

深江竹友寮の環境・設備計画
Environment and equipment planning for the
FUKAE CHIKUYURYO

株式会社竹中工務店設計部
TAKENAKA Corporation Design department
越村 翔
Shou Koshimura

キーワード：WELL認証（WELL Building Standard）、睡眠環境（Sleep Environment）
ZEH-M Ready（Net Zero Energy House Mansion Ready）、自然エネルギー（Natural energy）
災害対策（Disaster countermeasures）

1. はじめに

本計画は、竹中工務店の新入社員寮の建替計画である。竹中工務店の新入社員は、神戸市東灘区の深江竹友寮で1年間の共同生活を経験する伝統がある。また阪神淡路大震災を乗り越えた際に避難施設にもなったこの寮は、地域の心の拠り所としての役割も大きい。今回の建替えにあたり、旧寮の歴史と伝統を受け継ぐとともに、多様な人材の人間形成・キャリア形成の場となるべく「新たな未来をつくる人を育む教育寮」の建設を目指した。ここに住まうことで、当社の未来を担う新入社員の心身の健康（Well-being）と豊かな生活環境を維持し、寮生自身による健康や環境に対する意識の向上を期待している。

2. 計画概要

2.1 建築概要

表2.1に建築概要、図2.1及び2に外観、鳥瞰を示す。新入社員の受け入れは例年200名程度、250名を上限としている。1階には大浴場、食堂、厨房の他、集団研修や自治会に利用する大研修室（さくらホール）を備え、研修所としても機能する。

2.2 構造概要

小地震から巨大地震まで幅広いレンジで効果を発揮する、「THE免震(Takenaka Highgrade Earthquake resistant system) ワイドレンジシステム」を導入した（図2.3）。これは中大地震時には、摩擦弾性すべり支承が機能して揺れを長周期化・地震力を低減し、巨大地震時には、すべり機構付き鉛プラグ入り積層ゴム支承「QTB」が同時に機能することで、積層ゴムの損傷と建物に加わる地震力の増大を防ぐシステムである。

2.3 設備概要

【電気設備】

受電方式：高圧1回線受電方式
設備容量：1,150kVA
予備電源：非常用発電機（ディーゼル）115kVA
太陽光パネル：35kW+リチウムイオン蓄電池144kWh

【空調設備】

熱源：空冷ヒートポンプチラー・
地中熱利用ヒートポンプチラー・EHP・GHP
方式：寮室） ルームエアコン
シェアリビング）ファンコイルユニット
大研修室）エアハンドリングユニット+GHP
その他） EHP

【衛生設備】

給水：受水槽+ポンプ圧送方式
給湯：セントラル給湯方式（浴場・厨房）
潜熱回収型無圧式温水器+太陽熱集熱器
+マイクロコージェネレーション排熱
排水：建屋内合流方式

【防災設備】

消火：屋内消火栓・消火器
排煙：自然排煙
その他：非常照明・誘導灯・自動火災報知設備・ガス漏れ警報

【昇降機】 エレベーター1台

【特殊設備】 浴槽ろ過設備

表2.1 建築概要

| 建物名称 | 深江竹友寮 |
|-------|------------------------|
| 建築主 | 株式会社竹中工務店 |
| 所在地 | 兵庫県神戸市東灘区深江北町 |
| 設計・監理 | 株式会社竹中工務店 |
| 施工 | 株式会社竹中工務店 |
| 建物用途 | 寄宿舎（独身寮）、研修所 |
| 敷地面積 | 3,857.21m ² |
| 建築面積 | 2,463.92m ² |
| 延床面積 | 6,189.97m ² |
| 規模 | 地上3階 |
| 構造 | RC造、S造、SRC造、免震 |
| 最高高さ | 12.3m |
| 工期 | 2018年4月～2019年9月 |



図2.1 外観写真



図2.2 鳥瞰写真



図2.3 THE免震ワイドレンジシステム

2.4 建築計画 - 交流を促進させるプランニング

今回の建替えにあたって、旧寮伝統の2人1室の共同部屋を「個室にすること」と、社会変化に柔軟に対応できる人材育成のための「交流のさらなる促進」が求められた。10室程度の寮室を一つのまとまりとして、それぞれがリビングを内包するようL型に配置し、そのまとまりを反転・連続させることで全体を構成している（図2.4）。ひだ状の平面配置とすることで、自然の光や風を導き入れ街と視線が通い合うことを狙った。本プランにより、各リビングが見え隠れし、寮生同士が自然と顔を合わせる機会をつくり出している（図2.5）。



図2.4 平面図

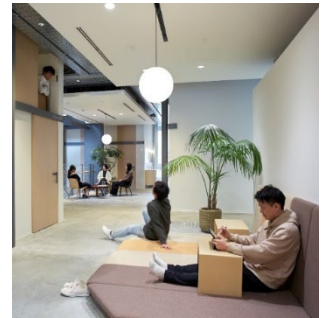


図2.5 シェアリビング内観

3. 計画意図と方針展開 - 新たな未来をつくる人を育む教育寮

3.1 Well-beingと環境性能の両立

寮生の心身の健康（Well-being）と環境配慮の両立を実現すべく、ZEH-M Readyの取得に加え、集合住宅としては日本初となるWELL認証を取得した。

3.2 自然エネルギー・未利用エネルギーの活用

今回計画に適用可能な自然エネルギー・未利用エネルギーを選定、有効活用する計画とした。全体計画の概念図を図3.1に示す。空調熱源の一部に地中熱ヒートポンプチラーを採用、給湯熱源は潜熱回収型ガスだき無圧式温水器・太陽集熱器・マイクロコージェネレーションシステム排熱を組み合わせたシステムとした。電力は平日と休日など負荷変動が激しい建物特性があるため、エネルギーマネジメントシステム“I.SEM”を用いて負荷予測を行い、太陽光発電+蓄電池を最適制御している。

3.3 震災の経験を受け継ぐ

阪神淡路大震災時の寮生達は被害者の救出や負傷者の看護、消火作業などの活動を行い、寮の研修ホールを地域住民の避難所として半年間開放するなど、地域の復旧に大きな役割を果たした。建替後もこの経験を受け継ぎ災害時に寮生の命を守るとともに、地域の防災拠点をも担いうる安心と安全性の実現を目指した。

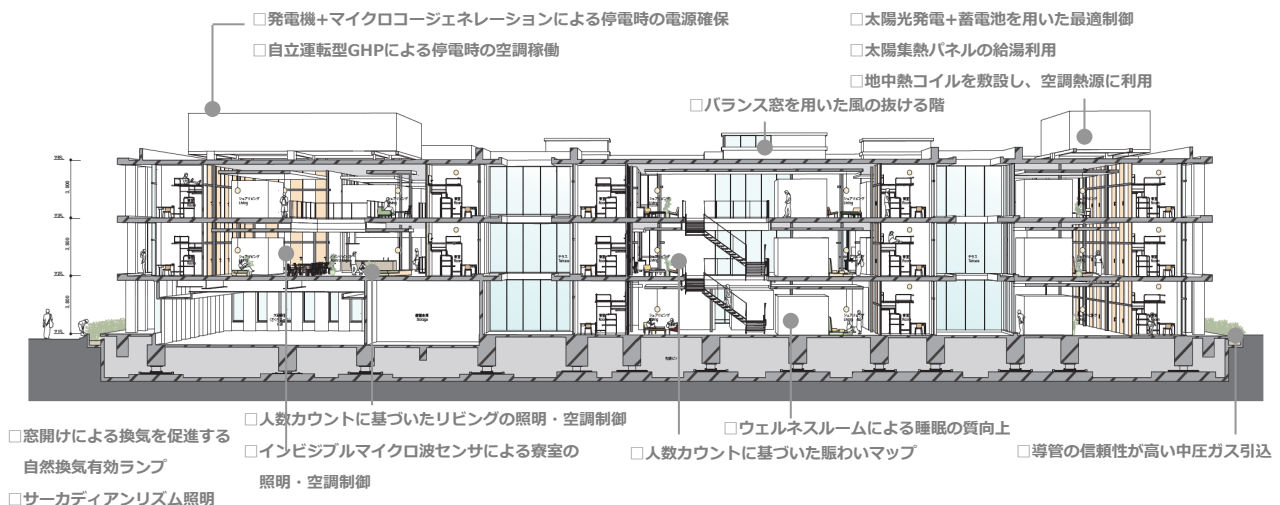


図3.1 全体計画の概念図

4. Well-beingと環境性能の両立

4.1 集合住宅として日本初となるWELL認証取得

4.1.1 計画趣旨

近年ESGやSDGsの浸透により、地球環境問題だけでなく、人間への健康影響を社会問題として捉え、それを解決していく機運が高まる中、日本においても「WELL Building Standard (WELL認証)」の更なる取得促進が期待されている。本計画では、2021年2月にビルディングタイプ別の評価基準「WELL Building Standard for Multifamily Residential (v1Pilot)」において「シルバー」ランクを取得した。これまでの国内での取得実績はオフィス用途がほとんどであり、深江竹友寮のWELL認証取得は、集合住宅としては国内で初の事例である。以降、深江竹友寮におけるWELL認証取得に向けた取り組みについて記載する。

4.1.2 深江竹友寮における評価項目概要

WELL認証は居住者の健康と福祉に特化した最初のスタンダードである。建築主、設計者、施工者、居住者、運用管理者が実施できる性能測定基準、戦略、方針を規定している。性能測定基準は「空気」「水」「食物」「光」「フィットネス」「快適性」「こころ」の7つのコンセプトで構成されている（WELL v1の場合）。7つのコンセプトそれぞれ項目のなかには「Preconditions(必須項目)」と「Optimizations(選択項目)」があり、すべてのコンセプトにおいて必須条件の項目は適合している必要があり、適合していない必須項目が1つでもあるとWELL認証は受けられない。今回、深江竹友寮は集合住宅であると同時に研修施設としての機能も備えているため、評価者であるIWBI (International WELL Building Institute)との協議により、住宅の評価項目に加えてオフィスで適用される一部の項目についても必須項目として盛り込み、建物の特性に合わせた審査・評価を受けることとなった。深江竹友寮における必須項目を表4.1に示す。この必須項目28項目の他、選択項目4項目、合計32項目を達成し、「シルバー」ランクを取得した。

4.1.3 環境・設備設計に関わる必須項目

環境・設備設計に関わる必須項目とその主な対応について以下に示す。

- ・効率的な換気：ASHRAE62.1（住居部分は62.2）に基づく換気量計算にて機器選定を実施。
- ・空気ろ過：循環系空調には活性炭フィルター設置スペース、外気系空調にはMERV13相当のフィルター設置。寮室他一部室でエアコン本体へのフィルター設置ができない場合には、別途空気清浄機を設置することにより代替。
- ・建設段階の汚染管理：工事中の機器・ダクト、断熱材などの完全養生＋写真報告。試運転で使用したフィルターの全交換。
- ・基本的な水質：WELL規定の水質検査34項目（日本の基準と異なる）の遵守。人工光のグレア制御：居室に採用する照明器具の輝度・遮光角遵守。20,000cd/m²未満、または規定のカットオフアングルを確保。ダウンライト・スポットライト系は全てグレアカット30度以上。

表4.1 深江竹友寮における必須項目

| 空気 | | |
|--------|-------------------|--|
| 01 | 空気質基準 | ホルムアルデヒド・TVOC・CO・PM2.5/10・オゾン・ラドン等アセッサ（審査員）が現地実測 |
| 02 | 禁煙 | 建物開口から7.5m以上隔離。禁煙掲示板の設計 |
| 03 | 効率的な換気 | P1-3はキッチン、会議室等でASHRAE62.1準拠。P4は寮部分62.2準拠。換気計算書作成必要。 |
| 04 | VOC低減 | 家具類含め米国基準のVOC準拠建材を使用 |
| 05 | 空気ろ過 | すべての居室に対し、循環系には活性炭フィルター設置スペース外気系にはMERV13相当（比色法90%程度）のフィルター設置。 |
| 06 | 微生物とカビ制御 | 四半期毎に全空調機FCU等の25%づつをチェック。写真付きメンテ確認する |
| 07 | 建設段階の汚染管理 | 工事中のダクト空調機類保護やAHU運転しない |
| 08 | 健康に配慮した入口 | 入口に3m以上のマットを設置。毎週の清掃必要 |
| 09 | 清掃手順 | 清掃計画書必要。適合洗剤等調査必要 |
| 10 | 農薬殺虫剤管理 | 殺虫剤管理計画書作成 |
| 11 | 基本的な製品の安全性 | アスベスト、鉛、水銀、PCBが建材に無いことを確認 |
| 12 | 湿気の管理 | 湿気管理計画書策定 |
| 水 | | |
| 30 | 基本的な水質 | 水質測定 |
| 31 | 無機汚染物質 | 水質測定 |
| 32 | 有機汚染物質 | 水質測定 |
| 33 | 農業汚染物質 | 水質測定 |
| 34 | 上水添加剤 | 水質測定 |
| 食物 | | |
| 43 | 人工の原材料 | 人工添加剤表示必要 a.人工着色料 b.人工香料 c.人工甘味料 d.臭素化植物油 e.臭素酸カリウム f. BHA（ブチル化ヒドロキシアニソール） g. BHT（ブチル化ヒドロキシトルエン） h. グルタミン酸ナトリウム（MSG） i. 加水分解された植物性タンパク質（HVP） j. 硝酸ナトリウム及び亜硝酸ナトリウム k. 亜硫酸塩 |
| 44 | 栄養成分表示 | トータルカロリー、主要栄養素、微量栄養素、トータルの糖類含有量など表示 |
| 光 | | |
| 55 | 人工光のグレア制御 | 照明器具の照射角度と、8,000cd/m ² 以下の輝度の照明要確認 |
| 61 | 昼光を受ける権利 | ガラス「リ」ツグを窓位置までとする。厨房部に窓設置必要 |
| フィットネス | | |
| 64 | 屋内のフィットネスとしての動線 | 階段利用推進の掲示板設置 |
| 快適性 | | |
| 72 | アクセスのしやすい設計 | 福祉の町づくり条例準拠 |
| 76 | 温熱快適性 | 居室ホール廊下もPMV<±0.5以内。キッチンには作用温度<26.7℃天井にノズル付きFCUを設置 |
| こころ | | |
| 84 | 健康とウェルネス意識 | Wellness関連のライブラリー設置必須 |
| 85 | インテグレイティブデザイン | Wellness向上に向けたシャレット実施、改善計画書策定、巡回実施等 |
| 87 | 美しさとデザイン I | 人間としての喜び、文化への賛美、精神への賛美、場所への賛美の説明書作成 |
| 88 | バイオフィリア I - 質について | デザインに自然との共生、自然連携、建物内外融合等のバイオフィリア計画書作成 |

- ・自然採光：全居室面積の75%以上の部分
- ・7.5m以内に外の見える窓が必要。
- ・温熱快適性：居室・通路含めPMV<±0.5以内を実現可能な設備容量を確保（PMV制御の実装までは求められない）。
- ・温熱快適性：キッチン作用温度26.67℃を超えない。（厨房用PACに追加ノズル設置により作業エリアの環境改善を図ることで代替）

4.1.4 WELL認証現地審査対応

WELL認証の特徴として現地審査の実施がある。

主な審査内容は、空気質・温湿度（PMV）・水質などの各種測定、及び空調機フィルターや清掃用品の仕様についての現物確認、その他施設全般に渡る目視確認であり、まる2日間かけて詳細に行われた。現地審査は原則として施設の通常稼働時での実施を求められるため、オーナー、居住者、建物管理者の理解と協力のもとで取り組み、無事WELL認証取得に結び付けることができた。

4.2 睡眠の質を高める室内環境制御・評価技術

4.2.1 計画趣旨

居住者のWell-being実現に向けて、WELL認証取得の他に、「より良い睡眠環境」の創出を目指した取り組みを実施している。ぐっすりと睡眠し、日々のストレスからリカバリーできる睡眠特化室「ウェルネスルーム」を施設内に1カ所開設した。非接触センサの活用による睡眠深度に応じた空調・照明他室内環境制御の構築、及び医学的見地に基づく睡眠質評価により、寮生が自分の健康状態や睡眠リズムを知るきっかけの場として活用し、今後の社会人生活における睡眠環境の改善に寄与することを期待している。

4.2.2 ウェルネスルーム概略

ウェルネスルームの概要図を図4.2に示す。空間の基本コンセプトは、「天蓋膜（ベッドキャノピー）に包まれた最高の睡眠空間」である。天蓋膜により空調によるドラフトや照明のグレアを緩和しつつ、膜に「包まれている」という心理的効果も同時に期待した。設備システムとしては、「睡眠環境制御システム」と

「睡眠質評価システム」の2つのシステムで構成され、文部科学省の主催するセンター・オブ・イノベーションプログラム（以降COI）の研究開発課題として、前者をダイキン工業と竹中工務店が担当、後者を大阪大学歯学研究科・大阪大学産業科学研究所・立命館大学が担当した。詳細は当日別発表する「支部学術研究発表会奨励賞の成果報告：社員寮における寝室内環境制御システムの睡眠への効果検証」によることとし、本報では割愛する。

4.3 寮生の活動に呼応した環境・設備計画

4.3.1 計画趣旨

建築計画としての基本コンセプトである「交流を促進させるプランニング」に対して、環境・設備計画からも貢献すべく、寮における日々の活動の中で自然に交流が促進されるとともに、省エネルギーにも繋がる仕掛けを組み込み、更には新入社員である寮生への教育・啓蒙にも繋がることを目指した。以下、具体的な取り組みを報告する。

4.3.2 マイクロ波センサによる寮室省エネ制御

従来、個室に対する省エネ制御としてはキースイッチ、電気錠連動などが一般的であるが、リビングが個室外にある今回のようなプランの場合、日常的に鍵を携帯し施錠操作を強いることは難しい。ビーコンなどを用いた位置測位技術はあるが、プライベート空間でもある教育寮では個人を特定し監視するようなシステムの導入は避けるべきと考えた。

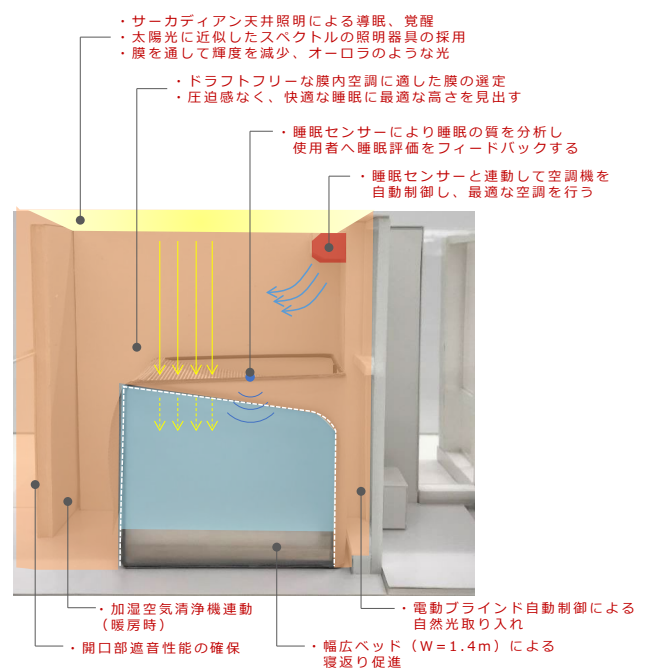


図4.2 ウェルネスルーム概略図

非接触かつ個人を特定しない別の手法を模索した結果、マイクロ波センサ（ドップラーセンサ）による精度の高い在室検知技術を活用し、人が操作をしなくとも退室後一定時間経過すると照明・空調が停止する制御とした。図4.3に寮室・リビングの非接触センサの概要を示す。マイクロ波は金属板、セメント、水以外は透過するため、ボード壁などであれば壁内隠蔽でも使用可能であるため、意匠性を阻害しない。かつ微細な動きも検出可能なため、就寝時に体動がない場合でも人の在／不在を検知することが可能である。寮生同士の交流促進を阻害することなく、かつ実効力のある寮室の省エネ制御を実現した。



図4.3 寮室・リビングの非接触センサ概要

4.3.3 賑わいの見える化による交流と省エネ促進

リビングの照明・空調の賑わい制御の概要を図4.4に示す。寮生の交流の中心となるリビングには、赤外線アレイセンサを設置した（図4.3）。滞在人員を把握して人数に応じ、2人以上集まらなるとベース照明は点灯せず空調も付かない、人数が増えると空調は比例制御し、照明点灯エリアも拡大する、といった制御を導入した。また、赤外線アレイセンサの人数情報から各リビングの賑わい度をマッピングし、共用部の各所に備えられたサイネージにリアルタイムで表示し、それを見た寮生を賑わいへと誘導することにより、交流の促進と省エネルギーの両立を狙った。その一方で、期せずして訪れた現在のコロナ禍においてはひだ状に入り組んだ平面形状とこの賑わい度マッピングが相まって人の過度な集まりを避けることに活用され、感染症予防対策として想定外の活用にも繋がった。

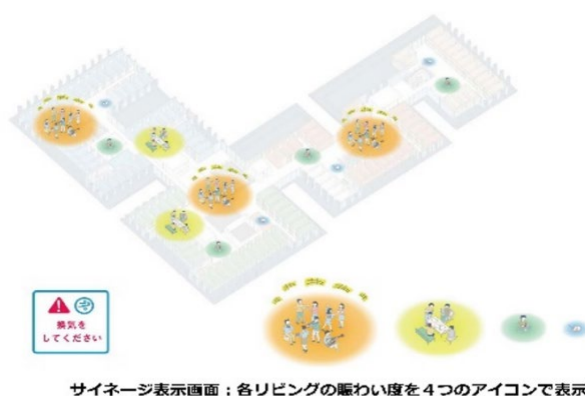


図4.4 リビングの賑わい制御概要寮室

4.3.4 情報表示による環境行動の誘発

環境情報を表示することにより、寮生による自発的な省エネ行動の誘発につながっている。尚、自然換気により流入した風が有効に排出されるよう、階段頂部にバランス窓を配置している。

窓開けによる換気を促進する仕掛けとして、外気温度、湿度、風速、降雨量を検知し、快適な外気条件である場合に、各リビング壁面に設置したランプを点灯させ、更に前述の賑わいマップ上にも窓開けを促す表示を行い、リビングの空調を自動的に停止させる制御を組み込んだ。

4.3.5 サーカディアンリズム照明

照明に関しても、寮生の活動に呼応し交流の促進を図るとともにWell-beingにも配慮した計画としている。各リビングにおいては、前述の賑わい制御に加えて、朝～昼は昼白色で覚醒、夕方～夜は電球色でリラックスできる、サーカディアンリズムを考慮した照明制御を導入、健康で快適な光環境の提供を目指した。

5. 自然エネルギー・未利用エネルギーの活用

5.1 地中熱利用空調システムの効果

5.1.1 計画趣旨

今回の計画に適用可能な自然エネルギー・未利用エネルギーを選定、有効活用する計画とした。共用部の空調熱源には、空冷モジュールヒートポンプチラーの他、地中熱ヒートポンプチラー（以下、HPチラー）を採用した。

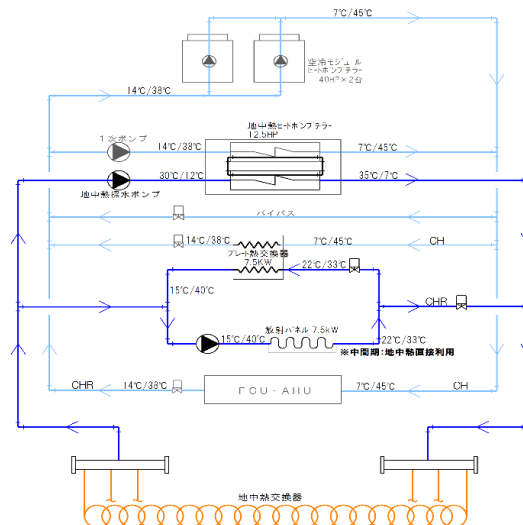


図5.1 熱源系統図

図5.1に、共用部熱源システム系統図を示す。地中熱採熱コイルに関しては、低層で広い底板を持つ建物形状であること、また工期・施工合理性の観点より水平ループ方式を採用し、建物基礎下全面に渡り採熱コイルを敷設した。採熱コイル内の温度条件が良好である場合には、リビングに設置の放射パネルに直送し、地中熱を直接利用することも可能なシステムとしている。

5.1.2 地中熱利用の実績

地中熱HPチラーの運転実績を示す。図5.2は、夏期における外気温と地中熱HPチラー運転中の地中熱交換器からの還り温度の1時間ごとの変化である。一部を除き、地中熱交換器からの還り温度は外気温よりも低く、夏期運転において空冷HPチラーに対して地中熱HPチラーの方が高効率であると言える。同時期の実際のシステムCOP（HPチラー本体の消費電力に加え、熱源水ポンプの搬送動力を加味したCOP）を図5.3に示す。平均で冷却時のシステムCOPは4以上を示しており、運転実績としても空冷HPチラーよりも省エネルギー性に優れた運転ができています。同様に、図5.4及び図5.5に冬期における温度及び加熱時のシステムCOPを示す。外気温の上昇する日中を中心に運転が行われており、外気温との差が小さく夏期よりも地中熱利用の優位性が分かりにくいですが、地中熱交換器からの還り温度は概ね外気温よりも高い温度で推移しており、冬期においても空冷HPチラーに対して地中熱HPチラーの方が優位といえる。

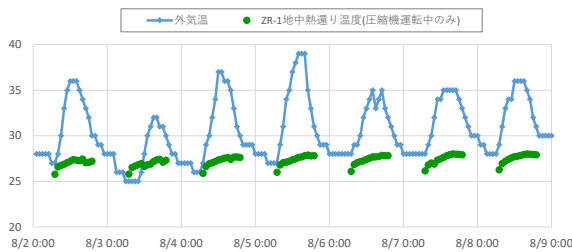


図5.2 外気温と地中熱還り温度（夏期）

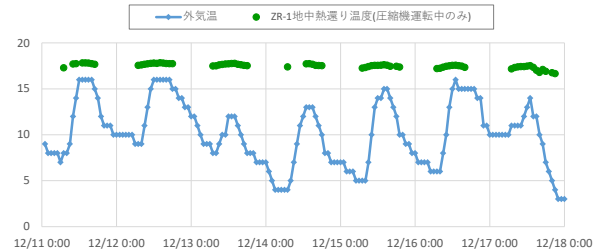


図5.4 外気温と地中熱還り温度（冬期）

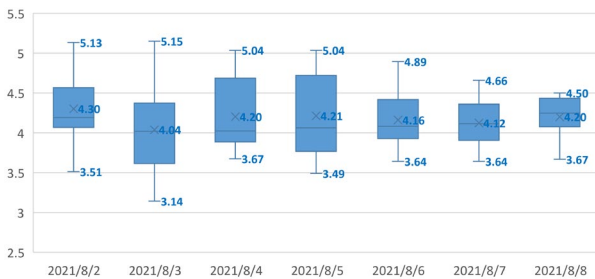


図5.3 地中熱HPチラーの冷却システムCOP（実績）

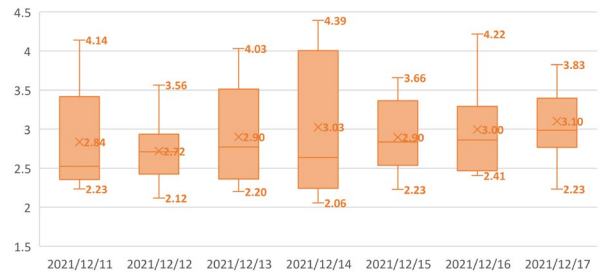


図5.5 地中熱HPチラーの加熱システムCOP（実績）

5.2 太陽熱・排熱利用給湯システム

5.2.1 計画意図

本建物は、例年200名もの新入社員が一年間寝食を共にする教育寮であるため、男女別の大浴場や個室シャワー、毎日の朝食と夕食、研修利用日には昼食も提供する食堂を有しており、給湯需要が大きい。そのため、自然エネルギーや未利用エネルギーを積極的に活用できる給湯システムを構築することが重要であった。そこで、潜熱回収型ガスだき無圧式温水器（以下ボイラー）（465kW）に加え、太陽集熱パネル（20kW）とマイクロコージェネレーション（以下MCGS）排熱（52.5kW）を組み合わせ、自然エネルギー・未利用エネルギーを有効活用する計画とした。


| | | |
|---------|---------|---|
| 集熱器形式 | 平板形集熱器 |  |
| 有効集熱面積 | 1.91㎡/枚 | |
| 集熱板保有水量 | 2.5L/枚 | |
| 設置角度 | 35° | |
| 設置枚数 | 32枚 | |
| 加熱能力 | 20kW | |

図5.6 太陽集熱パネル仕様

太陽熱集熱パネル仕様としては、給湯の利用温度帯である50～60℃の低温域での効率が高く、真空管に比べて安価で破損の危険性が低い平板形を採用した（図5.6）。運転計画については、電力負荷の少ない日中は太陽集熱パネルを主熱源とし、寮生の帰宅とともに電力負荷が高まる夕方以降は太陽集熱パネルに代わり、MCGSを主熱源とすることとし、建物の運用に併せた熱源選択を行うことでエネルギーの有効活用に努めた。給湯システムの概要図を図5.9に示す。太陽集熱パネルとMCGSを屋上に設置し、屋上蓄熱槽の加温を行う。1F機械室にて貯湯槽を設け、蓄熱槽からの熱では不足する場合は潜熱回収型無圧式温水器にて加温を行うシステムとした。社員寮という建物特性上、平日日中の給湯需要は厨房での朝食の食洗器や夕食に向けての調理がメインとなり、夕方以降は厨房・浴室利用が集中し、給湯の需要に偏りが生じる。そのため寮の運用に合わせた給湯システムとして、日中は太陽集熱パネルが稼働し、厨房利用、浴室利用が活発となる夕方以降にMCGSを運転させる計画とした。

一例として各給湯システムについての夏季冬季それぞれの一日の運転計画を図5.7、図5.8に示す。運転スケジュールとして、7:00～18:00で太陽集熱パネルが運転し15:00～24:00でMCGSが運転するよう設定した。

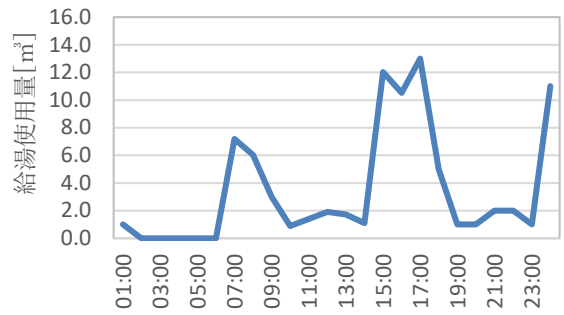


図5.7 夏季1日の給湯使用量

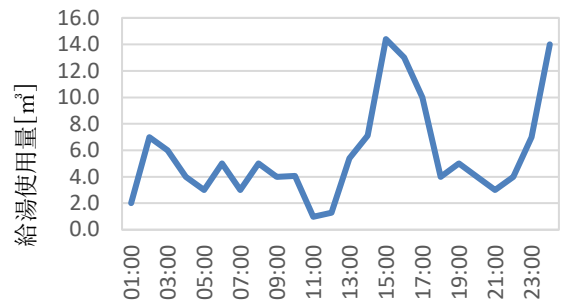


図5.8 冬季1日の給湯使用量

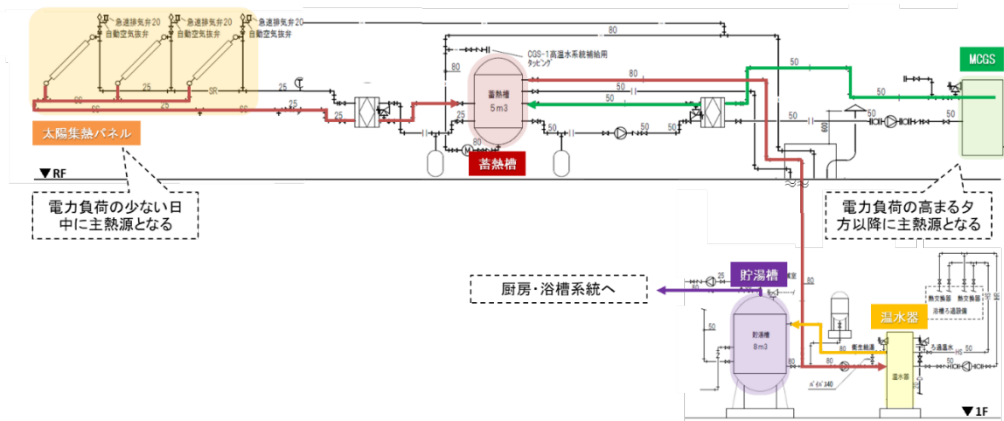


図5.9 給湯システム概要図

5.2.3 実績データと省エネルギーの考察

太陽集熱パネルの月ごとの集熱量を図5.10に示す。冬期や雨期は集熱量がやや減少するが、比較的安定して集熱ができています。次に、月ごとの供給熱量と各給湯設備の供給量の内訳データを図5.11に示す。浴室での負荷が多くなる冬期が最も供給熱量が大きい結果となった。夏季は給湯需要が少ない一方で、太陽集熱パネルによる集熱量が多いため、ボイラーによる給湯供給量が削減されていることが分かった。

図5.12に年間の各給湯設備の供給割合（給湯に対する寄与率）を示す。全給湯需要に対して6%を自然エネルギーである太陽熱により供給を行っている結果となり、MCGSによる給湯は全体の14%であった。

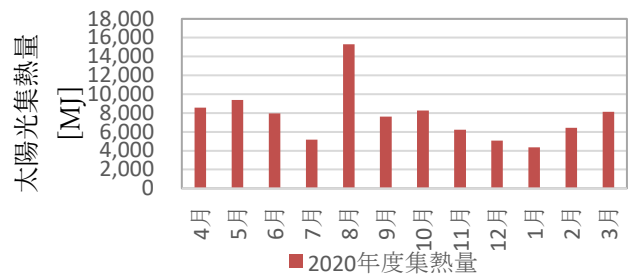


図5.10 太陽集熱パネルの月別集熱量

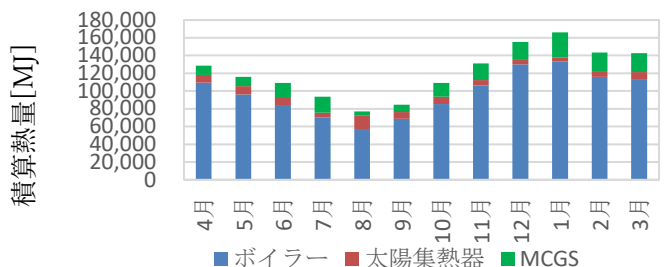


図5.11 月別供給熱量と各給湯設備の供給量

また図5.13にある一日の運転実績を示すが、日中(7:00~18:00)の厨房利用時の給湯需要0.46MJに対して、天候の良い日には太陽集熱パネルで約21%に当たる、0.07m³の給湯供給ができて需要に対して、MCGSによって67%にあたる0.23MJの給湯供給を行っている。

次に、従来型(定格効率87%)のボイラーで実績と同様の給湯負荷を賄う場合を想定し、本建物のエネルギー実績との比較を行うことにより、本システムにおける給湯一次エネルギー消費量削減効果を算出した。図5.14に一次エネルギー消費量削減効果を示す。従来型のボイラーによる運用に対して、潜熱回収効果により-15%、MCGS導入効果で-7%、太陽集熱パネル導入効果で-6%、合計で-28%の給湯一次エネルギー消費量の削減に繋がった。なお、MCGS導入による削減効果は総合効率による評価とし、ガス消費による一次エネルギー消費だけでなく、発電による電力側の一次エネルギー削減効果を加味した計算としている。

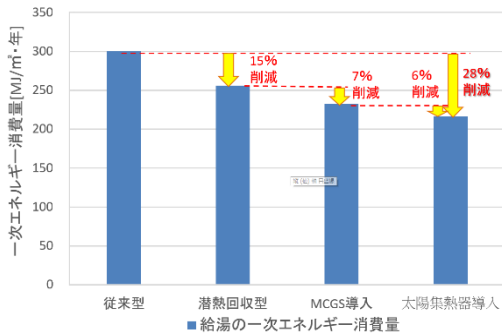


図5.14 一次エネルギー消費量削減効果

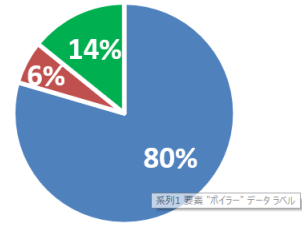


図5.2.7 各給湯設備の供給割合(寄与率)

図5.2.7 各給湯設備の供給割合(寄与率)

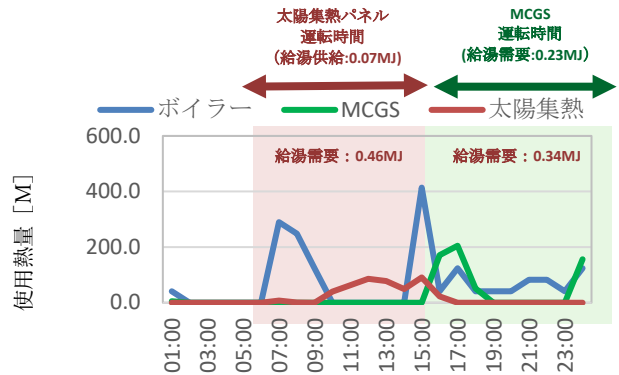
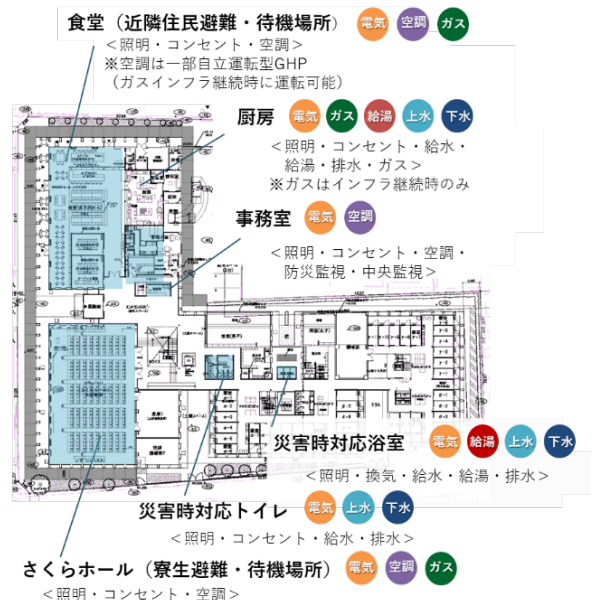


図5.13 給湯システムの代表日(2021/8/7)における運転

6. 震災の経験を受け継ぐ

6.1 寮生と近隣住民の安全を守るBCP計画

旧寮の歴史の中で忘れてならないこととして1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災を経験したことが挙げられる。当時の新入社員180人は、80数人の被害者を救出するとともに、負傷者の看護や消火作業などの活動を行った。旧寮にあった大研修室「さくらホール」は地域住民の避難所として半年間開放され、地域の復旧に大きな役割を果たした。深江竹友寮の建替えにあたっては、この震災の経験を受け継ぎ、当社における最上級の免震技術の導入とともに公共インフラ破断時に寮生250名が3日間生活できかつ近隣住民の受入れも想定した設備計画とした(図6.1)。近隣住民・寮生の避難・待機場所には大部屋である食堂及び大研修室(さくらホール)を想定、その空調をEHP・GHP併用としリスク分散を図るとともに、食堂のGHPは自立運転型とした。空調の他、ガスに関しては、導管の信頼性が高い中圧Bを選択し、100m程度公道を延伸し引き込んだ。その信頼性の高い都市ガスをマイクロコージェネレーション、潜熱回収型ガスだき無圧式温水器、厨房器具、食堂及び研修ホールのガスヒートポンプエアコンに供給している。その他、受水槽(有効28m³)廻りへの緊急遮断弁



- ガス** 低圧より導管の信頼性が高い中圧Bを引込み
- 下水** インフラ遮断時を想定し、汚水排水槽を設置(切替機にて手動切替)
- 空調** 対応エリアの空調電源はG回路
食堂空調の一部は自立運転型GHPを採用
- 給湯** 貯湯槽(有効8m³)を設置
マイクロコージェネレーション(52.5kW)
太陽熱パネル(20kW)にて、厨房・浴室の給湯に利用
- 上水** 受水槽(有効28m³)
+加圧給水ポンプ(発電回路)
耐震性導管、緊急遮断弁を設置
災害時に貯留水が流出しないよう配慮
⇒災害時に寮生250名×3日分の生活水を確保
- 電気** 非常用発電機(115kVA長時間形)
オルタンク(A重油1,950L)
マイクロコージェネレーション(35kW)
太陽光発電(35kW)+蓄電池(144kWh)
⇒自然エネルギー・ガスとの併用により非常用発電機の燃料消費を低減

図6.1 設備BCP計画

の設置、緊急排水槽（災害時に排水切替柵にて手動切替え）の設置、設備機器・配管の支持固定はすべて耐震クラスS相当としている。電力に関しては、後述するエネルギーマネジメントシステムを活用し、商用停電時に非常用発電機(115kVA)・マイクロコージェネレーション(35kW)・太陽光パネル(35kW)・蓄電池(144kWh)を併用した給電システムを構築した。自然エネルギー・都市ガスとの併用により非常用発電機の燃料消費を低減、稼働時間の延長を図った。

6.2 エネルギーマネジメントシステムI.SEMと発電機連携制御

6.2.1 I.SEM・MSEGシステム構成

当社が独自開発した「I.SEM®（アイセム）」は、建物に設置された太陽光発電や蓄電池、電気自動車の充放電装置などの分散型電源をはじめ、空調・照明設備も含めて統合制御するシステムである。I.SEMによって、エネルギーの見える化や発電・負荷予測、PV自家消費制御、デマンド制御を行うことができる。本計画ではI.SEMに加え、災害時の停電に備え、非常用発電機、マイクロコージェネレーションに加え、太陽光発電と蓄電池を一体化した直流統合電源「MSEG(Multi-Source Energy Gateway)」を搭載している。動作概要について以下に述べる。図6.2のように平常時には、CGS及びMSEGは系統連系運転を行う。MSEGにおいては、太陽光発電はAC/DCインバータを介して系統回生され、蓄電池は建物全体のピークカット及び太陽光発電の余剰吸収のために充放電を行う。また停電時には、停電の検知により非常用発電機から給電される非常用動力負荷系統、MSEGから給電される非常用電灯負荷が、自動切替器によって独立回路となり、それぞれに自立自給電が開始される。

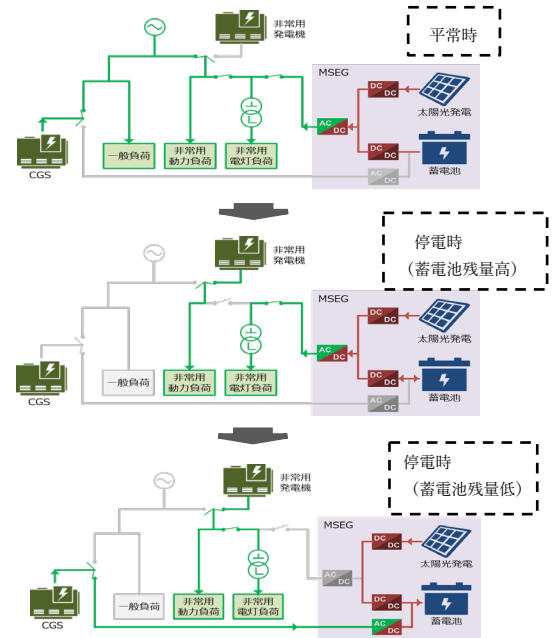


図6.2 発電機連携制御の動作概要

MSEGは非常用電灯負荷の変動にAC/DCインバータの出力を追従させ、太陽光発電出力が非常用電灯負荷を上回る場合は余剰分を蓄電池に充電し、逆に下回る場合は不足分を蓄電池から放電する。その後自立給電時、MSEG蓄電池の残量が低下すると、非常用電灯負荷をMSEGから非常用発電機の系統に切り替え、MSEGから負荷への給電を停止する。これと同時にCGSを起動し、太陽光発電とCGSによって蓄電池へ充電を行う。蓄電残量が回復すると、再び非常用電灯負荷をMSEG系統に切り替え、CGSを停止して、太陽光発電と蓄電池からの給電を行う。これにより、電灯負荷は可能な限り太陽光発電によって賄い、非常用発電機の燃料を温存する運用を行う。

7. 省エネルギー効果の検証

(1)省エネルギーへの取り組み

本計画では、高い外皮性能と、高効率な設備システムの導入により、高い省エネルギー性能を有する新入社員寮を実現した。

(2)環境認証の取得

環境評価としては、前述のWELL認証（シルバーランク）取得の他、BELS認証☆☆☆☆☆、ZEH-M Ready（BEI=0.46）を取得した。また、CASBEE神戸でSランクを取得している。

(3)エネルギー消費量の実績

月別の一次エネルギー消費量を図7.1に示す。空調や給湯需要が多い冬期にエネルギー消費のピークが来る結果となった。空調、熱源に占める割合が最も多く、次に給湯の割合が多い結果となった。

既存建物、BELSの基準建物と本計画の年間一次エネルギー消費量の比較を図7.2に示す。実績値は全体で1183.47MJ/m²/年であり、BELS基準値に対して63%低減、既存建物に対して30%低減と大幅な省エネルギー化を実現した。

BELSの設計値よりも大きな削減を実現している。既存建物は共用部が非空調であったにも関わらず大幅な省エネルギーを実現できたのは、自然エネルギーの活用や高効率な設備システムの計画による効果が大いと考えられる。

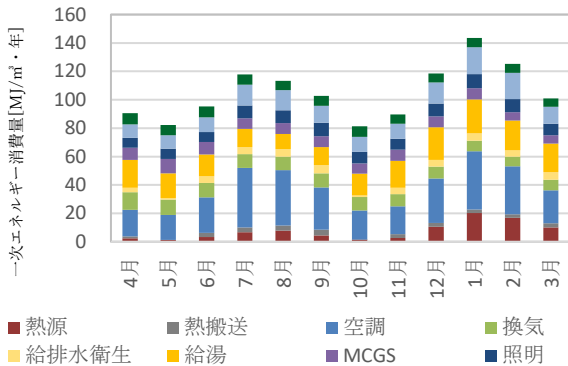


図7.1 月別一次エネルギー消費量 (用途別)

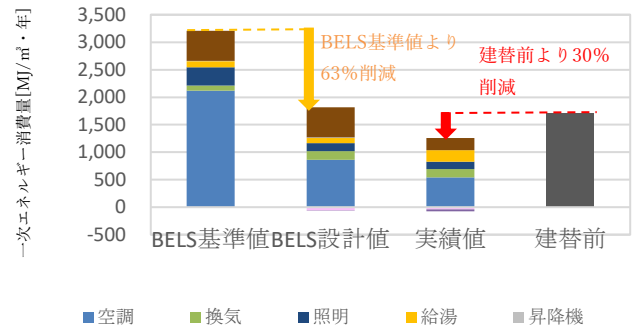


図7.2 年間一次エネルギー消費量の実績

8. おわりに

本稿では深江竹友寮の環境・設備計画について、採用技術の概要と検証について報告した。今後も継続的に運用データの検証を行い、より高効率な運用を図るとともに、他物件への展開に取り組んでいく予定である。