

## 特集

## 大ドーム建築のエネルギー・環境保全

## ナゴヤドームにおけるエネルギーの有効利用

## Energy Conservation and Effective Utilization at NAGOYA DOME

小西 栄\*・萩原 武治\*\*・有吉 淳\*\*\*  
Sakae Konishi      Takeji Hagiwara      Atsushi Ariyoshi

## 1. はじめに

ナゴヤドームは、名古屋市の副次拠点として整備が進められている大曽根地区に隣接した大幸南に、その先導となる中核施設として、1997年2月末に完成した。東海地方のシンボルとして地域の文化拠点づくりに貢献することを目的とし、中日ドラゴンズのフランチャイズ球場をはじめ、各種スポーツイベントやコンサート、展示会等に幅広く利用されている大規模多目的ドームである。

当ドームが立地する周辺地域には、住宅・学校・病院などが混在して、日影、景観、騒音、大気汚染、安全に十分配慮する必要があり、設備計画に際し、快適性・安全性・多目的利用に対する多機能性はもとより、環境保全および上記周辺環境への配慮より省エネルギー、省資源、環境との共生に取り組んだ。

ここでは、建築・施設概要、エネルギー消費特性に引き続き、ナゴヤドームに導入した省エネルギー・省資源技術の概要について、自然エネルギーの有効利用および使用エネルギーの効率的利用2つの観点より述べる。

## 2. 建築概要

建築名称 ナゴヤドーム  
所在地 名古屋市東区大幸南1丁目1番1号  
建築主 (株)ナゴヤドーム  
監修 三菱地所(株)  
設計監理 (株)竹中工務店  
施工 竹中工務店・三菱重工共同企業体  
工期 平成6年8月～平成9年2月

\* (株)竹中工務店 名古屋支店設計部課長

\*\* " " " " 課長代理

〒460 名古屋市中区錦1-18-22

\*\*\* (株)竹中工務店 東京本店設計部主任

〒104 東京都中央区銀座8-21-1

敷地面積 69,256m<sup>2</sup>  
建築面積 48,303m<sup>2</sup>  
延床面積 119,707m<sup>2</sup>  
階数 地上6階(一部中2階)  
下部構造 RC造, SRC造, S造  
屋根構造 鉄骨造単層ラチスドーム構造  
アリーナ規模 気積(容積) 1,250,000m<sup>3</sup>  
天井高さ 64.3m(中央部)  
フィールド面積 13,400m<sup>2</sup>  
(両翼100m センター122m)  
用途 野球場, 多目的施設

## 3. 施設概要

建物外観は、周辺環境に配慮して高さを抑え威圧感のない形態としている(写1)。屋根は、遮音性を考慮した金属屋根(面積25,000m<sup>2</sup>)と中央部のトップライト(面積5,000m<sup>2</sup>)で構成し、自然光を採り入れてアリーナの開放感の向上と照明エネルギーの削減を図っている。客席は、上・中・下段の3段でフィールドを円形に取り巻いており、下段席の一部は可動席として、フィールドの利用形態に合わせて3パターンに転換できる。

また、空間の演出装置として、トップライトの自然



写1 ナゴヤドーム外観

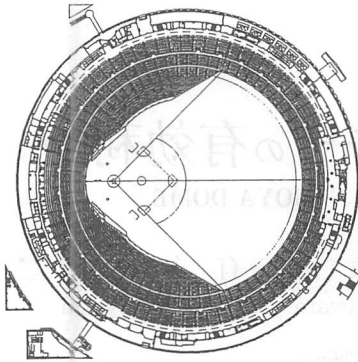


図-1 平面図（3階）

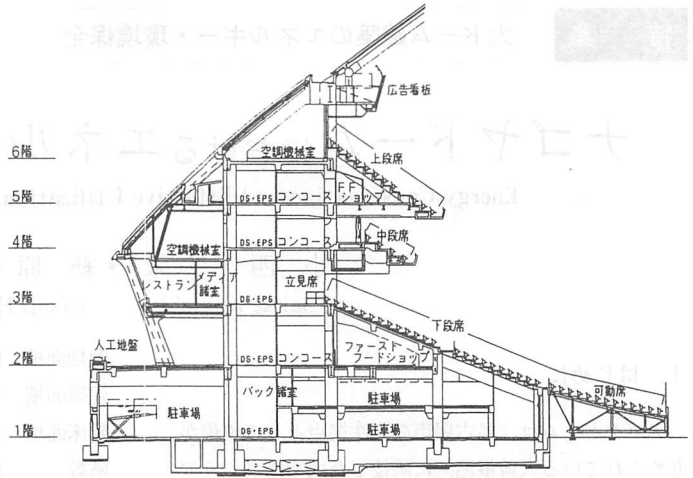


図-2 断面図

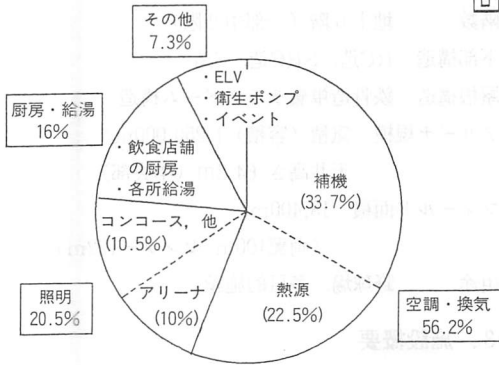
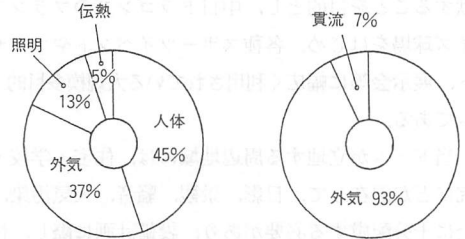


図-3 ナゴヤドームの年間1次エネルギー消費量 (試算)



アリーナ冷房負荷 アリーナ暖房負荷  
図-4 アリーナの空調負荷内訳

光が不要な場合の遮光幕システムをはじめ、イベントの規模に応じてアリーナを2分割できる仕切り幕システム、昇降式バックネット等を備えている。

アリーナの外周には、コンコース・売店・レストラン・事務所・後方諸室・駐車場を配置している。図-1に平面図を、図-2に断面図を示す。

#### 4. ナゴヤドームのエネルギー消費特性

図-3にナゴヤドームの年間1次エネルギー消費量(設計時試算)を示す。この図よりドームのエネルギー消費特性として、空調・換気および照明の比率が高いことがわかる。また図-4にアリーナの空調負荷内訳を示す。冷房時、暖房時とも外気負荷の占める割合が高くなっており、外気負荷の削減および効率化がエネルギー消費を抑えることに大きく寄与できる。

#### 5. 自然エネルギーの有効利用

ナゴヤドームにおける自然エネルギー有効利用技術概要を図-5に示す。

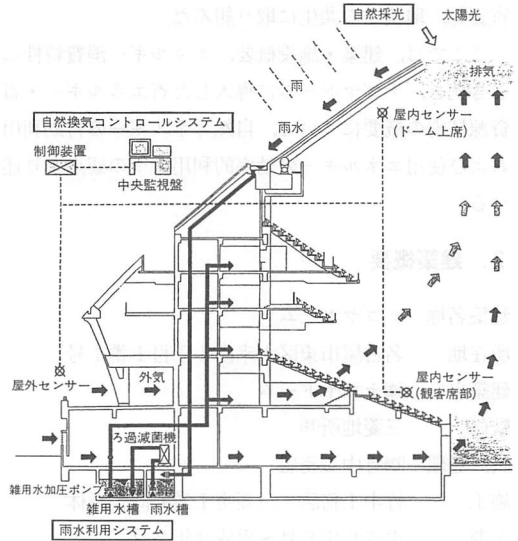


図-5 ナゴヤドームにおける自然エネルギー有効利用技術

##### 5.1 アリーナ自然換気

ドームのエネルギー消費量のうち大きな割合を占め

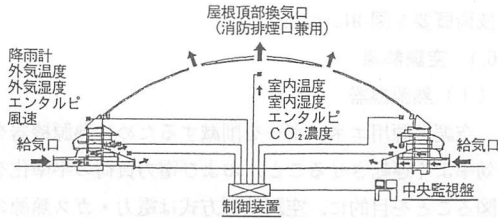
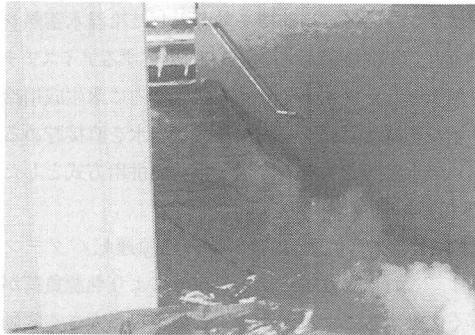


図-6 アリーナ自然換気システム概要



写2 自然換気時の気流可視化実験 (アリーナへの入口通路)



写3 自然換気時の気流可視化実験 (スタンド客席)

る空調・換気エネルギー削減のため、アリーナ空間の大きさに起因する上下の温度差、圧力差を利用した自然換気システムを採用した。システムの概要を図-6に示す。ドームの1階または2階より外気を取り入れ、屋根頂部に設置した排気口より排出する。1階より取り入れた外気は、アリーナへの搬出入通路よりアリーナへ流入し、イベント設営・撤去時に有効な外気導入経路となる。一方、2階コンコースの全周サッシュ上部に、中央監視室からの指令による開閉装置付給気口を設置した。ここから取り入れた外気は、コンコースからアリーナへの入口通路(36カ所)を経由してアリーナへ流入し、スタンド客席、フィールドの熱負荷を処理した後、屋根頂部排気口より排出される。屋根頂部



図-7 予測計算結果の出力例

の排気口はすべて中央監視室からの指令による開閉装置付である。写2, 3に現地にて実施した気流の可視化実験結果を示す。入口通路から導入された外気がスタンド客席に沿ってフィールドまで到達している。

自然換気の積極的な活用を運転管理者に促すために、中央監視装置にて外気状態とアリーナ環境を常時監視するとともに、自然換気を行った場合のアリーナ環境を予測計算させることにより、自然換気の有効性を定量的に判断できるシステムを導入した。さらにアリーナに配置した循環流ファン(後述)による循環気流やアリーナ空調機による外気冷房と組み合わせて自然換気の適用範囲を拡げることにより、省エネルギーとより自然に近い環境を創り出すことを図った。図-7に予測計算結果の出力例を示す。運転管理者はこの結果より自然換気の可否および効果、自然換気運転パターンを容易に判断できる。

### 5.2 アリーナ自然採光

屋根中央部に屋根総面積(約30,000m<sup>2</sup>)の17%弱にあたる6角形の透光部(約5,000m<sup>2</sup>)を配置した。透光部は特殊フィルム貼の二重ガラス仕様(透光率20%)とし、自然光を柔らかく均一な明るさで採り入れている。この透光部面積と透光率はコンピュータシミュレーションによる照度予測、1/50模型による被験者実験および空調負荷に与える影響を考慮しながら設定した。この結果、曇天時屋外照度22,000ルクスの状況下で、アリーナフィールド中央部照度は約1,200ルクスとなる。これはアマチュアスポーツや展示会等のイベントにおいて人工照明なしで十分機能する明るさであり、照明エネルギーの削減に大きく寄与するとともに、明るく開放的なアリーナ空間を実現している。

### 5.3 雨水利用

周辺地域の公共下水道への放流水量の調整緩和および



写4 アリーナ内観

び上水道使用量の削減を目的として、屋根部に降った雨を躯体ピットを利用した雨水貯留槽（槽容量2,800 m<sup>3</sup>、うち1,500m<sup>3</sup>を再利用に充当）に溜め、濾過・滅菌後、雑用水として再利用している。雑用水利用先は、便器洗浄水と植栽の自動灌水系統である。計画時試算による効果を図-8に示す。これによれば年間雑用水使用想定量の40%強を雨水でまかなえることになる。

## 6. 使用エネルギーの効率的利用

ナゴヤドームにおける使用エネルギーの効率的利用

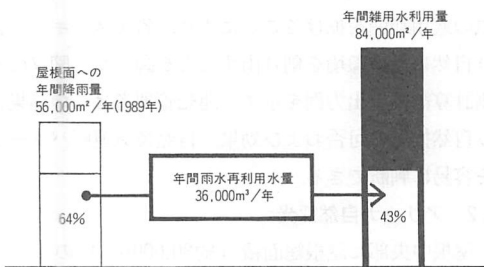


図-8 雨水利用の効果（試算）

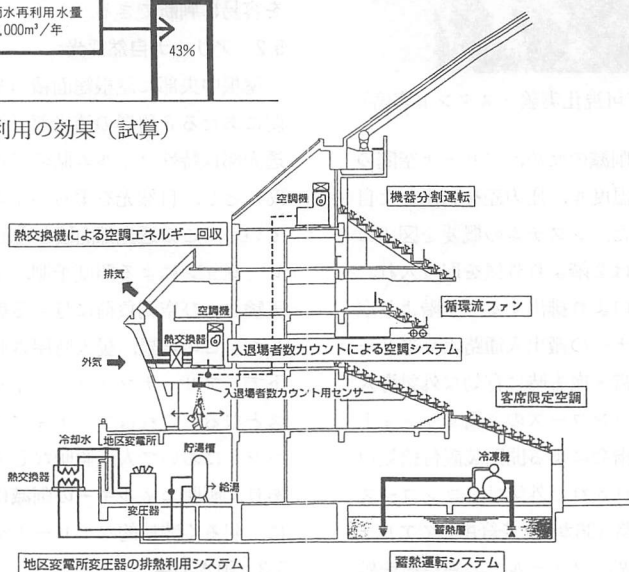


図-9 ナゴヤドームにおける使用エネルギーの効率的利用技術

技術概要を図-9に示す。

### 6.1 空調熱源

#### (1) 熱源機器

空調熱源用エネルギーを削減するために熱源機器を効率よく運転させること、および電力負荷の平準化を図ることを目的に、空調熱源方式は電力・ガス熱源の組合せとし、電力熱源には深夜電力利用の蓄熱システムを採用した。蓄熱システムは運転効率の高いヒーティングタワー・ターボ冷凍機を熱源とした冷温水蓄熱システムと、年間を通して冷房負荷に対応するアイスチラーを熱源としたダイナミック方式（槽内に氷生成用冷却コイルを持たずにシャーベット状の水を直接貯める方式）の水蓄熱システムの水・水蓄熱併用方式とした。

図-10に熱源フロー図を示す。

図-11, 12に冷房時、暖房時の熱源運転パターンを示す。これによりイベントの有無により熱源負荷が大きく変動することがわかる。このように大きく変動する負荷に効率よく追従し、熱源群としての信頼性を高めるために熱源機器を細分化した。さらに水蓄熱槽容量は、負荷の小さい非イベント時に無駄なく蓄熱分を使い切れる容量とした。

また、これら熱源機器の運転、蓄熱分の放熱を効率よく行うために、イベント種類、季節別の負荷を事前予測し、最適な熱源機器運転順序を時刻ごとに設定できる熱源運転支援システムを導入した。

熱源機器の冷却塔は、周辺環境への景観、騒音上の

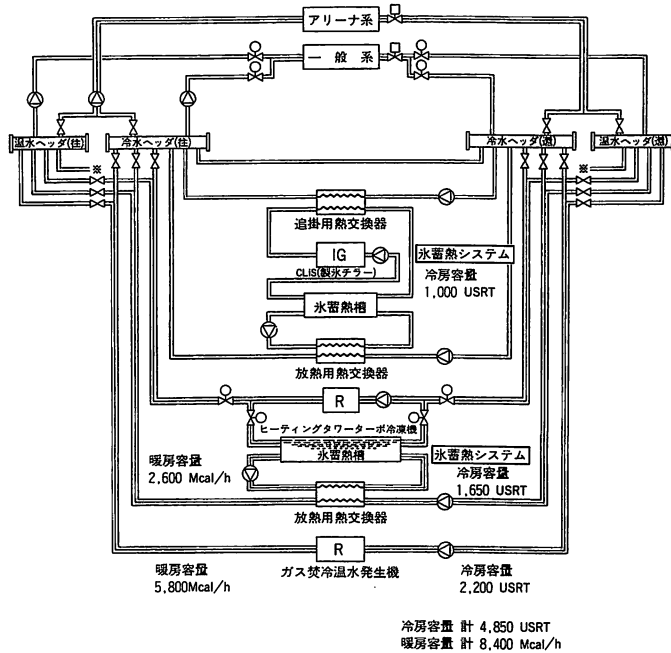


図-10 熱源フロー図

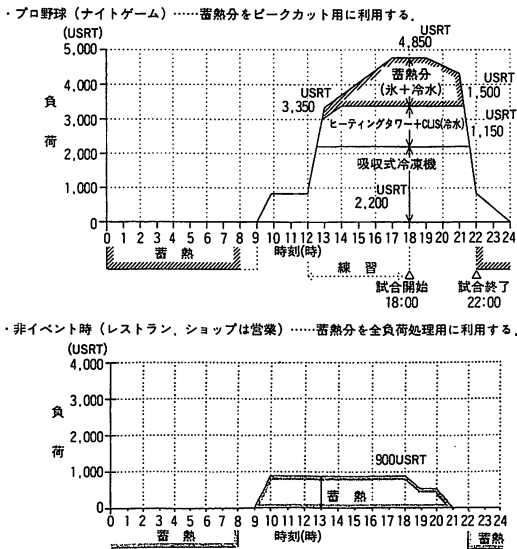


図-11 イベント別熱源運転パターン (冷房時)

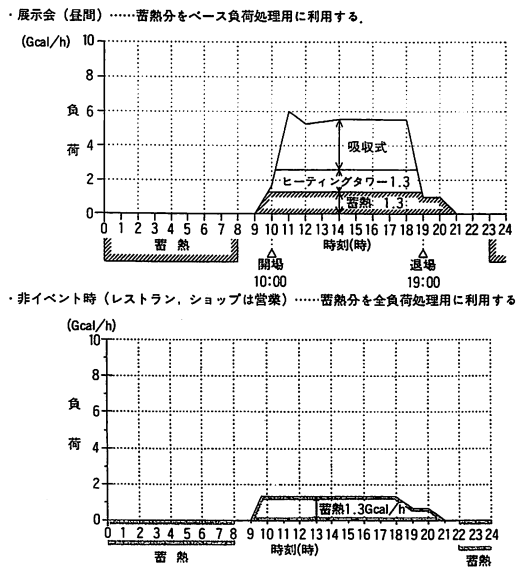


図-12 イベント別熱源運転パターン (暖房時)

配慮からドーム本体に組み込みとともに、送風機の回転数を下げたり、消音器を設置している (写5)。

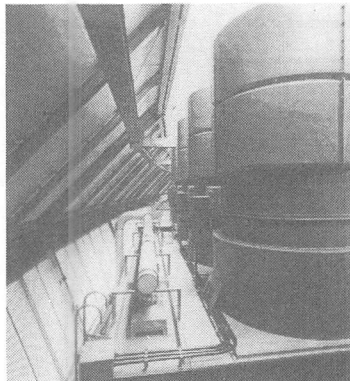
(2) 配管システム

搬送動力の低減と配管の耐久性の点から、蓄熱槽の放熱側は、熱交換器を介した密閉回路とした。また、水蓄熱による低冷水を利用した高温度差搬送によりポンプ動力の低減を図っている。

6.2 アリーナ空調

(1) 空調エネルギーの効率的利用

アリーナ空調の計画にあたり、エネルギーの有効利用の面から大空間をくまなく空調するのではなく、観客エリアのみを効率よく空調することに重点をおいた。そのため、各イベント、季節別にコンピュータシミュレーションや模型実験による事前検証を行い、空調吹



写5 消音器付冷却塔

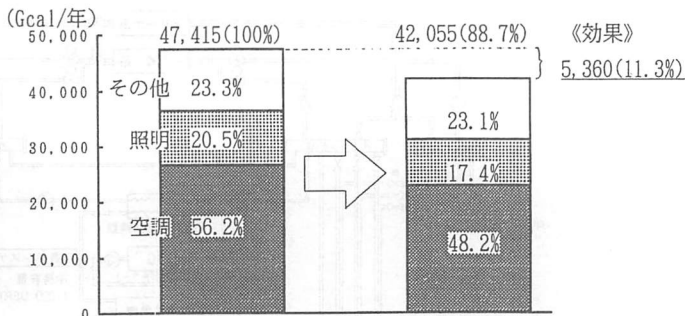
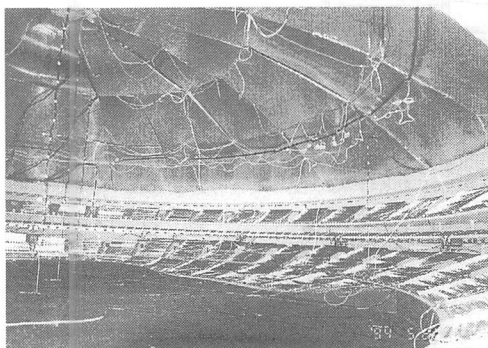


図-13 省エネルギー効果試算結果 (年間：1次エネルギー換算)



写6 空調模型実験 (1/30スケール)



写7 循環流ファン

出口の配置，風量，風速を決定した。写6に模型実験概要を示す。

アリーナには10台の循環流ファンを観客席に沿って円周上に配置し，風速0.8m/s程度の循環気流を発生させることができる(写7)。冷房時には，この気流(風)の効果により，観客は室温が29℃であっても26℃の無風状態と同等の快適感を得られるため，冷房負

荷を抑えることができる。

また，空調のゾーニングを，平面上6分割，断面上2分割の計12分割とし，先のアリーナ2分割使用等の部分使用にも効率よく対応できることとした。

(2) 外気負荷の軽減

アリーナ空調負荷のうち，大きな割合を占める外気処理負荷を軽減するために，アリーナ空調機には全熱交換器を搭載し，アリーナ余剰排気と外気の熱交換を行っている。さらに変動する在館人員に応じた最適な外気量を取り入れるため，各入り口ゲートに入退場者数計測センサーを設置し，実計測数に応じた外気取り入れを行い，外気負荷処理の無駄を省いている。

6.3 地区変電所変圧器の排熱利用システム

都市型未利用エネルギー有効活用の一環として，中部電力地区変電所のトランス排熱を，選手浴室や厨房用の中央式給湯の補給水加熱用に利用している。

7. おわりに

以上ナゴヤドームにおける主な省エネルギー・省資源技術概要について述べてきた効果の試算結果を図-13に示す。削減効果としては，約13,000m<sup>2</sup>のオフィスビル1年間の消費エネルギー分に相当する。

当ドームは竣工以来，プロ野球をはじめ各種コンサート，展示会等情報・文化の発信基地として，また草野球，集会等の地域密着型施設として順調に運営されており，計画に携わった者としては喜ばしい限りである。省エネルギー効果，各種運転実績データについては現在収集・解析中であり，設計時の目論見や効果予測との検証を行っていきたいと考えている。

末筆ながら，計画段階より貴重なご意見，ご協力，ご指導をいただきました(株)ナゴヤドームをはじめとする関係各位の方々に，この場を借りてお礼申し上げます。