長野市真島総合スポーツアリーナ 「ホワイトリング」

善光寺平にきらめく みずたまのようなアリーナ

Nagano All-round Sports Arena, Mashima

「White Ring」

Dewdrop-shaped Arena Glistening in Nagano's Zenkoji-daira Basin

五十君 興*

Kou Isogimi

1. 計画の概要

長野市真島総合スポーツアリーナ（愛称ホワイトリング）は、1998年第18回冬季オリンピック競技大会のフィギュアスケートとショートトラックスピードスケート競技の会場として計画された市民体育館である。敷地は長野市の南、りんごなどの果樹園が

ひろがる田園地帯の一画にある。近在の山から善光寺平と呼ばれる敷地一帯を見下ろすと、千曲川と犀川が水面を輝かせながら流れているのが見える。あたかもこの二つの川の流れからこぼれ出てきらめくみずたまのように美しいアリーナ。華麗で優美なフィギュアスケートを意識して、たおやかで、はなやか

写真-1 長野の山を背に輝くホワイトリング

* (株) 日建設計 設計主管

写真－２ 空撮 96年２月

なフォルムにしたいと考え、スーパー楕円の平面を、丸みのある屋根と壁で覆うことにした。かすかに緑色をおびたステンレス屋根には静謐な美しさと高い精度を求め、オリンピックで世界中から注目され、その記憶を永く後世に残せるようなアリーナとした。

ホワイトリングはメインアリーナとサブアリーナから構成される。メインアリーナは41m×66mの広さにバスケットコート3面を確保でき、ポータブルフロアーを外して下地コンクリートに埋設された架橋ポリエチレン管に冷媒を接続することでアイスリンクを設置する。サブアリーナも同様にポータブルフロアーの体育館であるが、こちらは練習用アイスリンクとして使用するため配管を打ち込まず下地コンクリートの上にコイル状の冷却管を敷き詰め仮設リンクを設営する。

北欧やアルプスで生まれたウィンタースポーツは、本来戸外の自然の中で楽しむスポーツであるが、オリンピックのような高次元の大会においては、競技条件の安定化、平等化から室内で行う競技が増えてきている。なかでもフィギュアスケートは音や光をコントロールして行うため、いわばスタジオや劇場

に近い機能が必要となる。このような演出性が求められる空間機能を満たし、映像を通して世界中にオリンピックの感動を伝えられるように、アリーナ室内はアイスリンクを取り囲む観客席の配置とし臨場感を高めている。また観客席の椅子には暖房装置を組み込むなど、快適に競技を観戦できるような工夫も盛り込んだ。

このアリーナのもう一つの特徴は、自然のエネルギーを活用していることである。地下水の有効利用、トップライトによる自然採光、全周の窓からの自然通風。屋根は下地折板と化粧のステンレスパネルの二重構造とし、結露対策と省エネルギーを図っている。またアリーナ天井内で空気の流れを制御し、夏場の輻射熱の軽減、冬場のリンク面の氷や解消を行う設計とした。

オリンピック後は、地域のスポーツ振興の拠点となる市民体育館として利用される予定である。

2. 配置計画

敷地は南北に走る市道真島中央線に面した約6.0haのほぼ平坦な地形である。オリンピックまでに

は、東外環状線が完成し敷地北西部からのアプローチも可能となる予定である。敷地は建物と一体に公園としても整備されている。メインアリーナは真島中央線に対し正対し、前面広場を介してメインエントランスがある。大会時のバス輸送や様々なイベントなども前面広場で行われる。練習用リンクであるサブアリーナは、選手エリアとして敷地後方に配置している。観客エリア、選手エリア、報道エリア、管理エリア、VIP エリアの各ゾーンが干渉せずに有機的に結合できるように配置計画がなされている。メインアリーナより西側は報道関係の仮設事務所や中継車のスペースとなるが、公園計画の中では芝生広場、などとなっている。

3. 平面計画

メインアリーナはアイスリンクのまわりに8000人近い観客席を視認性を考慮して効果的に設けることから、短辺92m長辺104mのスーパー楕円となっている。

前面広場側のエントランスロビーで観客は南と北の二つのゾーンに分かれて2階の観客席へと進む。アリーナ上部と吹き抜けでつながっているエントランスロビーでは、ミズ・テツオ氏による長さ30mの陶板壁画が来館者を出迎え、観客を華麗なオリンピックの舞台へと誘う。

北側に用意されたVIP エントランスからは専用動線で2階の貴賓室ラウンジや3階のロイヤル席へ行くことができる。

西側は選手更衣室やトレーニング室などの選手エリア、南側は機械室・電気室などのユーティリティと器具庫となっている。器具庫等はオリンピック時は報道関係の諸室として使われる予定である。

2階と3階は観客席となっているが、大きな特徴は2階全周を廻っているギャラリーである。全ての観客はこのギャラリーを通して観客席に行くことになるが、全周がガラス窓の明るい空間で気持ちの良い休憩スペースになるとともに、直接外部に出られるなど避難誘導にも効果的に活用できる。

観客席は北側がメインスタンド、南側がバックスタンドとなっている。固定席は約5,000席あり、オ

写真-3 みずたまをイメージした外観
全周に雪庇がまわっている

写真-4 左がサブアリーナ 右がメインアリーナ

写真-5 アリーナ見上げ 人工環境と自然採光の
切り替えが可能なように遮光ルーバーがある

写真-6 ポータブルフロアをはずしたあとのアイスリンク（パース）

オリンピック時には仮設で増設され約7,350席となる。

サブアリーナはメインアリーナと対称的に矩形の平面をしており、機能優先の体育施設として設計されている。南と北はガラスのカーテンウォールとし、ブラインドを調節することによって競技に最適な環境を用意できる。通常は地域のママさんバレーなど地元根に根ざした利用が主体となる。

4. 断面・屋根計画

ホワイトリングでは天井最高部は27mあり、通常の体育館より高く設計されている。これは観客席への天井の圧迫感をやわらげるのに大きな効果を発揮している。また観客席のコンクリートのスタンドと、屋根及び天井が独立した構造体で分離している極めてユニークな空間となっている。これは2階ギャラリーにアリーナの熱い雰囲気や少しでも伝えるためである。

観客席スタンドの勾配は視認性を重視しながら、コンパクトに観客席を配置するためにシミュレーショ

ンを重ねたうえ計画されている。

屋根は金属の二重構造となっており、みずたまを形成するステンレスパネルの化粧屋根と、断熱・防水・構造などの信頼性を高めた折板の機能屋根とで構成されている。金属屋根を二重にすることにより、前述のように夏場の輻射熱をカットし、冬場の熱放出を抑えるなど、空調負荷の低減を図っている。また化粧屋根が機能屋根を外気からガードしているので、機能屋根の折板の傷みが少なく建物の長寿命化にも役立っている。いわば日本家屋の瓦の概念を応用したものといえる。もうひとつホワイトリングの屋根と天井の大きな特徴は、天井内を利用し省エネルギーに役立っていることである。鉄骨トラスの下端にグラスウール成形板をスチールメッシュで押さえた天井をはめ込んでいる。この天井内の空気の流れを夏と冬、あるいは満席かどうかでコントロールできる。

屋根中央部にはトップライトがあり保守管理用の自然採光として活用される。オリンピック時には電

写真－7 全周にまわる雪庇
手摺より外に雪が落下する

写真－8 エントランスの庇
スケートシューズの刃をイメージしている

動ルバーによって完全遮光し安定した人工環境の中で競技できるように設計されている。

5. 内装計画

アリーナは競技者にとって安全な素材ということと、地元産業の活性化のため、木質系しかも地元産の木材を使った。ポータブルフロアのフローリングはカバサクラ、壁はメインアリーナはナラ材の難燃性パネル、サブはからまつ材を使用した。このほか手摺もなら集成材、観客席も既製品木製シートとした。

6. 構造計画

基礎は地盤改良のうえ直接基礎とし1階とスタンドまでを鉄筋コンクリート造としている。屋根はせい1mの鉄骨トラスとし、スーパー楕円の曲面屋根を6分割パラレルラメラで構成している。リフトアップ工法を採用し約1,400トンの曲面屋根にテンションをかけながら14m持ち上げるという世界初の試みを行っている。リフトアップ当日は全国の建築関係の方や地元の人々にも見学していただき、地元マスコミにも大きく取り上げられるなど、オリンピック1000日前のムードを盛り上げるのに大きく貢献できた。

7. 屋根の雪対策

長野市は寒冷地であるが、市内はここ30年、積雪50cmを超えたことはなく、通常年は20cm程度が最大積雪といわれている。理科年表によると最低気温の平均は一月に -4.9°C まで下がるが、一月の日照時間は122時間となり富山、新潟の2倍以上、東京の約7割程度となっている。典型的な内陸性盆地気候である。敷地が位置する長野市南部は比較的積雪は少ないが、市内の統計上の最深記録は1946年の80cmとなっていることから、構造上の屋根積雪荷重も80cmで計画している。

積雪に対する建築の考え方として、屋根に雪をためる方法と、速やかに雪を落としたり、融かしたりする方法の二つがある。建物の立地する地域の気候条件や建物形状により、この二つの方法の選択がなされるわけであるが、雪という自然現象に対して単なる方法論ではかたつかない不測の事態に直面しても、建物と人の安全性の確保が優先されなければならないことはいうまでもない。

今回みずたま形状の屋根という特異な条件から、屋根の上部（ドーム部）は雪をため、屋根が壁のように回り込む部分（R部）は雪を落とすという、二つの方法の使い分けとした。

ドーム部の雪は、円周方向に同心円状の4ヶ所のステンレスリングの雪止めで止めることにしている。雪止めを構成するステンレスパイプは直径42.7mmで屋根頂部から3番目までの雪止めパイプには、L字

写真－9 屋根の冠雪状況 96年2月
R部の雪は落下しドーム部が残っている

型のエキスパンドメタルを取付け、雪止め高さを20cmとした。また一番下の雪止めはステンレスメッシュをフレームを組んで取り付け、高さを40cmとした。

この対応については長岡雪氷防災実験研究所に相談にのっていただいたが、同心円状の雪止めの間隔が10m近くあるため、雪止めで固定された雪が褶曲して盛り上がり雪止め高さを超えて落下するのではないかと指摘していただいた。対策として最も有効なのは雪止めに密に設けることであるが、屋根表面材の加工上できないので、雪止め高さを屋根耐力限界まで上げて褶曲した雪をできるだけ落下させない方法をとった。

R部の雪は積もることなく落下させ、2階レベルの雪底に落とす設計である。この雪底の大きさは敷地条件のため屋根から3m外側までしか広げられなかったが、実際には大きければ大きいほど安定して雪を受け止められると考えられる。そこで万一の雪の飛び出し落下に備えるために、メインエントランスとVIPの入口の2ヶ所には、外側に独立して底を設けている。

雪の状態、降雪後の気象状況、屋根の形や雪止めの形状によって様々な現象が起こり得る。建築設計ではその全てまでシミュレートするのは難しいため、発注者はじめ積雪地の経験者の意見を聞いて設計を進めた。竣工後ひと冬を経験し通常の積雪年なら有効に雪止めが機能することが実証できたが、なお数シーズンは降雪と屋根積雪について観察が重要かと思われる。このようなデータが蓄積され、今後建築と積雪に関する研究がすすみ、その成果を反映でき

るようになることを期待したい。

8. アイスリンクの計画

ホワイトリングはメインアリーナとサブアリーナのふたつのアイスリンクを設営することができる。オリンピック競技にふさわしいアイスリンクの機能として、設計段階で求められた条件は氷表面温度を -5°C とすること、氷表面を均一な温度分布とすることの2点であった。

本会場となるメインリンクは上記の条件を満たし、しかも固い氷を作るために埋設式（コンクリート床の内部に埋設した冷却管により製氷する方式で、固い氷を作ることができる。）とし、練習リンクとなるサブリンクは床台式（床上面に露出した冷却管により製氷する方式で、製氷速度が速く、建物完成後に設置でき仮設やリース対応が可能）を選択した。またメインリンクでは均一な温度分布とするために、クロスフロー方式を採用した。これは冷却管内のブラインの流れを一本一本交互にする方式で、リンクの両サイドの温度差を小さくできる（サブリンクはヘアピン方式）。

メインリンクの冷却管は外径11mm、内径7.8mmの小口径架橋ポリエチレン管を採用している。これは小口径のほうがブライン流量を小さくできるため省エネルギーとなること、架橋ポリエチレンは従来の鋼管に比べ寿命が長いことを評価したためである。

埋設式のメインリンクではこの柔らかな架橋ポリエチレン管をコンクリートに打ち込むので、施工についても細心の注意をはらった。架橋ポリエチレン

管の間隔は40mm以下と細かくコンクリートが回り込みにくいこと、コンクリートに目地をとると氷の厚さが変わり均一な温度、均一な固さの氷にはならないことから、目地なしで打設しなくてはならない。建築施工を担当した熊谷組JVと協力し、建家外に10m×10m程度のコンクリート試験打ちと試験製氷を行い、試行錯誤の末最適なコンクリート強度と目地なしでクラックを起こさないワイヤー鉄筋メッシュ間隔を決定した。コンクリート打設は打ち継ぎ目地をなくすためにポンプ車3台をいれ30m×60mのリンクを一日で行った。結局架橋ポリエチレンの上下を4mm径150ピッチのワイヤーメッシュではさみ、ある程度の強度を持たし、メッシュの上に足場板をおいて施工していった。

冷却設備はリース対応としており、設計者の方で冷却設備のスペックを決め、その条件の中で適合するリース設備を選択しインシャルコストを下げている。冷凍機の冷媒はオゾン層破壊や、地球温暖化を防止する観点から地球環境にやさしいアンモニアを採用している。主な機器構成仕様を挙げると以下のようになる。

メインリンク機器構成仕様

1 ブラインクーラーユニット

型 式：密封モータ直結駆動水冷式屋外型(5台)
 冷 凍 能 力：54.4USRt Tc: 30℃ Te: -15℃
 : 39.3USRt Tc: 30℃ Te: -23℃
 冷 媒：アンモニア (NH₃) 充填量20kg
 ブライン冷却器：直膨乾式プレート

2 ブラインタンク・ポンプユニット

型 式：円筒形 容量6 m³(1基)
 : 片吸込渦巻型 18.5kW (5台)

3 冷却塔

型 式：低騒音型 容量450トン (一基)
 サブリンク用も含む

4 冷却水ポンプ

型 式：ライン型 5.5kW (5台)

5 動力制御盤

型 式：鋼板製自立屋外型 (1面)
 サブリンク用も含む

6 アンモニア除害設備

型 式：スクラバー式 (1基)
 サブリンク用も含む

7 受変電設備

型 式：屋外設置キュービクル式
 サブリンク用も含む

サブリンク機器構成仕様

1 ブラインクーラーユニット

型 式：密封モータ直結駆動水冷式屋外型 (2台)
 冷 凍 能 力：54.4USRt Tc: 30℃ Te: -15℃
 冷 媒：アンモニア (NH₃) 充填量20kg
 ブライン冷却器：直膨乾式プレート

2 ブラインタンク・ポンプユニット

型 式：円筒形 容量6 m³ (1基)
 : 片吸込渦巻型 18kW (2台)

3 冷却水ポンプ

型 式：ライン型 5.5kW (2台)

アイスリンク部基本断面図

リンクコンクリート (冷却管埋設部) 断面詳細図

④部拡大図

配置図

メインアリーナ 1階平面図

メインアリーナ 2階平面図

メインアリーナ 3階平面図

メインアリーナ 北立面図

メインアリーナ 東西断面図