

特集

大ドーム建築のエネルギー・環境保全

地域に密着したサンドーム福井の建設

The Design of Sun-Dome Fukui Inspired by the Extreme Snowfall and the Traditional Local Building Materials and Practices

岡崎 甚 幸*

Shigeyuki Okazaki

1. はじめに

サンドーム福井は、柱間の直径が116mの多目的ドームを中心に、会議や展示ができる2階建ての長い棟と広場から構成され、産業展示、大小会議、各種イベント、コンサート、スポーツなどの多様な利用が可能である。ドームはちょうど鯖江市と武生市の境に1995年春、福井県によって建設され、同年秋にはこのドームで世界体操選手権鯖江大会が催された。

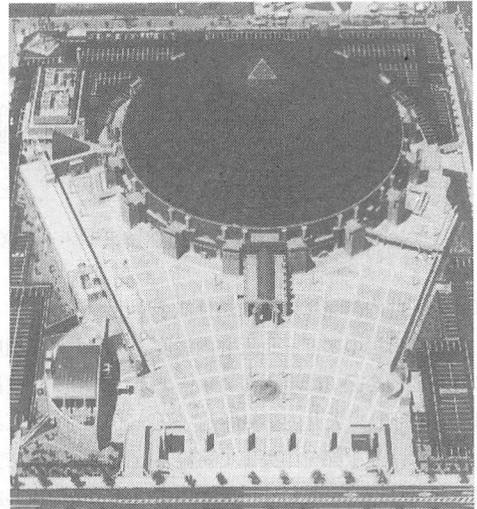
サンドーム福井の特徴は、地域の厳しい自然環境に対する先端技術を駆使した対応、伝統的地場産業技術の活用による伝統や文化の見直し、地元産のドームと呼ばれるように、地域の人々によって企画、設計、建設されたことである。

例えば2mの雪を載せたままにできる独特の屋根形状の開発や、越前瓦を焼く窯と同じ窯で、昔の越前瓦の赤紫色を再現した大型外装タイルをドームの壁全面に張るなど、地域の風土に根差した多くの工夫がなされた。さらに二次部材が不要で簡単に施工できるストレススキン構造の耐候性鋼板の屋根ユニットで覆われたドームの屋根は、仮設の要らないパンタドーム構法によりブッシュアップされた。またドームの内部空間は、ガラス繊維布膜などにより構成された四角錐の白い天井膜が、スペースフレームの下弦材や鋳鋼ジョイント、空調ダクトなどと渾然一体となり、象徴的宇宙を表現し、高性能の音響を誇る。

以上の視点はエネルギーや環境保全の面からも新しく配慮されるべき重要な問題と考え以下に紹介する次第です。

2. 福井の自然と伝統文化

福井では11月も終わりにになると、日本海から山へ向



写1 全体鳥瞰

かって、足早に吹き流されていく雪雲で空が毎日毎日埋め尽くされる。やがて雪起こしの雷鳴が轟き、白いものが舞い、3月の初めまで、北陸特有の激しい気候の中に閉じ込められることになる。多いときには2mも積もる雪に対する独特の住居が福井の生活を象徴している。しかし一方では、明瞭な四季の変化と、豊かな海の幸、山の幸に恵まれ、さらに古代以来連続と続く伝統文化に生まれ、今も焼き物、手漉き和紙、漆器、打ち刃物、織物などの伝統産業が盛んである。

サンドーム福井の設計を始めるに際して、このように厳しいが、同時に変化に富み、魅力ある自然と恵まれた伝統文化に支えられたこの地域に、もっともふさわしいドームのあるべき姿を考えるための規準を以下のように明らかにした。

3. 地域性と自己実現

ドームの有るべき姿を問うことは、地域の個性化を如何に実現するかと言う問題に通じる。さらに地域の個性化の実現は、個人の個性化の実現に原理的には同

* 京都大学工学研究科生活空間学専攻教授
〒606-01 京都市左京区吉田本町

じではないかと考えられる。臨床心理学の山中康裕教授は個性化とは自己実現であるとして大略、以下のよう述べている。

個性化とは、人が「最も自分らしくある」ということを、どのような形で実現していくかということである。自分はなぜこの空間に、この時間に、この社会に、この両親の元に生まれてきたのか。それはある意味では、自分の意志では動かすことができない運命である。だが、それを消極的に捉えるのではなく、そこに自分だけに付与されたかけがえのない意味を見出して、すなわちそれが「個性」であるが、その方向性を全うして生きていくこと、それが個性的なことである。

また河合隼雄教授はユングを引用しながら、自己実現は個人に内在する可能性を実現し、意識の中心にある自我を高次の全体性へと志向せしめる努力の過程としている。

これらは一人の人間における個性化のことであるが、一つの地域の個性化についても言えることである。地域の自然、歴史、伝統文化、産業に目を向け、その地域のおかれた状態を運命としてとらえ、積極的に捉えなおし、そこにしかない意味を見出して、それを実現することである。

地中海や、大都市のイメージをひたすら追い求めるのではなく、自らの風土を運命として捉え、自己を統合的に実現することが地域の自己実現である。

4. 日常生活の意識化

自己実現のためには、地域の日常生活の意識化が必要である。もともと日常生活や風土は、地域の人々にとっては無意識な存在である。風土の中で我々はその自然や文化を意識することなく生活している。無意識な存在としての日常生活は忘れ去られる。だから、自己実現のためには、この日常性を脱却し、無意識を意識化し、自然や風土を意識的なものとして認識しなければならない。そして意識的存在として現前させるためには、そこに前もって一人一人の中に、意識的存在を成立させる基準である潜在的な秩序が必要である。さてその秩序とは何か。その意識的秩序を直接見ることはできないが、しかし地域の祭りや、儀式や、方言や、服装や、住居に見られる象徴的な形態や風習が物語ってくれる。現代にはまた新たな秩序、すなわち象徴が、地域の人々のあらたなる意識化、すなわち自己実現によって形成されるはずである。

5. サンドーム福井における地域の個性化

元来その地域にもっとも固有なものは、もっとも国際的なもののはずである。国際性は地域の個性化から始まらなければならない。1995年10月の世界体操鯖江大会を竣工直後に控えたこの建物の設計では、まず最先端の建設技術を最大限応用し、厳しい自然条件に対して安全な空間を合理的に確保すると同時に、地域の伝統的地場産業技術、文化、歴史を継承し、地域の発展に寄与する方法を摸索した。さらに地域の人々自らの企画と設計と施工によって福井産のドームを完成することを目指した。

5.1 伝統的地場産業技術の活用

建物は元来、地域の自然環境の一部がわずかばかり加工されて、自然の中に再構築されるもの。それが建てられる付近の木を切って柱や梁にし、土をこねて壁にし、土を焼いて屋根にのせてきた。すなわち少しばかり色や形を変えて、自然の中に再構築したものである。だから家々は地域の自然に調和し、地域毎の町並みに特徴があった。しかしいまや全国共通の大量生産による建材が、次々と市場に流れ、また一つの材料が伝統的形態に高められる間もなく、次の材料に変わる。その結果建物から地域の顔がなくなり、木造のような伝統的技術が生まれることもない。

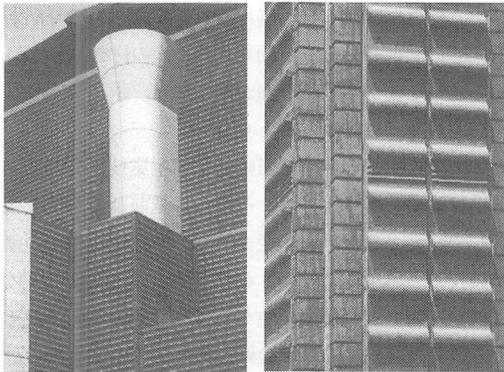
ここでは以下の四つの伝統的地場産業技術を開発あるいは改良して活用した。それらは越前瓦の伝統を生かして開発された越前耀変タイル、鯖江市河和田の漆塗の技術を応用して開発された内装用の越前漆タイル、越前打刃物の鍛造技術を生かして開発された装飾金物、そして管理会議棟のほぼ全壁面に貼られた今立町の越前和紙である。

先端の建設技術である構造体の仕上げは、均一で材質感を感じさせないシルバーメタリックで、空間に描かれた幾何学のように表現された。一方伝統的地場産業技術による仕上げは、その材質感をできるだけ表現し、個々の材料が固有の顔を感じさせるようにデザインされた。

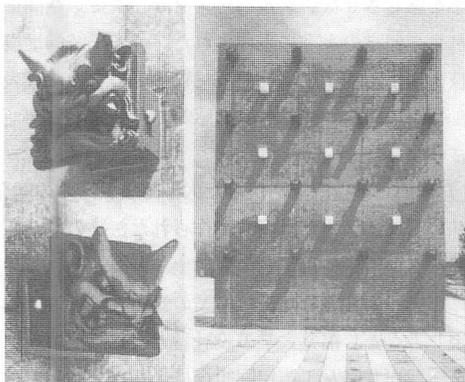
(1) 越前瓦の技術を活かした大型外装タイルの開発
福井の雪にはいまだに福井で作られた伝統の越前瓦が好まれている。何百年もの間、土、釉薬、焼き方、形状に工夫が凝らされた伝統産業の知恵をドームの壁に再現しようと、福井大学の設計者と福井県工業技術センター、福井県瓦工業協同組合によって、開発が試みられたものである。当初は熨斗瓦を壁面に金属で固定

する方法を検討したが、金物の方が高かったため、圧着張りの、横20cm、縦15cmの大型タイルに変更した。形状や材質の改良を重ね、その都度PCコンクリートの壁面に張り、実験を繰り返した。現在の越前瓦は銀ネズミ色であるが、明治初期までの色は、茶色とも赤とも、紫ともつかぬ深みのある色であった。その色をタイルに再現するための工夫がなされた。せっき質であるが、曲げ強度も磁器質タイルと同等で、吸水率も3%と少なく、-20℃から20℃までの融解凍結試験を200回以上繰り返したが異常はなかった。上のタイルが下のものの上に被り、横目地のない逆水防止型で、実用新案登録中である。押し出し成形方式で自由なタイル形状を作り易く、寸法誤差も比較的少ない。24万枚のタイルがドームの外壁のほぼ全面に張られた。1、2階の現場打ちコンクリートの壁には圧着工法で、3階のPCコンクリートパネルには打ち込み工法で張られた。タイルの大きさの割には低価格であり、「越前耀変タイル」として販路の開拓が進められている。

越前瓦の屋根の上にはその技術を結集した鬼瓦が取



写2 越前瓦の技術を活かした大型外装タイル



写3 広場のゲートウォールに取り付けた鬼瓦

り付けられている。地元の鬼板師四人の手作りによる150個の鬼が、広場の入り口の巨大な壁に取り付けられている。

(2) 打ち刃物の鍛造技術を活かした装飾金物の開発

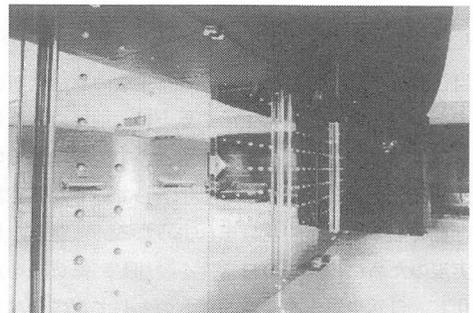
ドームの内部大空間へと導く、両開き扉が連続した二つの正面入口がある。そのステンレス鏡面扉の上に、打ち刃物の鍛造技術を活用して開発された装飾金物を取り付けられている。色の異なる異種の金属を鍛造技術によって積層し、それを削って半球状の装飾金物を作り、鏡面上に20cm間隔で取り付けため、一見、無数の小惑星が空間に浮いているよう見える。

(3) 越前漆器の技術を生かした内装タイルと室名標の開発

15cm角の溜漆塗りのタイルは、ドームの大空間に入る二つの正面入口の両袖壁に張られると同時に、室名標識にも使われている。鯖江市河和田漆器組合の製作である。また管理会議棟特別室の壁には30cm角の溜漆塗りパネルが和紙パネルと組合わせて貼られている。

(4) 越前手漉き和紙、機械漉き和紙の利用

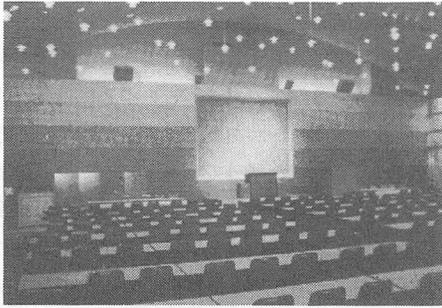
千年の歴史を誇る今立町の越前和紙が、管理会議棟の大会議室や特別室、特別会議室の壁に貼られ、柔らかく落ち着いた雰囲気醸し出している。それぞれ三桧、楮、雁皮、藁、杉皮等を入れた各種の手漉きの和



写4 鍛造技術による装飾金物



写5 越前漆器の技術を活かした室名標



写6 手漉き和紙が貼られた大会議室

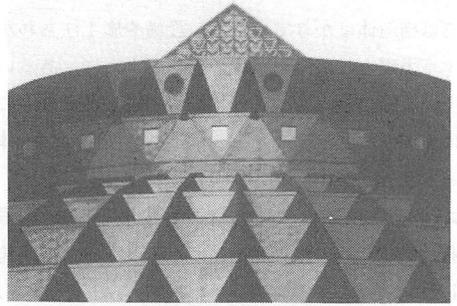
紙が特別に製作され、県内の表具師の手によって、古来の工法で貼られた。そのほか管理会議棟のほとんどの部屋に機械漉きの越前和紙が貼られた。

5.2 地域の人々による企画や設計と施工

サンドーム福井は地域の建築家、技術者、施工者、伝統的地場産業に従事する人々によって実現された福井産の大型公共建築である。また実現の過程で地域の人々に対する建築文化の啓蒙が行われた。建設の途上ではバンタドーム構法によるプッシュアップをイベントにして、一万人の人々に開放した。また福井大学、県工業技術センター、県土木部、大型外装タイルの開発グループ、県瓦組合、県和紙組合、県コンクリート二次製品関係の組合が中心になって「建築都市環境材料研究会」を設立し、新たな分野への研究開発を拡大し、その活動は現在も続いている。また福井大学の設計チームは設計時の模型の展覧会を県立美術館で開催し、多数の人々に建築設計過程の実際を啓蒙した。さらに設計や施工のスタッフが共同で建設時の写真集を出版した。箱物行政という言葉があるが、ここでは箱物作りは、地域の自然と風土と文化と伝統産業を見直し、活性化し、それに関係した人々が大きく成長するための好機であった。

5.3 雪に対して先端技術を活用して開発したドームの新しい屋根と内部空間

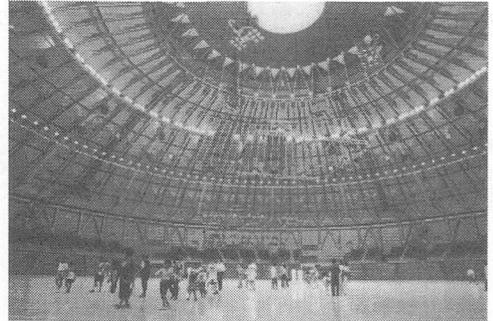
福井では昭和56年の豪雪以来、屋根雪の積雪2m、 $650\text{kg}/\text{m}^2$ を想定しなければならなくなった。2mも積もった屋根の雪を滑落形式にするか、滞雪形式にするかは難しい問題であるが、ここでは以下の諸条件を検討して滞雪型にした。まず滑落時の屋根自身や地上にいる居住者の安全性の検討が行われた。つぎにサンドーム福井の狭隘な敷地のため滑落した雪の堆積場所の問題が発生した。さらに滑落した雪の除雪作業が検討された。また滑落した雪の積雪高さが約10mにも達し、屋根雪と連続する可能性も検討された。これら



写7 ドームの屋根

の諸条件によって滞雪型にした。通常の雪止めでは2mの積雪を屋根の上に止めることはできない。そこでドームの屋根面の全面に水平な部分が均等に分布する屋根の形態を考案した。

このような滞雪型の屋根を支える構造として最初PCコンクリート案を検討したが、雪止めや予算上の問題が解決できず、その下弦材に沿って主たる応力が伝わるシェルライクスペースフレームを採用した。



写8 ドームの内部

上弦材と下弦材の間に、屋根面も天井面も、空調ダクトもキャットウォークも、すべてをデザインして収め、利用者からよく見えるようにした。これは空間構成の以下の原理に基づくものである。

たとえば歴史的建造物を残して、それを現代の生活空間に共存させると、生活に空間的広がりと同時に歴史の意味を持った時間的広がりができ、現代生活を落ち着いた重みのある豊かなものにできる。

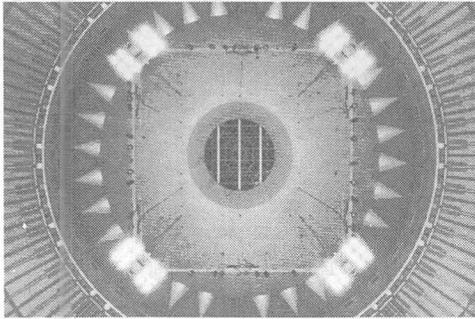
これと同じようにサンドーム福井の利用者が、どのようにしてその巨大な空間を覆う屋根が支えられているかを理解できるように表現することは、一つの知的豊かさを与えることになると考えた。しかし屋根を支える構造体の表現は、構造を含めた全体の意図された

秩序に従ったものでなければならない。サンドーム福井では構造体ばかりではなく、設備や施工法もわかりやすく表現された。曼荼羅の諸仏のように、あるいは宇宙の星座のように、すべてのものが、ある秩序のもとに表現された。デザインや構造や設備が渾然一体となって象徴的宇宙として具現化された。

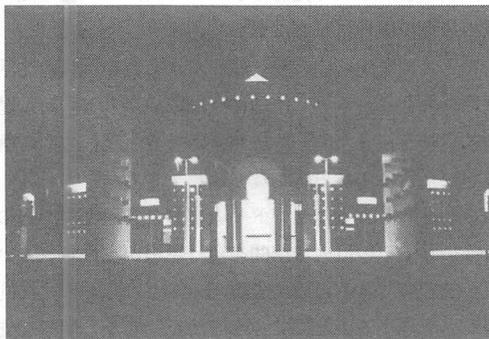
スペースフレームの上弦材と下弦材の間に、屋根雪を滞雪するための水平面を備えたホッパー状の四角錐をしたストレススキン構造の屋根ユニットを組込んだ。内部では、同じ四角錐を、屋根ユニットとの間に空気層を設けながら、スペースフレームの鋳鋼ジョイントを頂点に、通気性のあるガラス繊維布膜を張って構成した。この四角錐とその背後に設けられた吸音材及び空気層によって音の拡散と吸音を行い、可聴全音域で1.9秒と言う良好な残響時間を得ている。

ガラス繊維布膜でできた四角錐の天井と下弦材の間に、空調ダクトやキャットウォーク、ぶどう棚などをすべて組込み、それらがすべて下から見えるようにデザインした。

白いテフロン加工硝子繊維布膜とシルバーメタリックの構造体は、銀杯に雪を盛ったような静かで風格の



写9 ドームの天蓋



写10 夜間の照明風景

ある雰囲気醸し出している。

ドームの中央にある天蓋はドームの象徴的宇宙を最もよく現している部分である。この中心には直径約10mほどのトップライトがあり、その上に約10m四方のガラスのピラミッドが載っている。ピラミッドの下にはイベント時に場内を暗転するための電動暗幕が設けられている。しかし普段はピラミッドから取り入れられた太陽光がドームの床を直接照らし、イベントなどの準備には、これで十分な照度が確保されている。

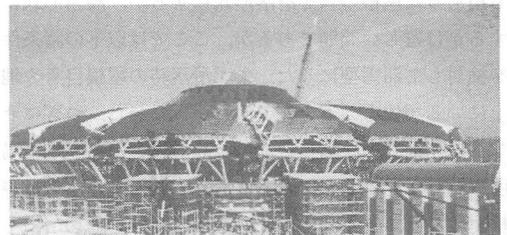
ガラスのピラミッドは夜間、内部の簡単な照明によって、ドーム周辺の広い平野の道標の役目を果たしている。また同時に周辺の階段やドーム上部の小窓群から洩れる大小の窓の明かり全体が作る交響曲のような美しいコンポジションが見るものを楽しませてくれる。これは大電力によるライトアップに替わるこれからの照明計画の一つの方向である。暗さの中の灯かりをいかにデザインするかを示している。上記小窓群からは屋間の採光が当然行われている。

6. パンダドーム工法

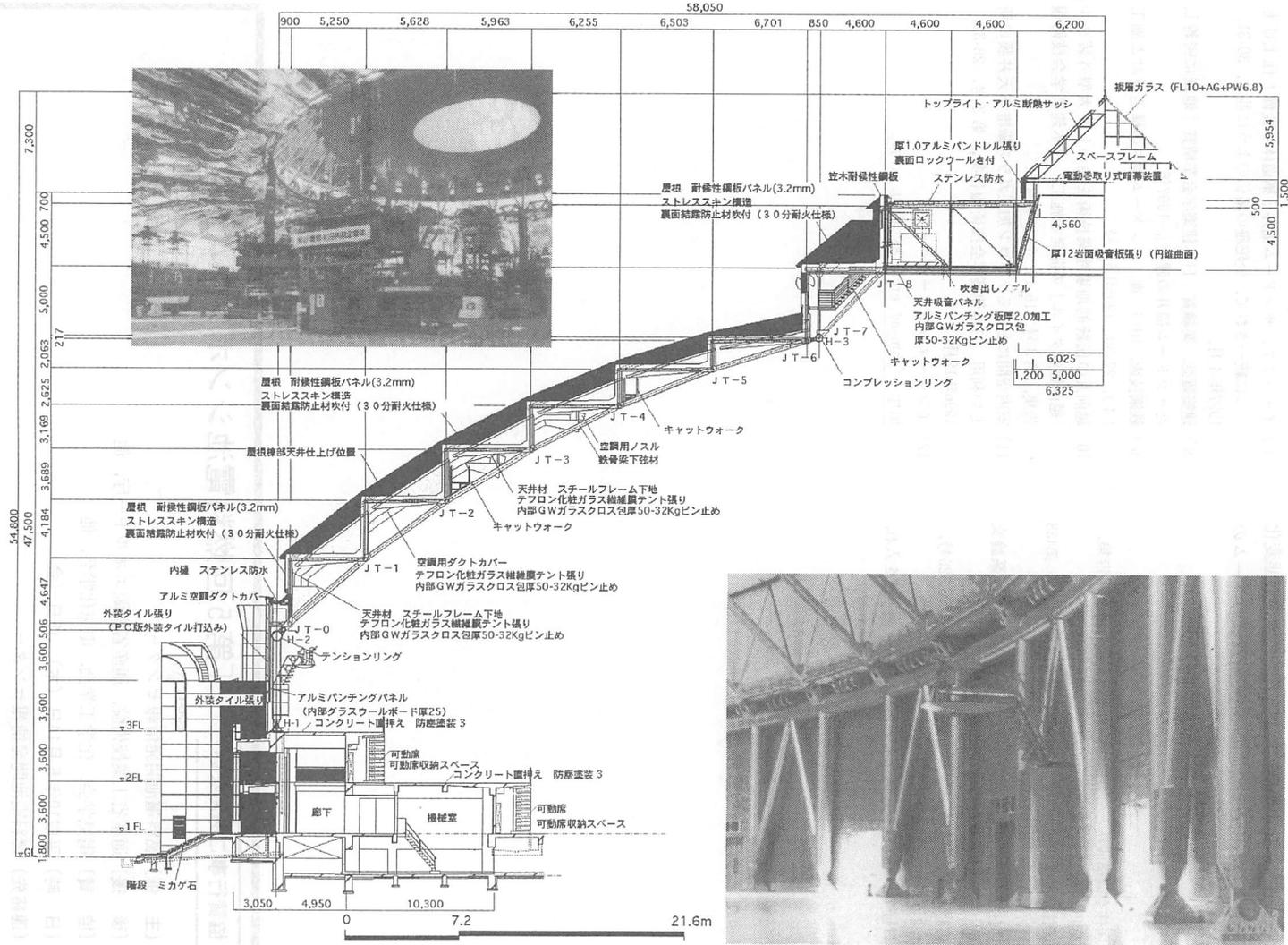
ドームの屋根は内部と外部の仕上げがほぼ完了した段階で、地上から所定の高さまでパンタドーム工法でリフトアップされた。このため巨大なドーム空間を支える仮設が不用になると同時に、高所作業の危険性も少なくなった。

さらにこのリフトアップそのものをサンライズフェスティバルと呼ぶイベントとして、広く県民に開放され、1万人の見学者が参加した。また新聞やテレビでも大きく報道され、地域の住民や特に子供たちに建築文化を大いにPRした。

施工中のドームの形態変化メタモルフォーシスを形態に残し、完成後の利用者に施工過程を理解できるようにした。まず第一は形態変化のもとになる形態要素を分節化し、わかりやすくした。すなわち「柱・筋交い・テンションリング」と「大屋根」と「コンプレッ



写11 パンタアップ工法でリフトアップ中のドーム



写12 矩計図, 右下 ホール内部柱列, 左上 リフトアップ中のホール内部

「ショールディング・天蓋」の三要素が明瞭に区別できるようにデザインされた。さらにこれら要素間を結ぶヒンジをその回転運動の様子がわかるように視覚化した。

これによって昆虫の羽化のようなドームの形態変化が、形態の分節化や回転運動の視覚化によりドームの完成後も想像できるようになった。

参考文献

- 1) 居住空間構成法と分裂病者, 日本建築学会論文報告集, 第436号, 127-137, 1992年6月.
- 2) 居住空間構成法と児童, 日本建築学会論文報告集, 第438号, 109-118, 1992年8月.
- 3) 居住空間構成法と知的障害児, 日本建築学会計画系論文集, 第496号, 237-245, 1997年6月.
- 4) 日経アーキテクチュア, サンドーム福井, No.526号, 122-127, 1995年, 日経B P社.
- 5) 日経アーキテクチュア, サンドーム福井; 人工芝を入れ、運動会に活路を見出す, 160-164, 1997年5月号, 日経B P社.
- 6) 新建築, サンドーム福井, 第70巻8号, 161-166, 244-245, 1995年8月.
- 7) イナックス, サンドーム福井; 構造体も設備も仕上げも一つに統一されて, 曼陀羅の諸仏のように並ぶ, 30-31, 1997年4月.
- 8) 建築雑誌, 業績賞, 日本建築学会業績賞「地域に密着したサンドーム福井の建設」, 1997年.
- 9) 鉄鋼技術, 川口 衛, サンドーム福井の構造設計と施工(4), 27-30, 1995年5月号.
- 10) 越前瓦の伝統的地場産業技術を生かした大型外装タイル「越前耀変タイル」の開発と施工, 日本建築学会技術報告集, 第3号, 15-19, 1996年12月.
- 11) 室内空間におけるテフロン加工ガラス繊維布天井膜の新しい利用, 日本建築学会技術報告集, 第3号, 28-32, 1996年12月.
- 12) インターネットホームページ
<http://hm-ev.archi.kyoto-u.ac.jp>

協賛行事ごあんない

「第5回燃料電池シンポジウム」について

〔主催〕燃料電池開発情報センター

〔後援〕通産省工業技術院, 通産省資源エネルギー庁, 他

〔協賛〕電気学会, 化学工学会, 電気化学会, 他

〔日時〕平成10年5月14日(木), 15日(金)

〔連絡先〕燃料電池開発情報センター

総務部 森田 孝

〒101 東京都千代田区神田小川町2-1-7, Tel 03-3296-0935, Fax 03-3296-0936