

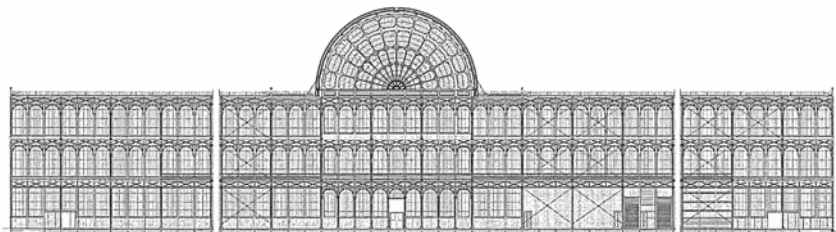
「鉄とガラス」のクリスタル・パレスにおいて木材が果たした役割

Roles of Timber for the construction of the Crystal Palace in relation to Iron and Glass

小見山 陽介

2つのクリスタル・パレス

1851年万国博覧会会場としてロンドンのハイドパークに建設された仮設建築物（the Exhibition Building in Hyde Park）と、それを解体・移築して同じくロンドンのシドナムの丘に建設された恒久建築物（the Crystal Palace at Sydenham Hill）は、いずれもクリスタル・パレスと呼ばれた（前者は愛称として、後者は正式名称として）。博覧会時のクリスタル・パレスは三階建てで、内装を含めて9ヶ月の工期で完成した。移築後のクリスタル・パレスは規模が拡張され五階建てとなり、完成におよそ2年の歳月を要した。1851年の万国博覧会とクリスタル・パレスはヴィクトリア時代におけるイギリスの産業・文化の象徴であったが、閉幕後、産業・文化育成的な側面は万国博覧会場に近いサウス・ケンジントンに残され文化コンプレックス「アルパートボリス」を構成することとなり、建物自体はパクストンらによって結成された民間のクリスタル・パレス商会に売却されてシドナムに移築され、鉄道網と結びついてヴィクトリア時代のレジャーの象徴として成功を果たした。



図版1 ハイド・パークのクリスタル・パレス
長手方向断面図

（『The Building Erected in Hyde Park for the Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations, 1851』収録の図面を筆者がトレースし、CADデータ化したもの。以下、特記なき場合同じ）

鉄とガラス、と木

研究者ペドロ・ゲデスは『Contesting accepted narratives of the 1851 Crystal Palace』（2006）¹⁾において、英国の建築専門誌『Builder』の1852年5月22日付け記事の記述から、クリスタル・パレスにおいて主たる材料はむしろ木材であり、体積にして鉄の27倍近くが使用されたと主張している。木材は、請負業者Fox Henderson and Co.によって特別にデザインされた機械によってロンドン市内の別作業場で製材され、機械の力を借りた大工たちによって現場で加工され、数百の木製屋根トラスが鋳鉄製のものと同じ見た目になるように製作されたという（しかし、オーウェン・ジョーンズによる色彩計画に基づいた塗装により、木材・鋳鉄・錬鉄の違いは一見わからないように竣工後の建物では隠蔽されてしまった）。これは、神話化された「鉄とガラス」のクリスタル・パレスを、市井の建築も含めた同時代の技術状況・社会状況へと接続しうる重要な指摘である。

1) Guedes, P.D. (2006). 'Contesting accepted narratives of the 1851 Crystal Palace'. In: T. McMin, J. Stephens and S. Bacon, Proceedings [of the] Society of Architectural Historians, Australia and New Zealand XXIII Annual Conference 2006

クリスタル・パレスの設計図書

こうしたゲデスの主張を裏付けることは可能だろうか。それには、建物の成り立ちや施工プロセスを正しく把握する必要がある。現代であれば、それは「設計図書」「施工図面一式」に記載されるべき内容だ。そこで同時代史料を所蔵していると思われる関係機関に、クリスタル・パレスの施工図面所蔵の有無を聞き取り調査した²⁾。回答を総合すると、『The Building Erected in Hyde Park for the Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations, 1851』³⁾ (以下『The Building Erected』) が現在手に入る唯一にして最も「施工図面」に近い資料であることがわかった。施工図面からの抜粋とその解説文で構成されており、収録された 28 枚の図面には 1851 年 6 月から 1852 年 5 月にかけての日付が記載されている。

2) 以下の研究機関にメールまたは現地で直接問い合わせを行い回答を得た。Victoria and Albert Museum、RIBA Library、National Archive、Institute of Civil Engineer、Museum of London Archaeology、Crystal Palace Foundation、Crystal Palace Museum

3) Downes, C. and Cowper, C. (1852) The building erected in Hyde Park for the great exhibition of the work of industry of all nations, 1851. London:Weale.

同時代文献における建築材料への言及

ここからは『The Building Erected』の内容を詳細に見ていく。序章では、これまでも出版された類似書との違いとして、本書にはより具体的な詳細図や寸法が収録されていることを挙げ、必要であれば誰もが似た建物を建てられるだけの正しくまた完全な情報を込めたと述べられている。また建物は「鉄と木とガラスのみ」(constructed entirely of iron, wood, and glass) で建てられており、「大きな」部材は一切使用されていない (no large pieces) ことも特筆されている。最も重い部品は 24 フィート長の鋳鉄製の大梁であり、それでもひとつとして 1 トンを超えるものはないという。

そのため、他国で同様の建物を建てようと思ったときでも材料によってそれが制限されることはないという。木材はほぼすべての場所で手に入るし、ガラス製造工場も多く近代化された国は所有している。鉄はそこまでユニバーサルとはいえないかもしれないが、それでも必要とされる部材サイズを鑑みれば、鉄部材を製造できる国から出来ない国へ運ぶことも十分に可能である。また、建物の多くの箇所、寸法を調整すれば、鉄と木材は相互に置き換え可能であり、また鉄や木材によってガラスを置き換えることも可能であるとしている。

クリスタル・パレスの木材使用箇所について『The Building Erected』は次のように言及している。

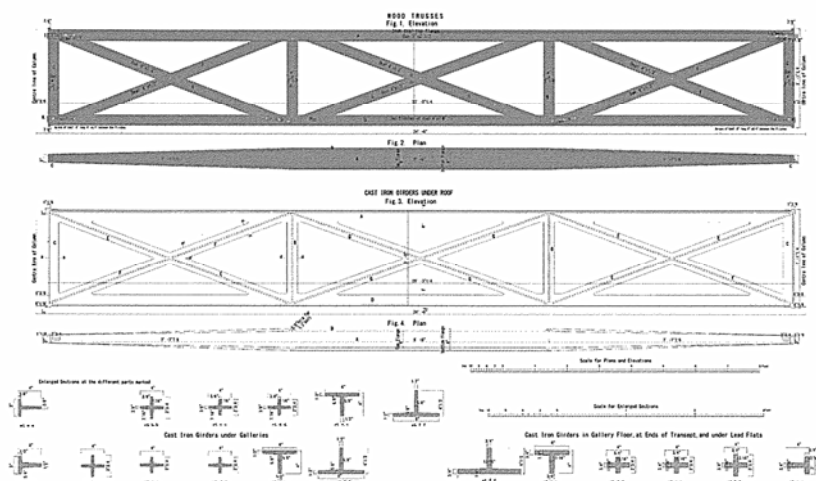
Wood is used in the main gutters and Paxton gutters, the arched ribs of the Transept, the sash-bars and ridges, the ground-floor and gallery floors, the lead flat and the external wall, and in some of the girders or trusses.

『The Building Erected』本文の記述と28枚の収録図面を照らし合わせることで、木材の使用箇所を詳細に特定することができた。本稿で使用する図版は、28枚の収録図面をトレースしたCADデータから抜粋し、木材使用箇所を筆者が着色（グレートーン）したものである（図版作成協力：高橋一稀（竹山研究室））。

木材使用箇所① 負担荷重の比較的小さい大梁

特徴的な格子形状を持つ大梁は、屋根を支えるだけではなく構造全体の水平力も負担していた。重量をむやみに増加したり逆に材の厚みを削ったりすることなく適した形状を得るため、鑄造が使用された。様々な装飾的形状が検討されたが、必要な力を経済的に発揮するために3次元的な格子形状が採用された。格子の斜材断面は負担応力に合わせて連続的に変化し、フランジの幅も負担が大きくなる部材中央部で広がるようデザインされている。

大梁は建物における位置によって役割や働きが異なるため、この24フィート長の鑄鉄製大梁を原型として、その強さ、構法、材料が異なる9つのバリエーションがつくられた。すなわち24フィート長の鑄鉄製大梁（必要な許容応力度に応じて3種類）、24フィート長の木製トラス、24フィート長の錬鉄製トラス、48フィート長の錬鉄製トラス、72フィート長の錬鉄製トラス（必要な許容応力度に応じて3種類）である。なお、『The Building Erected』では一体鑄造された部材を大梁、組み立てによるものをトラスと使い分けて表現している。



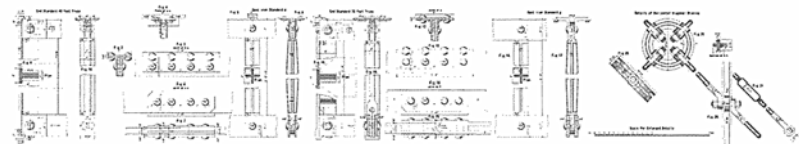
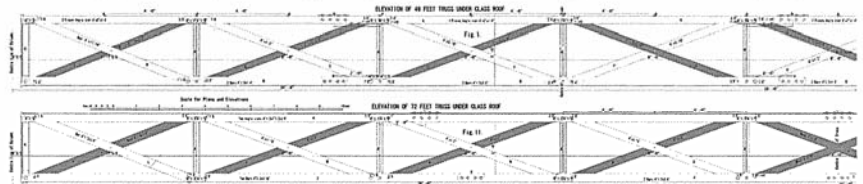
図版2 木製トラス（上）と鑄鉄製大梁（下）

24フィート長の木製トラスは、上弦材をオーク材とディール材の組み合わせ、鉛直材をオーク材、斜材のうち引張材をオーク材で圧縮材をディール材、下弦材をディール材（端部では一部オーク材）で構成されていた。なお、ディール材とは主としてヨーロッパアカマツを原料とする安価な木材を指す。上下弦材と垂直材、斜材は錬鉄製のストラップを介して互いにボルト留めされていた。これらの木製大梁は、負担する上部荷重の小さい平屋部分の長手方向で屋根架構に用いられた。

木材使用箇所② トラス部材

屋根を支えるために建物の短手方向に架けられた48フィート長及び72フィート長の錬鉄製組み立てトラスは、鋳鉄製の垂直材と、錬鉄製の上弦材・下弦材・斜材（アングル材やフラットバーをリベット接合で組み立てられた）で構成されたが、鋳鉄製大梁と同様の格子形状に見た目を合わせるため、斜材のうち構造に寄与しない箇所でも、木製の板材がフェイクとして付加された。板材は上弦材・下弦材とはリベットによって、交差する斜材とは木ねじによって固定された。なお、錬鉄製組み立てトラスの上弦材上部には木製の主樋がボルト留めで固定され剛性に寄与した。

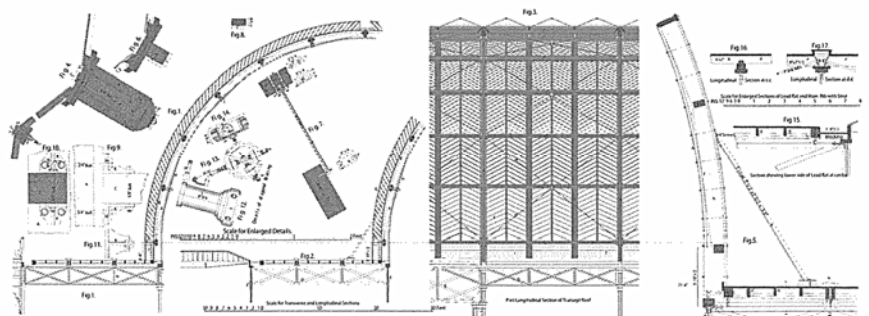
鋳鉄梁の3次元的な断面形状は発明的だったが、その形状が木製トラスや錬鉄製トラスの形状までも、いわば構造的な合理性を超えて規定していたのである。



図版3 錬鉄製トラスの木材使用箇所

木材使用箇所③ 翼廊のアーチ状リブ

翼廊では、屋根を支えるアーチ状のリブとそれを支える桁が木製であった。メイン構造となるリブは鋳鉄柱に、サブ構造となるリブは鋳鉄製大梁と錬鉄製トラスに、それぞれ錬鉄製のストラップによって固定された。アーチ状のリブはいくつかの木材をくぎ打ちとボルト留めによって集成することで構成され、ほぼすべての箇所では引張力が働く方向と木の繊維方向が一致し材料の性能を最大限に引き出せるよう工夫されていた。鋳鉄柱とリブは錬鉄製のストラップを介してボルト接合された。

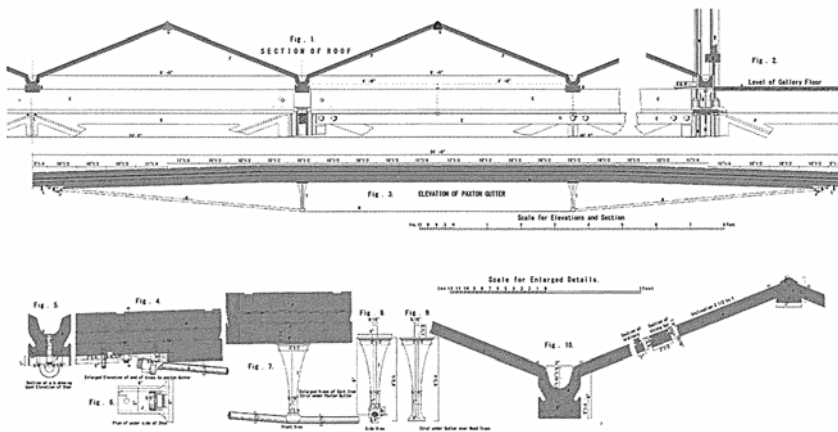


図版4 翼廊のアーチ状リブの木材使用箇所

木材使用箇所④

パクストン雨樋を含む樋、窓の棧および棟

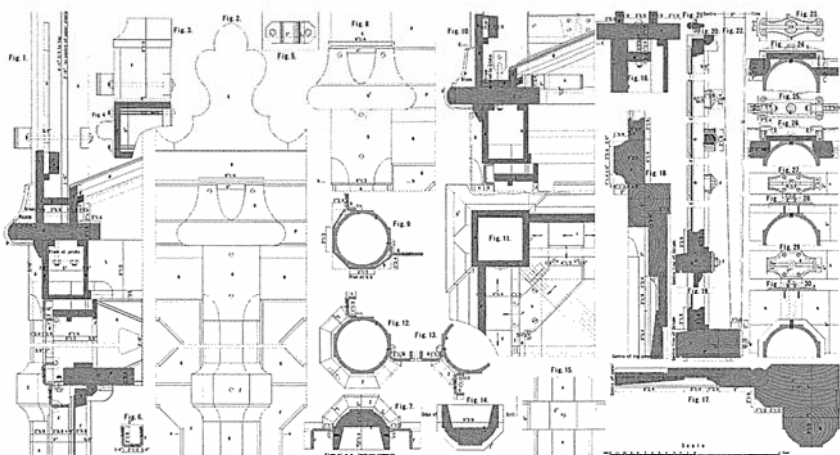
主樋は鋳鉄製大梁または鋳鉄製トラスに対してボルト留めで固定され、パクストン考案の雨樋（パクストン雨樋）は板状の材を介して主樋に固定された。外部の雨水と室内のガラス面に生じた結露水を主樋に排出するため、1本の製材が複雑な断面形状に加工されパクストン雨樋を構成した。



図版5 樋と窓棧における木材使用箇所

木材使用箇所⑤ 外壁

建物の外壁では、24フィート間隔で設けられた鋳鉄柱の間を埋めるように8フィート間隔で外形を鋳鉄柱に模した中空の木製付け柱が設けられた。また、二階以上の外壁はすべてガラスだったが、1階部分は部分的に木製の外壁が用いられた。



図版6 外壁における木材使用箇所

木材使用箇所⑥ ギャラリー階の床

鋳鉄の支柱と錬鉄製のロッドでトラスを組まれた木製の根太により厚み 1 インチの木製の床版が支えられていた。鋳鉄柱に四隅を支えられた一辺 24 フィート角の単位面積あたり 15 トンの耐荷重が想定されており、床への荷重は根太と大引を介して鋳鉄製の大梁へ均等に分配されるように計画されていた。

木材使用箇所⑦ 柱と大梁の接合部における込み栓など

柱と大梁の接合部には錬鉄製の込み栓が固定用に使われているが、一定間隔で木製の込み栓に置き換えられ、金属の膨張・収縮を許容しつつ構造に弾力性を持たせていた。

その他、プレファブ部材間の距離を保つためのスペーサーや、形を整えるための下地などに木材は各所で用いられたことが図面からは読み取れる。

構法史による、建築史と社会状況の接続

以上の分析から、部材の加工性や構造の弾力性が必要な箇所や、構造的負担が小さく軽さが必要とされる箇所など、鉄とガラスに対して適材適所に木材が使われていたことがわかった。これらの知見は現代の設計者視点から振り返ってみれば至極当たり前のことかもしれないが、これまであまり重要視されてこなかった。新素材である鉄とガラスの使用が強調されたり、標準化や合理化の象徴と見なされたり、あるいは近代建築との図像的・空間的なつながりを重視する後の時代の「解釈」によって、これらの事実は捨象されてきたのである。

しかし構法史的アプローチによりもう一度原点としてのハイブリッドな姿に着目することで、ひとりの天才パクストンによって構想されたように扱われてきた建築史上のクリスタル・パレスに、同時代の社会状況とも接続しうるより多くのつながりを見出すことが出来ると考えている。またこのことにより、設計施工プロセスのなかに、パクストン以外の多くの人物の関与を認めることも出来るだろう。これは、現代のますます複雑化する設計プロセスに対しても、建築に携わる者がアーキテクトとエンジニアという職能を超えていかに共同することができるか、という示唆を与えるだろう。