長野市真島総合スポーツアリーナ(ホワイトリング)の照明設備

Lighting in White Ring

(株)日建設計 石川 昇
Noboru Ishikawa

◀キーワード：競技照明，鉛直照度配慮，シミュレーション，演色性

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角にある。近在の山から善光寺平と呼ばれる敷地一体を見おろすと、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2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（図1）である。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ひつ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（図2）。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、ポータブルフロアをはずして下地コンクリートに埋設された架橋ポリス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インタースポーツは、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（図3、4）。また観客席のいす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1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、夏場のふく射熱の軽減、冬場のリンク面のもや解消を行う設計とした。

図1 みずたま状のアリーナ

図2 配置図

配置図縮尺 1/1600

メインアリーナ 2階平面図縮尺 1/800

図3 アリーナ2階平面図

図5 エントランスの壁画照明

図4 フローリング状態のアリーナ

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. ホワイトリングの照明計画

2.1 スケートリンク利用時の照明計画

2.1.1 アイスリンクにおける照明計画上の要件

アイスリンク上の競技者を見る(テレビ撮影する)場合、その背景は反射率80%以上の氷面となる。このとき、視対象(競技者)の反射率が30~50%程度であることから、視対象が背景よりも輝度の低い負の対比にて競技者を観察することになる。このような状況において、氷上の競技者に対する望ましい照明計画とするためには、適

正な照度、コントラスト、カラーバランスおよび競技者の表情・姿に明瞭な立体感をもたせることが求められる。特に、照度、コントラストおよび立体感については数値シミュレーションを用いた解析が不可欠となる。

2.1.1.(1) 適正な照度

1) テレビカメラ撮影のために必要となる十分な照度を用意する。この場合、水平照度だけでなく、鉛直面の照度(競技者の顔、体面)を確保することが必要となる。

2) テレビカメラが競技者を追跡する場合を考え、最も高照度な部分と低照度の部分との対比を以下とする。

$$\text{鉛直面照度 } (E_v) \quad E_v(\text{max.}) : E_v(\text{min.}) \leq 3 : 1$$

$$\text{水平面照度 } (E_h) \quad E_h(\text{max.}) : E_h(\text{min.}) \leq 2 : 1$$

2.1.1.(2) 適正なコントラスト

現状のテレビカメラでは、背景の輝度が撮影対象物の輝度と大きくかけ離れていても、内部の補正機能によって撮影対象をはっきり映し出すことができる。ただし、あらかじめ設定された補正内容を短時間で変更することは困難である。カメラが追尾する範囲内の輝度対比をある一定の値以下に納めて、補正内容を変更することなく撮影することを可能とする必要がある。

2.1.1.(3) 立体感

競技者の表情、姿を自然な光で照らすためには、鉛直面、水平面照度の比を一定の範囲内に納めるだけではなく、照明の方向性も重要な問題となる。つまり十分な鉛直面照度が得られた場合でも、光の入射角度が高すぎる

	平均 (lx)	最大 (lx)	最小 (lx)	均 斉 度		
				平均/最大	最小/平均	最小/最大
全体	744	2807	28	0.27	0.04	0.01
link 内	2175	2807	1213	0.77	0.56	0.43
arena 内	1881	2807	697	0.67	0.37	0.25

図 6 上部ぶどう棚の照明に天井周辺部の投光器を加えた場合の床面照度分布

図 7 照明器具の断面配置および照射方向

	平均照度	最大照度	最小照度	平均/最大	最小/平均	最小/最大
リンク内床面	2167	2800	1400	0.77	0.65	0.50
全 体 床面	1842	2800	700	0.66	0.38	0.25

上記数値は初期照度 (lx) を示す。

図 8 水平面照度測定結果 (全点灯)

と顔、体に不快な影が生じる。そのため照明器具の設置位置と灯数のバランスが重要である。

2.1.2 アリーナの照明器具の配置

高演色性のメタルハライドランプを天井中央部ぶどう棚と天井周囲部の2か所に配置する。

2.1.2.(1) 天井中央部ぶどう棚に配置した場合の特徴

照明器具がアイスリンク直上に配置することは、水平面照度を確保するためには理想的である。ただし直上からの投光照明となるために、リンク面での鉛直面照度(競技者に対する)を十分に確保することが難しい。

2.1.2.(2) 天井周囲部に配置した場合の特徴

天井周囲部に照明を配置した場合は、水平面の照明効率が低い。鉛直面照度を得るためには優れた配置となる。

2.1.3 アイスリンクの光環境の解析

上部ぶどう棚および天井周囲部の照明器具の組み合わせによるアイスリンク上の人物の照度分析の比較を示す。上部ぶどう棚と天井周囲部の照明器具の併用により、人物の顔面輝度はアイスリンク中央部で1000~1400 lx、アイスリンク周辺部で400~600 lxが確保されており、十分な垂直面の明るさとなっている。

2.1.4 アイスリンク利用時の照明計画

2.1.4.(1) 使用光源

メタルハライドランプ2000W、100灯

うち、ぶどう棚部分40灯

天井周囲部分60灯

光源の演色評価数 Ra70以上

光源の色温度4000~4300K

2.1.4.(2) 使用器具

2000W 1灯用狭角投光器

2.1.4.(3) 照度(図6, 7)

リンク内: 全域2000 lx 以上

アリーナ部: 平均1800 lx 以上

2.2 体育館利用時の照明計画

スポーツ競技のためには、床面の照度(水平面)のみではなく、空間の照度(主に鉛直面照度)が重要となる。空間の明るさを知るために空中に仮想の物体を配置し、照明器具の点灯パターンに対応した仮想物体表面の輝度から運動施設としての光環境評価を行った。人物に対する鉛直面の明るさは十分であり、空中のボールも天井面に対して立体的なコントラストにより、十分視認可能であると判断できる。

2.2.1 照度分布の実測結果

アイスリンク使用時の水平面照度分布の実測結果を示す。リンク内の平均照度は2160 lx、均斉度も2:1以内となっている。

おおむねシミュレーションに近い結果が得られた(図8)。