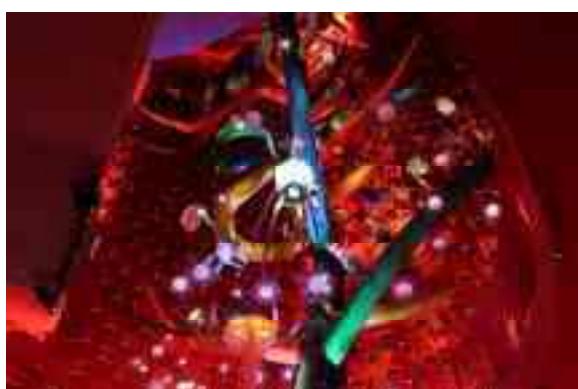


図 2-53 生命の樹（塔内中央上部）

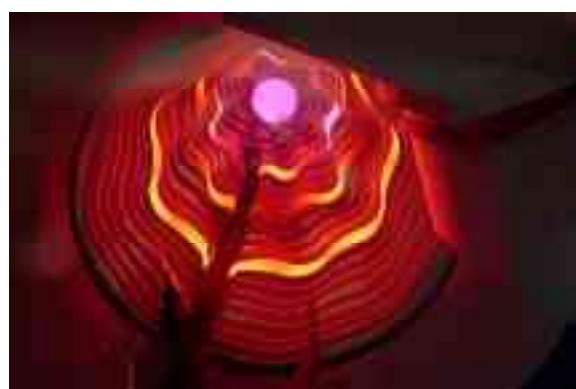


図 2-54 ホリゾント（塔内最頂部）



図 2-55 鉄骨（左腕内部）



図 2-56 鉄骨刻印（腕部）

(2) 登録概要

以下、登録有形文化財（建造物）としての概要について記載する。

名称	太陽の塔
員数	1棟
年代	昭和 45 年（1970）竣工／平成 5 年（1993）・同 30 年（2018）改修
構造および形式等	鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造 地上 2 階地下 1 階建、建築面積 491 m ²
所在地	大阪府吹田市千里万博公園 41-1
所有者	大阪府
登録年月日	令和 2 年（2020）8 月 17 日
登録基準	（三）再現することが容易でないもの 万博記念公園に位置する大阪万博のシンボル。高さ約 70 メートルで、鉄筋コンクリート造や鉄骨造等の混構造。万博では展示空間である一方、階段を設け地下展示と空中展示を結ぶ動線の役割も担った。岡本太郎の斬新な造形を、様々な建設技術を駆使し実現した。