

■ 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要旨

建築設備士によるパッシブデザイン
「ローテク」で「設備に頼らない」
カーボンニュートラル建築の構築

名称：栃木県議会議事堂・栃木県庁舎本館・栃木県庁舎東館
敷地面積：36,158㎡ 建築面積：10,560㎡ 建物高さ：GL+81.8m
構造：議会議事堂：SRC一部S、地上6階、地下1階
県庁舎本館：SRC(地下)S(地上)制振構造、地上15階、地下2階
県庁舎東館：SRC(地下)S(地上)、地上6階、地下2階

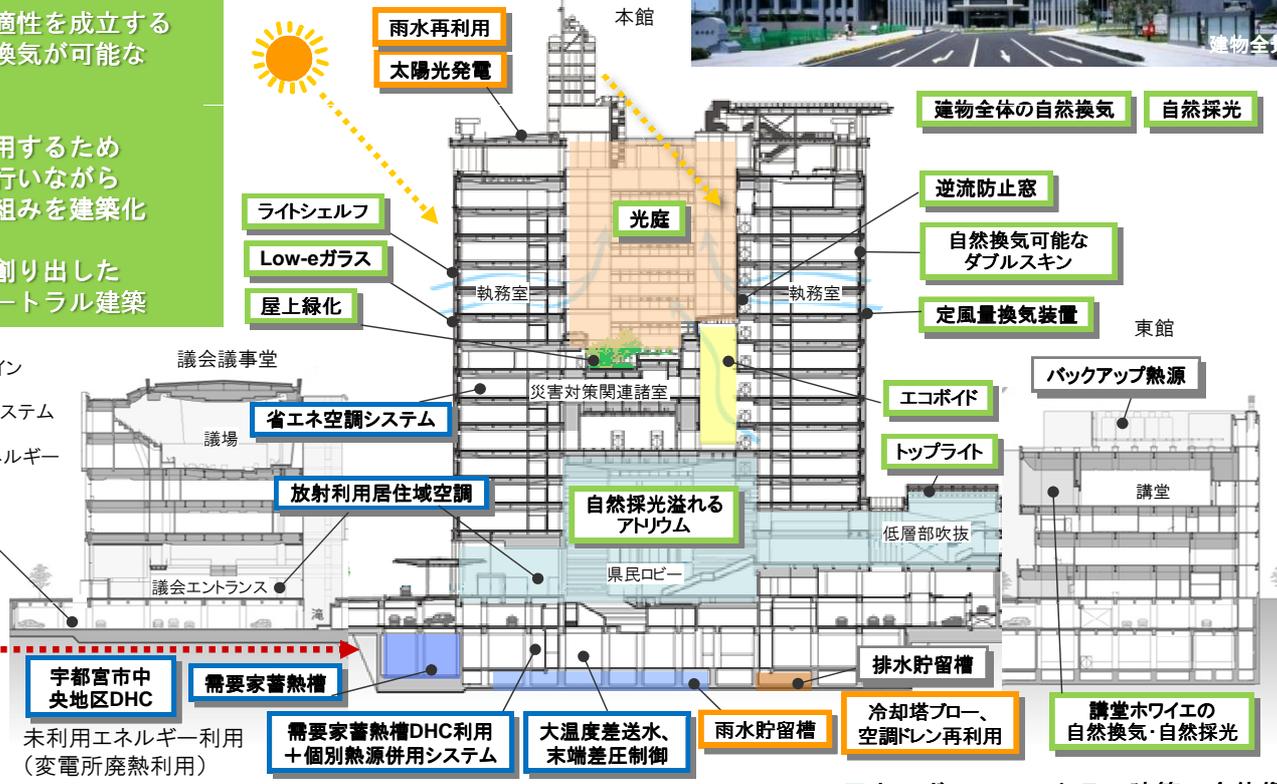
自然の力で快適性を成立する
自然光、自然換気が可能な
建築づくり

自然の力を活用するため
検証・検討を行いながら
パッシブな仕組みを建築化

建築設備士が創り出した
カーボンニュートラル建築

- パッシブデザイン
- 省エネ設備システム
- 再生可能エネルギー

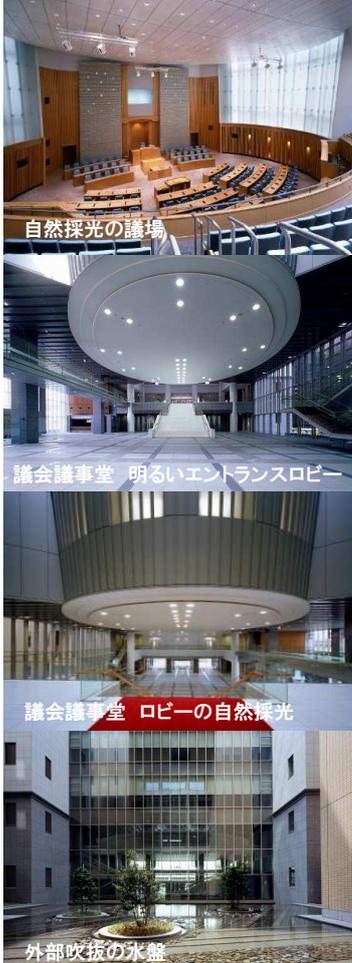
地下駐車場の
自然換気・
自然排煙



1

■ カーボンニュートラル建築の全体像

あらゆる場所に自然の光を採り入れる



この資料は、受資者に了解を得て、建築設備技術者協会より公開している資料です。個人で利用するに留め、無断転載等を禁止します

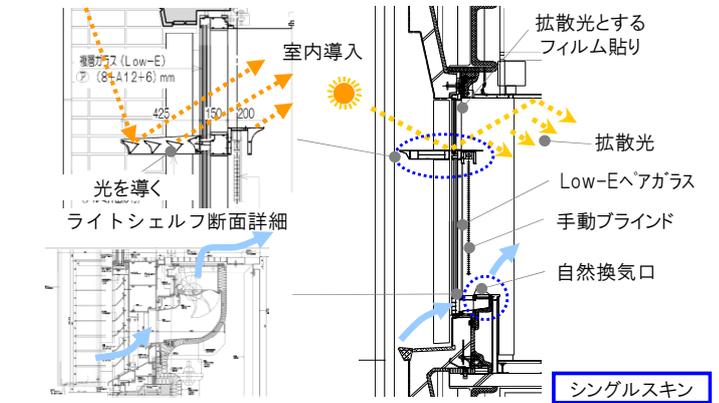
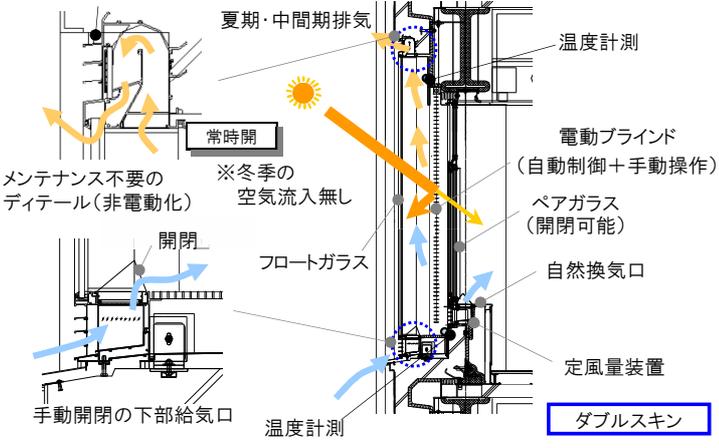
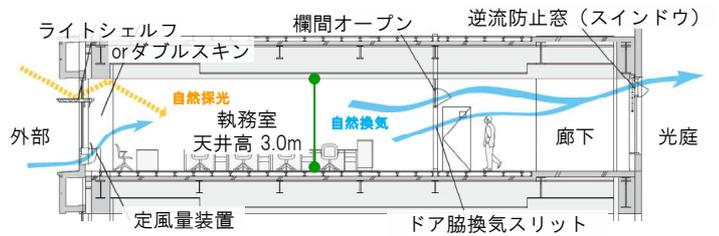
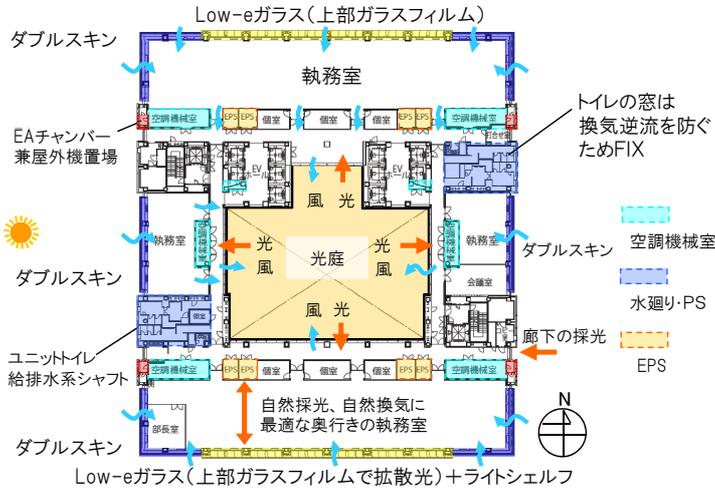
■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

2

自然エネルギーを活用するパッシブデザインと
建築の基本的性能(断熱、日射遮蔽)を高める工夫

空調無しで快適な環境をつくる

自然換気、自然採光に加え、日射遮蔽が可能で、高い断熱性能を有する計画。執務室の天井高さ、奥行きは自然換気、自然採光で
すごせるよう配慮。ダブルスキンによる西日対策等で、夏季はもちろ
んのこと、寒さの厳しい冬季空調エネルギーも削減。



定風量装置で安定した換気を実現
ダブルスキン・ライトシェルフによる外装デザイン

3

シミュレーションなどを行いながら、自然換気の仕組みを構築
大規模高層、複合機能を有する建築で中間期の非空調化実現

建物全体の自然換気をデザインする

風による誘引効果をもつ
頂部の形状(ヘリポートと太陽光発電)

逆流防止窓(光庭側)
一方方向の空気の流れをつくり
効果的な自然換気を実現

定風量装置
雨や強風のときにも
換気が可能で
建物全体の中世帯を上げ
安定した自然換気を実現

高層階 (10F~15F)
中層階 (6F~9F)
低層階 (1F~5F)

エコポイド

電動窓

分節化
中層・高層階と、低層階を
分節して、光庭の換気力を
建物全体で有効活用

熱溜まり(1層分)
低層階は開口を充分確保し、
自然換気を実現

アトリウム(県民ロビー)

チェーン式電動開閉窓
自動制御にて開閉

電動開閉窓

チェーン式電動開閉窓
自動制御にて開閉可能

北側低層部換気窓

この資料は、受賞者に了解を得て、建築設備技術者協会より公開している資料です。個人で利用するに留め、無断転載等を禁止します。

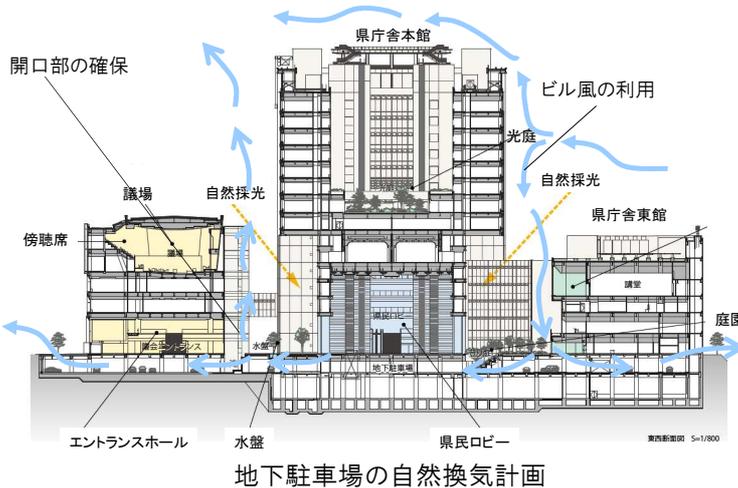
■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

3

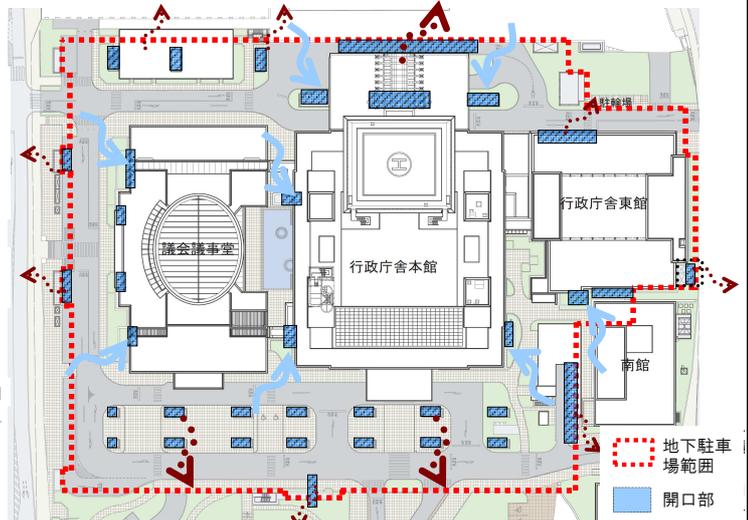
都市型地下大規模駐車場を
自然換気・自然採光によりカーボンニュートラル化

ビル風利用で換気エネルギーゼロ

地域に開放され長時間稼働(1日14時間、年350日=4900時間)する約18,000㎡の大規模地下駐車場は、500㎡の防煙区画ごとに床面積の1/50の開口部を設け自然排煙としながら、その開口部を、建物周囲と外周部に配置し、建物に風が当たって吹き降ろされる“ビル風”を利用して空気の流れをつくりだした。なお、計画段階では、換気回路網や流体シミュレーションによる検証を実施、竣工後、換気ファンの完全停止を確認した。



地下駐車場の自然換気計画



駐車場開口部配置図

4

需要家蓄熱槽による中央熱源と地域冷暖房の高効率化を実現
地域エネルギー、インフラに貢献する熱源システム

需要家蓄熱槽で電力平準化と高効率化

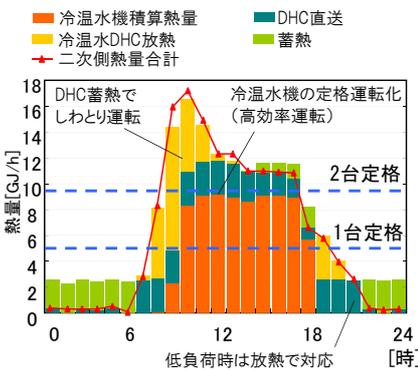
全負荷相当運転時間が短い庁舎の特徴から、地域冷暖房の利用にあたって、熱負荷平準化による契約容量の低減が可能な、需要家蓄熱槽を計画した。

県庁舎の熱源システムは、需要家蓄熱槽とガス冷温水機を主体として構築。ガス冷温水機運転が最も高効率となるよう、需要家蓄熱槽を制御することで、運転の高効率化を実現。また、ステンレス配管の採用による低圧損化、末端差圧制御により搬送動力を低減。DHCプラント、県庁の電力負荷平準化にも大きく貢献した。

未利用エネルギー（変電所排熱）の活用

地域冷暖房は、ヒーティングタワー熱回収ヒートポンプと、水蓄熱槽による全電化の熱源システムを採用しており、変電所排熱利用により省エネルギーを実現している。

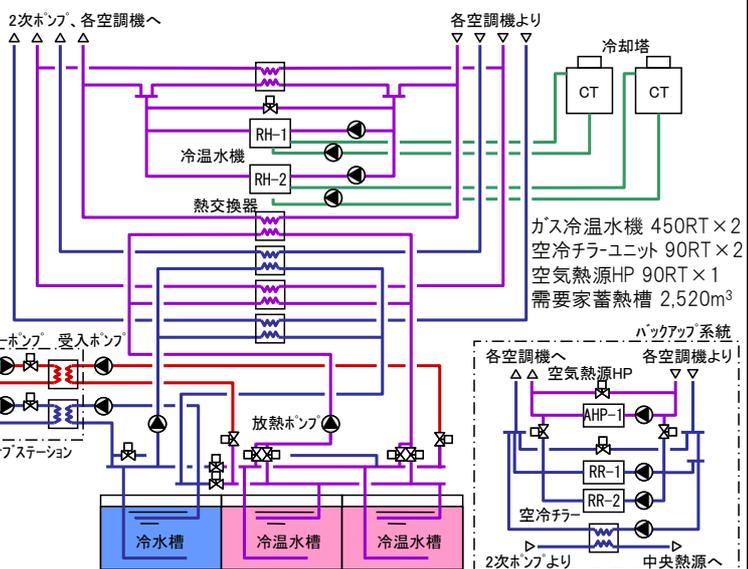
需要家蓄熱槽により、熱源機の増設コスト低減、冬季の熱回収運転の安定化、深夜電力による夜間の熱製造量の増加等が実現し、地域冷暖房の年間運転効率率は約10%向上した。



需要家蓄熱槽による熱源運転効率化



熱供給エリアの拡大



県庁舎熱源システム

需要家蓄熱槽を有効活用した熱源システムの全体像

■ 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要旨

5 快適性に配慮しながらも、無駄やロスを徹底排除
自然換気を補助する仕組みで非空調期間を長く

エネルギーをなるべく使わない設備システム

基準階の空調システムには、熱を使わないで送風運転を行う換気運転モードを設け、自然換気だけで不足する場合に併用することで、非空調期間の長期化を実現。また、低圧損失ダクト、通常フィルターより圧力損失の小さい電気集塵機、最小開度運転時にON/OFFを行うVAV等の採用により空気搬送動力を大きく削減している。ペリメータは冷暖混在に対応するために単独系統とし、インテリア系統の設定温度よりも低くなるよう自動制御するなど、快適性と省エネを両立する工夫を行っている。

その他、エントランスホールなど高天井の空間では放射空調なども併用した居住域空調としている。建物全体にわたって、熱ロス低減設備システムの運転効率化について十分な配慮を行った。

6 再生可能エネルギーの活用
カーボンニュートラル化に関する評価

太陽光発電実績

屋上に、多結晶シリコンの太陽光発電パネル50kWを設置し、系統連系による利用を行っている。年間発電量は、60,000kWh/年(1,200[kWh/定格出力kWhあたり])で、建物全体の年間電力使用量の約0.5%を占めている。

ろ過設備に頼らない雨水利用

屋根からの雨水をトイレ洗浄水や外構散水に利用している。ピットを活用し、十分な広さを持つ沈砂槽や、沈殿槽を躯体で計画することで、ろ過設備を不要とした。ろ過に必要な動力や、逆洗による水及びエネルギーの損失を無くしている。なお、雨水により、雑用水の約80%を代替したことを確認している。

コミッションング・チューニングと定量的評価

竣工後は、運用データの分析、評価によるコミッションングを行い、様々なチューニングを実施した。

運用実績に基づく、一次エネルギー、CO2排出量の削減率は約46%で、参照値に比べて大幅な削減を実現している。

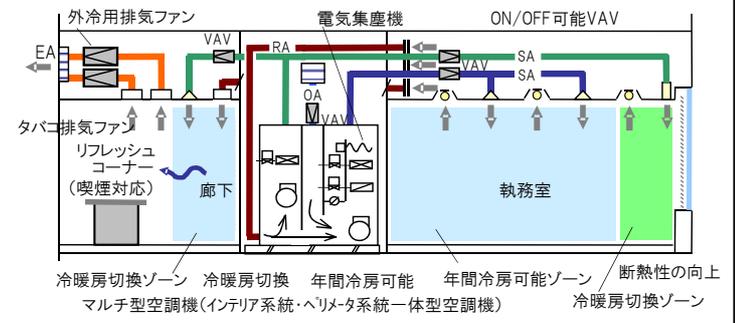
なお、本計画では日本大震災以前から、既に現在と同程度の大幅な省エネを達成しており、震災後の数年経つ現在でも変わらない運用が継続されている。

おわりに

建築設備技術者が主体となり、「ローテク」で「設備に頼らない」環境建築をつくるため、自然換気をはじめとする様々な技術をシミュレーション等で検証、検討しながら、提案を行い、実現に至った。

自然換気だけで過ごすことができる建築とするため、自然換気が可能なダブルスキニングや、建物全体の自然換気システムなどが計画され、その結果、夏季、冬季、そして年間を通じて、非常にエネルギー消費の少ない建物を実現することになった。また、自然採光は建物のエネルギー消費を大きく低減した。

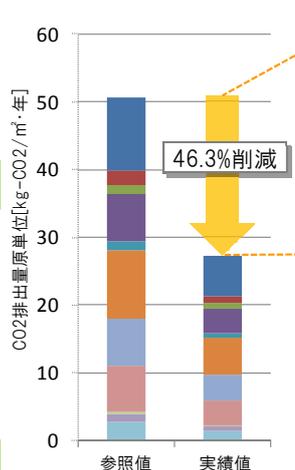
カーボンニュートラル建築とは、まず第一に、自然換気や、自然採光といった自然の力だけで室内の快適性が成立するような、人が心地よく、快適で過ごしやすい建築をベースにすることが大変重要なことである。本業績は、建築設計の領域に踏み込み、建築設備技術者が大きな役割を果たすことで実現したものである。



広い不感帯(±4℃)
冬期ペリメータの設定温度自動変更
ペリメータ変風量化+発停VAV制御採用
換気運転モード(自然換気補助等)
低圧損失ダクト設計(0.7pa/m)
低圧損失フィルター(電気集塵機)



基準階執務室の空調計画



環境負荷低減手法	削減効果	省エネ効果 [MJ/m²]	省CO2効果 [kg-CO2/m²]
1 クールビズ	2.2%	33	1.1
2 水・空気搬送動力の低減	7.2%	107	3.6
3 熱源の高効率化	6.9%	102	3.5
4 照度緩和・昼光制御	9.3%	139	4.7
5 共用部自然採光	3.6%	54	1.8
6 自然換気・外気冷房	5.4%	80	2.7
7 地下駐車場自然換気	7.9%	118	4.0
8 外皮の高性能化	2.5%	38	1.3
9 太陽光発電	0.4%	6	0.2
10 その他	0.9%	13	0.4
合計	46.3%	690	24

	一次エネルギー消費原単位		CO2排出量原単位	
	参照値	実績値	参照値	実績値
	[MJ/m²・年]	[MJ/m²・年]	[kg-CO2/m²・年]	[kg-CO2/m²・年]
■ 熱源	315	184	10.8	5.8
■ 熱源補機	61	12	2.1	1.1
■ 水搬送	41	9	1.4	0.7
■ 空気搬送	201	88	6.9	3.7
■ 給湯	38	1	1.3	0.7
■ 照明	297	135	10.2	5.5
■ コンセント	200	236	6.9	3.7
■ 換気	201	33	6.9	3.7
■ 給排水	9	4	0.3	0.2
■ 昇降機	34	47	1.2	0.6
■ その他	81	38	2.8	1.5
合計	1,477	787	50.7	27.2

運用実績とカーボンニュートラル化の取組に関する定量評価

- ※1クールビズの効果は、夏期空調負荷の10%の効果とした
- ※2末端差圧制御、還温度制御の結果、WTF=35基準と実績値WTF=43(p8)との比較から。空気搬送動力は、基準階の空調機の低圧損失化及び熱負荷低減による減を評価。
- ※3熱源の一年間のCOP=0.78実績に対して、通常は0.6と程度として23%の省エネとした。
- ※4照度条件の緩和(間引き点灯)、初期照度補正、昼光利用制御に加えて、照明電力の削減による冷房負荷の低減も評価。
- ※5共用部自然採光は、昼と夜の共用部照明電力量の差に加えて、常時消灯分も評価した。
- ※6自然換気(執務室)は、標準的な事務所と比べた場合の全負荷相当運転時間の低減分と空調機動力の停止分の削減動力の和とした。
- ※7駐車場のエネルギー消費量推計値(換気ファンが全停止、照明消費電力)から評価した。
- ※8ダブルスキニング、ライトシェルフの庇効果は、PAL計算値およびミキシングロス低減を評価した。
- ※9太陽光発電は、実発電量実績から算出 ※10 その他には、人感センサーによる省エネ等を含む。

建築設備計画概要

- 空調設備
 - 熱源設備 地域冷暖房+需要化蓄熱槽
ガス冷温水機+空気熱源ヒートポンプユニット
冷水・冷温水4管式 末端差圧制御 大温度10℃差送水
 - 空調設備 変風量単一ダクト方式(執務室)
定風量単一ダクト方式(議場、大会議室)
床吹出空調方式(電算室) 床暖房方式(県民ロビー)
- 衛生設備
 - 給水設備 低層系統:加圧給水方式 高層系統:重力給水方式
雨水・空調ドレン・冷却塔ブロー水を雑用水へ再利用
災害時の必要貯水量・排水槽確保
節水型器具、ユニットトイレ
 - 給湯設備 貯湯式電気温水器、自然冷媒(CO2)ヒートポンプ給湯機
 - 排水設備 建物内合流式、建物外分流式、非常時排水貯留槽

- 電気設備
 - 受電設備 66kV 本線・予備2回線受電
特高変圧器(SF6)、普通高圧変圧器(モールド)
 - 非常用発電機 容量2,000kVA×2台 地下オイルタンク 50kL×3基
72時間稼働対応 復電時瞬時系統連係
 - 直流電源設備 2,300Ah MSE型 無停電電源設備 500kVA×2台
 - 照明設備 Hf照明、初期照度補正、昼光利用制御、人感センサー
 - 太陽光発電設備 50KW(屋上設置)
 - 防災設備
 - 防火設備 屋内消火栓、連結送水管、スプリンクラー・補助散水栓
放水型スプリンクラー、泡消火設備(駐車場)、
窒素ガス消火設備(電算室)、CO2消火設備(電気室)
 - 防災設備 誘導灯設備、非常照明設備、
非常放送設備、自動火災報知設備

この資料は、受資者に了解を得て、建築設備技術者協会より公開している資料です。個人で利用するに留め、無断転載等を禁止します。