

カーボンニュートラル賞

受賞名称
第11回カーボンニュートラル賞 関東支部 奨励賞
カーボンニュートラル賞選考支部名称
第11回カーボンニュートラル賞選考委員会 関東支部
業績の名称
早稲田大学37号館 早稲田アリーナ
所在地
東京都新宿区戸山1-24-1

応募に係わる建築設備士の関与

株式会社山下設計	市川 卓也
清水建設株式会社	笠原 真紀子

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社山下設計					
建築主	学校法人早稲田大学					
設計者	株式会社山下設計					
設計者	清水建設株式会社一級建築士事務所					
設計者	株式会社プレイスメディア（ランドスケープデザイン）					
施工者	清水建設株式会社					
建物管理者	学校法人早稲田大学 キャンパス企画部					
検証者	早稲田大学 田辺新一研究室					
延床面積	14,028.37	m ²				
階数	地上4階	地下2階	塔屋-階			
主用途	大学・専門学校					
竣工年月日	2018年11月					

支部選考委員長講評

本建物は、都心にあるキャンパスに体育館と講堂の機能を持つ多目的アリーナ（収容最大6000人）として計画された。地域の生態系の確保や環境負荷の削減のため、建物のほとんどを地下に埋設する手法を取っている。地中化することで、日射負荷の大幅な削減するとともに、安定した地中熱を躯体に蓄熱・放熱し室内温度を確保するという。

立地特性を生かした建築計画はユニークで独創的であり、その結果、建物性能としてBEI=0.39とZEB Readyを取得している。

大学キャンパスの中心に創出された「緑の丘」は、単に省CO₂というだけでなく緑の環境が、学びの場のシンボルになり、また建築が環境の一部であることを再認識させてくれる。立地や用途、環境のバランスに対する真摯な取組みと熟慮が、人から自然への視点の変化を導き出した好例といえる。このように建築計画と省エネ手法を上手に組合せた独創性を評価する。

①省エネルギーへの取り組み・工夫

照度、均斉度など機能性を優先するアリーナにサイドラइटニング照明方式を採用し、従来方式に比べ20%の器具の削減をしながら、国際競技環境に近い照明環境を再現している。

太陽光発電50kW、地中熱利用、蓄熱槽の高効率運用等の創エネ・省エネ設備を備えている。大学のアリーナの運用を考えた設備構成となっている工夫を評価した。

業績の名称： 早稲田大学37号館 早稲田アリーナ

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

1/4

1. 未来社会へのビジョンを共有する環境や風景を創出する

1-1. 計画の背景

本計画は戸山キャンパスに建つ旧37号館 記念会堂の老朽化に伴う建替計画である。記念会堂（竣工：1957年）は、体育館と講堂の機能を持つ多目的アリーナ（収容人員 約5,000人）で、体育の授業や部活動で利用されると共に、卒業式・入学式等の式典会場としても利用されてきた。また、1964年の東京オリンピックではフェンシングの競技会場としても利用され、大学関係者にとっては、大隈記念講堂に継ぐシンボル性の高い施設となっていた。

戸山キャンパスは、1962年に村野藤吾が手掛けた校舎群が完成することで現在の骨格が形成され、その後、時代に応じた更新が重ねられてきたが、その間に様々な課題を抱えることとなった。一つはキャンパス内の敷地高低差と施設配置に起因する活動の分断、もう一つは狭隘化である。

戸山キャンパスは主に文学学術院、競技スポーツセンター、学生会館の3機能で構成されているが、キャンパス内の敷地高低差（約5m）やキャンパス中央に配置された記念会堂が相互の活動を分断していた。

村野藤吾はキャンパスの設計に際して、自然と校舎が交互に見え隠れする「人とみどりの繋がりを大切にしたい環境整備」を目指していたが、施設の拡充に伴い、キャンパスのオープンスペースは徐々に減少していた。

また、周囲に目を向けると、北には穴八幡宮や放生寺、西には旧尾張藩 下屋敷戸山山荘の跡地である戸山公園が広がっており、都心でありながら緑豊かな歴史的環境が現存している。さらに広域的に見ると戸山キャンパスは、椿山荘・大隈庭園を起点に神田川流域に広がる早稲田地域のエコロジカルネットワークを形成するうえで大切な意味を持つ場所となっている（写真-3）。記念会堂の建築面積は、戸山キャンパスの約12%を占めており、本計画の在り方はキャンパスだけでなく、地域環境にも影響を与えるものとなっていた。

これらを背景に、私達は早稲田大学の次世代に向けたこの場所の在り方を考えた。設計当時より大学と地域社会の連携強化による地域の持続性向上や、地域の生態系の保全、省エネルギー・省資源をはじめとする環境負荷削減は、本計画の基本的な課題となっていた。

1-2. 建築計画の特徴

新たな37号館となる早稲田アリーナは、最大収容人員約6,000人の多機能型スポーツアリーナにランニングcommonsやスポーツミュージアム（一般公開施設）等を組み合わせた複合施設である。私達はメインアリーナをはじめとする施設ボリュームの大半を地下に埋設し、その地表に「戸山の丘」と名付けた、地域にも開かれた新たなパブリックスペースを整備することで、様々な課題の解決が図れると考えた（図-1）。



写真-1 早稲田アリーナ全景、南側より見る。



建替前、記念会堂の建築面積はキャンパスの約12%を占めていた。 → 建替後、地域に開かれたパブリックスペース「戸山の丘」が活動や地形を繋ぐ。

写真-2 建替前後のキャンパスの比較



写真-3 計画地を中心とする地域の緑のネットワーク

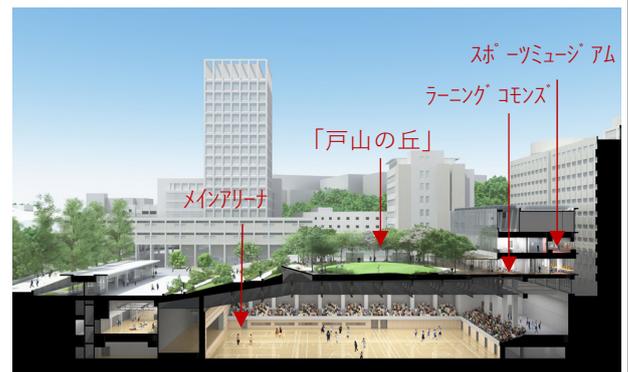


図-1 東西方向断面イメージ、図の左が東。

2.立地特性・施設特性を踏まえた建築・ランドスケープ・設備の融合

2-1.施設特性

一般に体育館などのアリーナ施設は、低層・大平面となり、屋根から多くの日射負荷を受ける。また、運用面では授業や部活で利用する場合とイベント時では利用者数が大幅に変動する。本計画の場合、授業や部活での利用人数は約100人、イベント時は約6,000人と約60倍の差がある（写真-4）。また、6,000人を収容するイベントは、卒業式・入学式・早稲田祭等、いずれも中間期に開催されるもので、その合計日数は年間14日程度。その他は授業・部活・対外試合での利用となっている。



通常時のメインアリーナ 2クラス=100人程度で利用
卒業式でのメインアリーナ 約6,000人収容の様子

写真-4 早稲田アリーナ利用状況

2-2.日射負荷抑制

私達は施設の大半を地下に埋設し、その屋上に平均1.0m・最大2.3mの植栽基盤を持つみどりの環境を整備し、メインアリーナに対する屋根からの日射負荷を大幅に削減した。同時に、直接土に接する壁や床の躯体には断熱を行わず、年間を通じて約18℃と安定した地中熱(図-2)を熱源とし、地中熱を地下躯体に直接蓄熱し、室内側に放熱することで基本的な室内温度環境を確保するという手法を選択した(図-3)。本計画の場合、付近一帯は明治時代まで河道となっており、本施設はその河道上に位置している。そのため、土中に水の流れがあり、常時、地中熱を取得した場合でも、周辺土壤に熱が溜まるリスクがないことがこの手法を可能にした。

2-3.外気負荷・人体負荷抑制

次に換気に伴う外気負荷である。6,000人収容可能な巨大な気積を持つアリーナ空間に対し、通常時は100人程度しか利用がないため、日中、換気を行わなくても、空気質を損なうことはない。本計画ではCO₂センサーを導入し、外気負荷を大幅に削減している。一方、観客を伴うイベント時には日中も換気を行う必要があり、人体負荷と共に外気負荷の影響を受ける。これに対応するため、耐圧盤下に約900mの地中熱採熱管を敷設し、メインアリーナ床下に設けた蓄熱水槽にこれを貯め、蓄熱水を熱源とした空調システムを構築した(図-4)。6,000人の大規模イベントが中間期にしか実施されないこと、対外試合等の観客を伴うイベントも月に1・2回程度しか行われなことから、3日間蓄熱水を利用し、1日のチラー運転で元の状態に回復している。(図-5)。

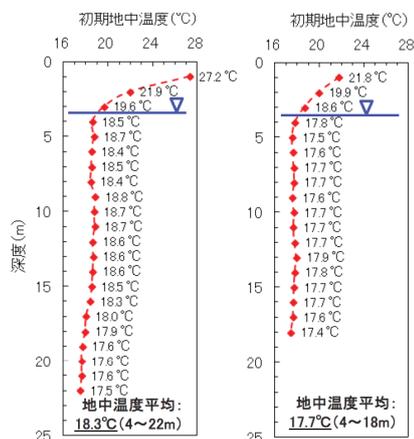


図-2 計画地の地中温度(実測値)

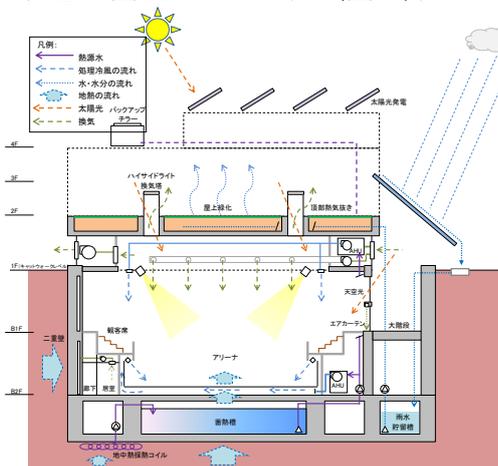


図-3 省エネルギーシステム概念図

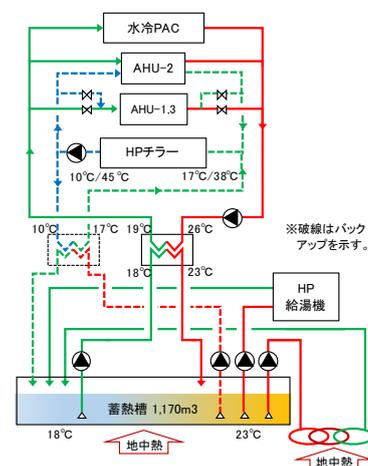


図-4 熱源システム概念図

2-4.結露防止

今回の設計手法の場合、人の出入りによる外気流入により、室内の躯体表面に結露を生じる恐れがあった。そこで各出入口の扉上部にエアカーテンを設け、不要な外気流入を防いでいる。さらに地下外壁を構成する二重壁は通常よりも大きな幅を確保し、全体を連続させた上で二重壁内の換気を行っている(図-6)。二重壁内の換気で得た地中熱は、地下1階空調機械室内外調機の導入外気に顕熱交換の上利用している。いわば垂直のクールヒートトレンチである。この仕組が地下空間の湿度を安定化や熱効率向上に貢献している。

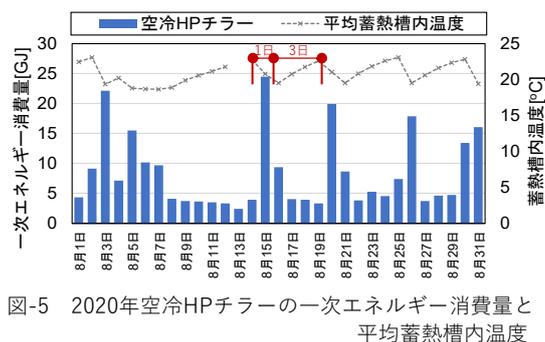


図-5 2020年空冷HPチラーの一次エネルギー消費量と平均蓄熱槽内温度

2-5.照明負荷抑制

空調負荷の要因の一つとなるアリーナ照明は、光源をLEDとした上で、個々に異なる形状を持つ特殊な反射板を用いたサイドライティング方式を採用し、照明エネルギーを低減した。本施設を利用する各体育部の学生は国際大会にも出場する水準の選手であり、本施設では国際競技環境に近似したスポーツ環境整備が求められた。ここでは海外の国際競技場で多くの採用実績を持つLED型スポーツライティングシステムを採用し、これを体育館サイズにカスタマイズした。コート直上の灯具をなくし、従来方式よりも約20%灯具を削減した上で、各競技で求められる水平面照度・垂直面照度を確保している（写真-5）。また、地下であっても自然の変化を感じることが出来る環境づくりを行うため、6,000人の入退場動線となる大階段等からメインアリーナへの自然採光（安定採光）を行い、災害発生時等には自然光で最低限の室内照度が確保できる仕組みを構築した（写真-6）。

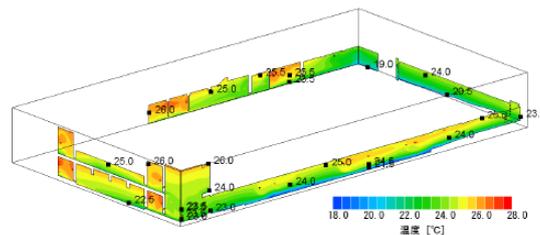


図-6 二重壁内温度分布アイソメ

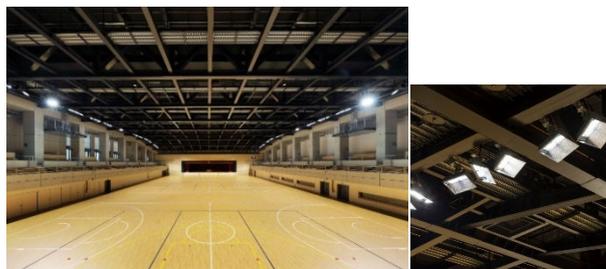


写真-5 天井に灯具がない照明計画.右は特殊な形の反射板.

2-6.工学的環境性能

スポーツミュージアム等が配置される高層棟の屋上には太陽光発電設備 約50kWを設置し、建物全体としてはZEB Ready(BEI=0.39 ※注：BEI=0.44太陽光発電分を除く)を実現すると共に、メインアリーナとその付帯施設は試算上の「ゼロエネルギーアリーナ」を達成している（図-7）。

2-7.生物学的環境性能

「戸山の丘」では武蔵野の雑木林をモチーフとした生活に寄り添ったみどりの環境を実現した。屋上全面に植栽客土を敷設し、人が歩く部分に透水性コンクリート平板を敷設することで、呼吸する地表を実現した（写真-7）。地域の自生種を中心とした多種多様な植物が地域の生態系の保全と強化に貢献している。キャンパスの中心に創出した新たなみどりの環境はバイオフィリック効果によりキャンパス全体の知的創造性向上にも貢献できると考えた。呼吸する地表と植物の緑被効果・蒸散効果により「戸山の丘」は夏場であっても冷涼な環境が維持され、多くの学生や地域の方々の憩いの場となっている。



写真-6 メインアリーナに自然光を導く大階段

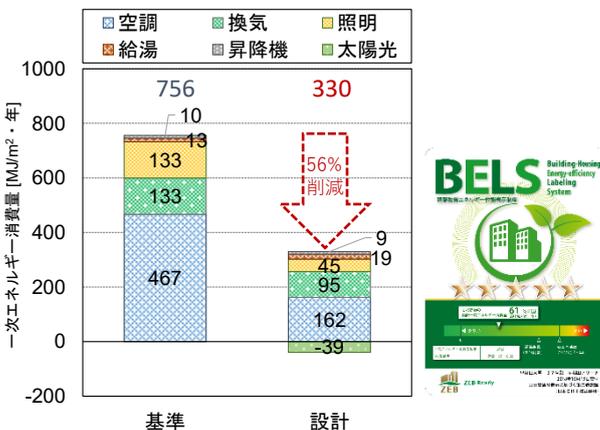


図-7 一次エネルギー消費量（設計段階）

2-8.本計画に込めた私達の考え方

私達はカーボンニュートラルを実現していくための基本姿勢に「人間本位の環境づくりからの脱却」があると考えている。建物の立地特性や施設特性等を設計者が十分に調査・把握し、自然環境と生活環境のバランスを考えながら、生活環境・地域環境・自然環境・地球環境など、様々な階層の環境改善に繋がる建築の在り方を模索することが、建築設計に携わる者に課せられた基本的な所作と認識している。本施設は「次世代に向けたシンボル」という役割も担っており、ここに生み出された建築・ランドスケープ・設備が融合した特別な環境や風景を多くの人々が体験し、未来社会へのビジョンを共有することが次世代シンボルの在り方に相応しいと考えた。

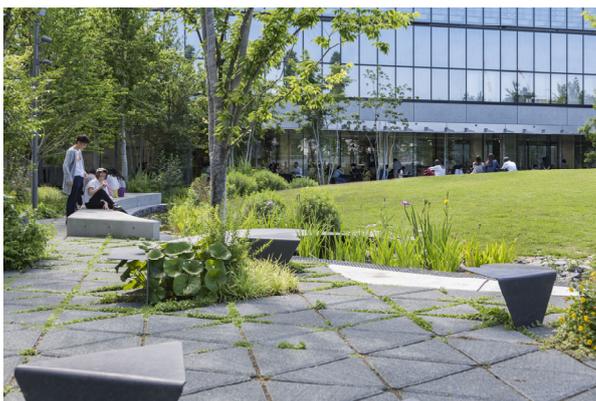


写真-7 「戸山の丘」（屋上緑化）

3. エネルギー利用実績と性能検証

3-1. 性能検証の体制と意味

本計画では竣工後、早稲田大学建築学科田辺新一研究室との協働体制の下、エネルギー利用実績調査と性能検証を行い、建物自体を環境教育の教材とした更なる改善を目指している。

3-2. 再生可能エネルギー利用実績

2021年の自然エネルギー利用実績として、太陽光発電発電量及び地中熱コイルによる地中熱取得熱量を示す。太陽光発電は年間58,131kWh発電し、受変電設備に系統連携することにより、施設の消費電力量を低減している（図-8）。

地中熱コイルからの地中熱取得は6月から10月に行われており、年間3.7GJの地中熱を取得した。また、その他の月は蓄熱槽下部からの地中熱取得及び水熱源ヒートポンプ給湯器の排熱により蓄熱槽の水温を一定状態とし、メインアリーナの室内温度環境を確保している（図-9）。

二重壁内の換気（垂直のクールヒートトレンチ）では年間4.2GJの地中熱を取得した。季節に寄らず、年間を通して地中熱を取得すると共に、地下空間の除湿に貢献している（図-10）。

3-3. 運用実績に即した省エネ性能の再確認

エネルギーの利用先電気消費量実績において、6~10月初旬はメインアリーナの除湿のために空冷ヒートポンプチャラー稼働しているが、その他の月は地中熱利用蓄熱槽を利用してアリーナの空調を行っている（図-11）。

また、非住宅建築物に関する省エネルギー基準に準拠したプログラムにおける学校等用途の講堂または体育館の場合、空調は5時間/日・照明は3時間/日が前提条件となっている。これに対し、今回のメインアリーナは、平均約11時間/日と極めて長時間利用されている。この運用実績を踏まえ、空調及び照明の利用時間補正を行った基準と2021年の一次エネルギー消費量を比較すると、約71%のエネルギー削減効果が得られていることがわかる（図-12）。

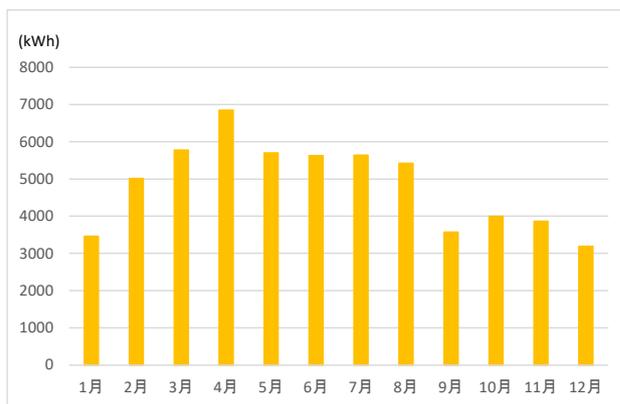


図-8 太陽光発電発電量 (2021年)

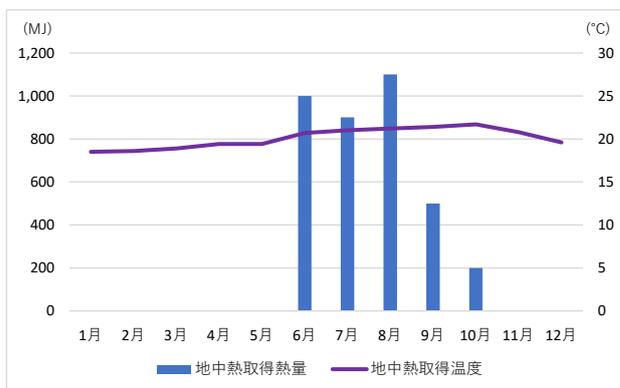


図-9 地中熱コイルからの地中熱取得量 (2021年)

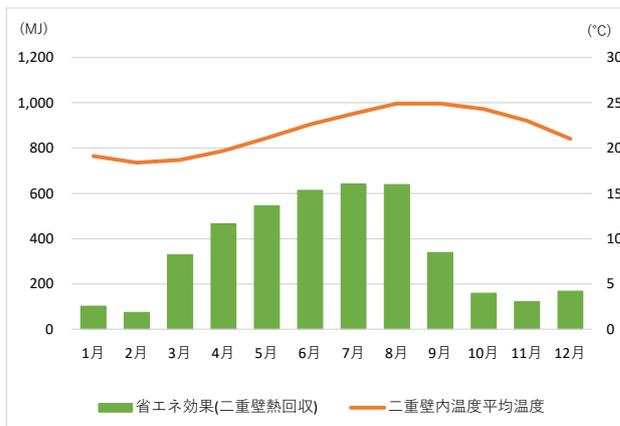


図-10 二重壁内還気による地中熱取得量 (2021年)

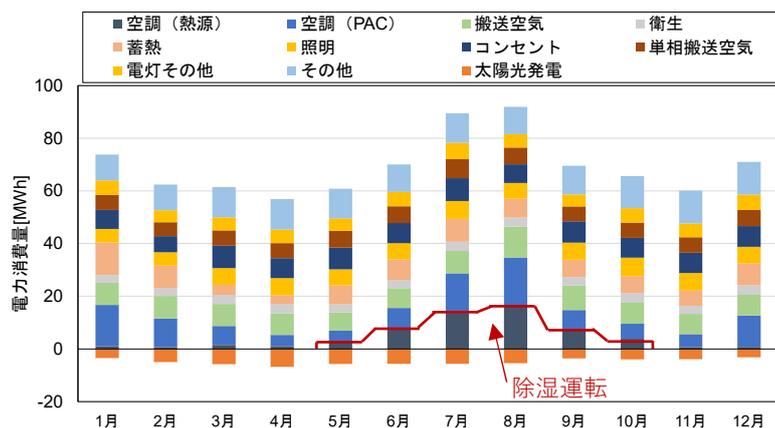


図-11 エネルギー利用先別電力消費量 (2021年)

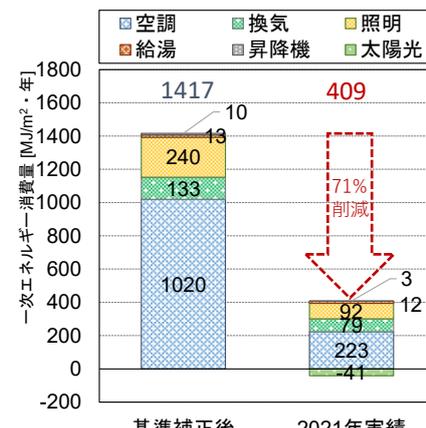


図-12 一次エネルギー消費量実績 (2021年)