

防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン

防災拠点等となる建築物の機能継続に係る事例集



平成30年5月

目 次

第1編 防災拠点建築物の事例.....	3
1. プロジェクト事例の一覧.....	5
2. 具体の事例 — 庁舎.....	6
3. 具体の事例 — 病院.....	20
4. 具体の事例 — 避難施設となる建築物.....	26
第2編 設備・システムに関する要素技術と要素技術を採用した事例.....	31
1. 要素技術・紹介事例の一覧.....	33
2. 地震対策.....	34
3. 水損防止(津波対策).....	38
4. ライフライン途絶対策.....	42
5. 被災状況の見える化.....	56

第1編 防災拠点建築物の事例

1. プロジェクト事例の一覧

用途種別	事例	ページ
庁舎	福島県須賀川市庁舎 6 —— 東日本大震災で被災した市庁舎を現位置で、防災広場を持つ 防災拠点施設として建替え	6
	茨城県水戸市庁舎 8 —— 東日本大震災で被災した市庁舎を地域の総合防災拠点施設として 現位置で建替え	8
	栃木県日光市庁舎 10 —— 耐震構造を採用した防災拠点としての建替え	10
	神奈川県横浜市庁舎 12 —— 市庁舎を移転建替え。中間階免震と制振のハイブリッド免震により 業務継続を図る	12
	新潟県長岡市庁舎（シティホールプラザ アオーレ長岡） 14 —— 中越地震の被災教訓を生かした防災拠点建築物の建設	14
	徳島県阿南市庁舎 16 —— 立地利便性から、南海トラフ巨大地震の浸水想定区域内となる 現位置で防災拠点施設として建替え	16
	熊本地方合同庁舎 A 棟 18 —— 熊本地震後、防災拠点としての機能を維持・被災者の受入れも実施	18
病院	恵寿総合病院本館 20 —— 災害時に機能継続できる広域的な拠点病院としての建替え	20
	中東遠総合医療センター 22 —— 東海地震に備えた事業継続計画（BCP）対応病院の建設	22
	新市立伊勢総合病院 24 —— 様々なインフラ途絶状況を想定し、供給源の多重化により 医療業務の継続を図る	24
避難施設 となる 建築物	いわき市地域防災交流センター 久之浜・大久ふれあい館 26 —— 東日本大震災における津波被災の知見を踏まえた避難施設	26
	杉並区立小中一貫教育校 杉並和泉学園 28 —— 地震時等の機能継続を計画した避難施設	28

※各事例シートは、ヒアリング等で把握した当該事例の設計意図をとりまとめている。なお、掲載されている図は、個別に注記があるものを除いて、当該防災拠点施設の所有者や設計者等から提供を受けたものである。

2. 具体の事例 ―― 庁舎

福島県須賀川市庁舎

― 東日本大震災で被災した市庁舎を現位置で、防災広場を持つ防災拠点施設として建替え

須賀川市は、福島県中通りの中部に位置する市で、2015年現在、人口約77,000人の市である。東日本大震災で旧市役所は主要な構造躯体に大きな被害が出て使用不能となり解体。旧市役所以外に適地がなかったことから、現位置での建替えが検討され、2017年(平成29年)3月に防災拠点となる新庁舎が完成。今後、周辺地域の避難者を受け入れる防災広場を整備する。

■施設計画の経緯と概要

旧庁舎（S45年建設）は、東日本大震災（震度6強）により主要な構造躯体（壁、柱）に大きな被害が出て使用不能になったため解体。市民サービスの向上や財政コストの抑制等の観点から、旧庁舎の敷地で建替えられた。市街地再開発事業による新庁舎建設を実施し、市民からの意見を踏まえ、様々な機能を導入。幹線道路に面した防災広場を設置し、幹線道路からのアクセス性の向上、周辺施設と連携した防災拠点を実現した。



写真―完成した新須賀川市庁舎

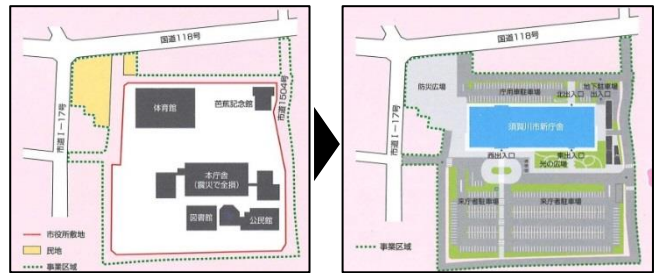


図一 須賀川市庁舎平面図

■防災拠点としての機能

□建築計画

- ・3階では、防災会議室（平時は、市政経営会議室として使用）を市長室の隣に設置。作業室も併設し、災害時の情報収集・配信を効率化。
- ・市街地再開発事業で庁舎の接道条件を改善するとともに、幹線道路に面する角地に防災広場を整備し、周辺地域からの避難者受け入れの空間を確保。



図一市街地再開発事業による防災広場の整備

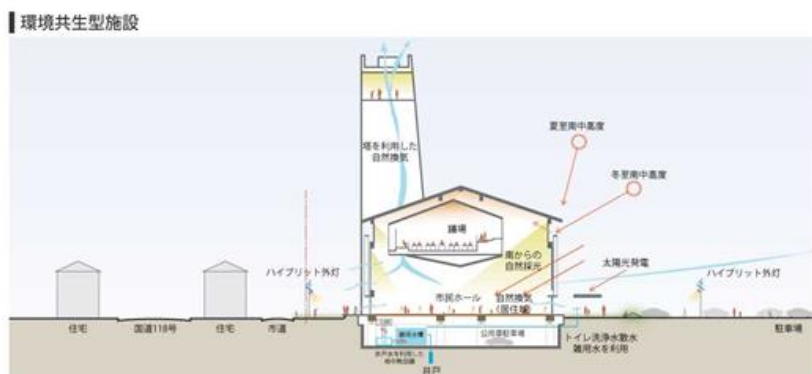
- ・災害時は、1階の「みんなのスクエア」、2、3階の「市民協働スペース」を一時避難スペースとして活用。

□構造体の耐震設計

- ・免震構造を採用している。

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

- ・電力は2系統から引き込んでいる。非常用発電機により、72時間程度の電力利用が可能である。
- ・外構キャノピー上部に70kWの太陽光発電機を設置し、75kW/hの容量を有する蓄電池も設置。
- ・太陽光発電と風力発電を利用した、外部電源を必要としないハイブリッド屋外照明器具を設置。
- ・窓ガラスは高断熱LOW-Eガラスを採用し、熱負荷を軽減し、空調の消費電力を削減。また、自然光を取り入れることで、照明の消費電力を削減。
- ・井戸水を空調熱源に利用し、利用した井戸水をトイレの洗浄水等に再利用。
- ・4,500人分の1週間程度の飲用水を貯留する非常用飲料水貯水槽100トンを設置。また、雨水貯留槽を設置し、敷地外への雨水放流を抑制。



■施設概要

所在地	福島県須賀川市八幡町 135 番地		
敷地面積	16,683 m ² (防災広場などの整備完了時 23,110 m ²)	階数	地上 6 階、地下 1 階
延べ床面積	17,020 m ² (庁舎棟)	構造	PC 造+RC 造一部 SRC 造、S 造 (免震構造)
目標の設定	構造：I 類/非構造部材：A 類/建築設備：甲類 (官庁施設の総合耐震・対津波計画基準 (国土交通省大臣官庁官庁営繕部) に基づく)		

茨城県水戸市庁舎

—— 東日本大震災で被災した市庁舎を地域の総合防災拠点施設として現位置で建替え

水戸市は、茨城県中部に位置し、2015年現在、人口約270,800人の市である。東日本大震災で旧市役所は被災し使用停止。旧市役所は必ずしも地盤がよい場所ではなかったが、市の中心部に近接した利便性の高い位置にあったことから、地盤調査結果を反映した詳細な構造検討や浸水対策を徹底し、現位置での建替えを計画。消防本部も入る総合防災拠点として2019年完成予定。

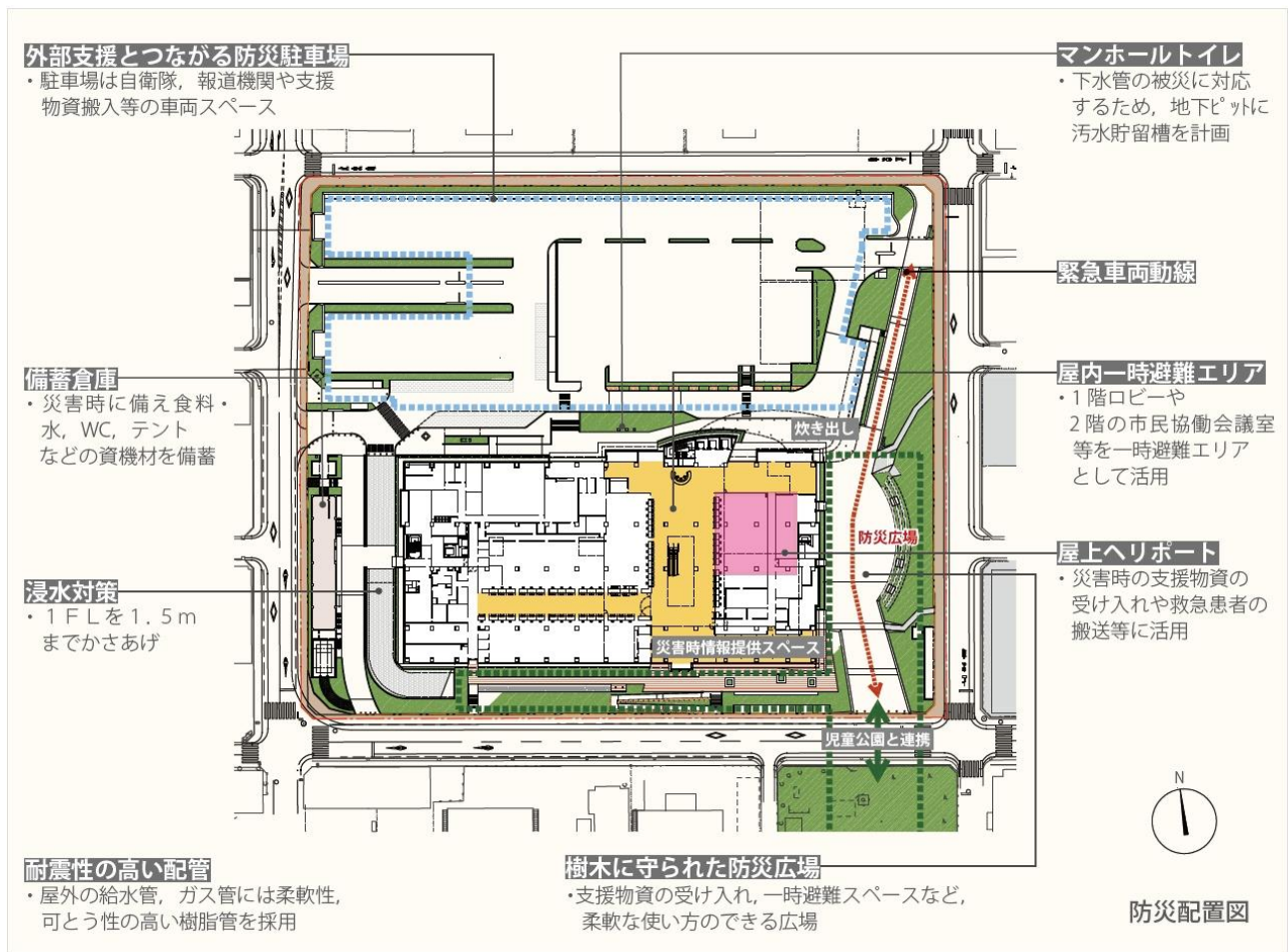
■施設計画の経緯と概要

旧庁舎（1972年建設）は、東日本大震災では震度6弱の地震により大きな被害が生じて使用不能となった。駅からのアクセス性のメリットや既存の都市機能の集積状況などを踏まえ旧庁舎の敷地で建替え。

防災センター機能を備えた市の総合防災拠点として2019年1月の供用開始を目指している。



図一水戸市庁舎完成予想図



図一 防災配置図

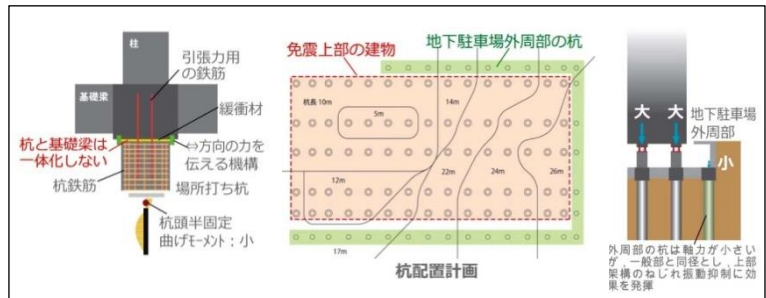
■防災拠点としての機能

□建築計画

災害対策本部は、4階の市長室に近接した会議室に設置。作業を行う事務局室も併設し、災害時の情報収集・配信を速やかに行う。屋上にヘリポートを設置し、支援物資の受入や救急患者の搬送等を行う。一時避難者700人の受け入れも想定し物資を保管する。

□構造体の耐震設計

地震動の大きさをその発生頻度に応じて2段階に分け設定。時刻歴応答解析による構造設計を行う。什器の転倒や電子機器の誤作動、主要構造部材の損傷などがほとんどない構造システムとして地下1階柱頭免震構造を採用し、基礎については、杭頭部の曲げ応力を低減するため、杭頭半固定工法等を採用。



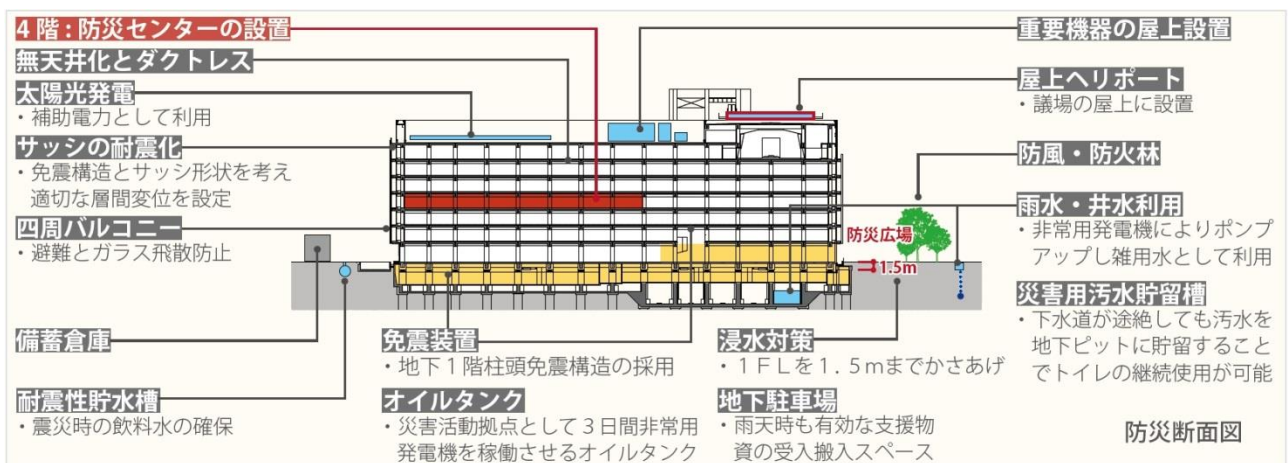
図一 杭・基礎の耐震計画

□非構造部材の耐震設計

ほぼ全館を無天井として天井材等の落下物を抑止する計画となっている。照度300Lxとして天井照明を抑え、手元照明で照度を確保する。また、避難経路やガラス落下防止・仮設修復足場として外周にバルコニーを配置。

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

- ・電力は異なる変電所からの2回線受電。非常用電源を設置し、72時間の連続運転が可能となるように燃料を備蓄。また、太陽光発電は20kWで電力供給し、補助電力として利用される。
- ・飲料水・雑用水ともに7日分の必要量を確保。(耐震性貯水槽の設置等により飲料水を、雨水槽や井戸の設置により雑用水を確保。)下水道が途絶しても、地下ピットで貯留し、トイレの継続使用が可能。
- ・通信回線として光ケーブルを2系統、断絶に備えメタルケーブルを2系統採用。
- ・屋外の給水管、ガス管には、柔軟性・可とう性の高い樹脂管を採用。
- ・エコボイド、各階窓開閉による自然換気・採光を導入している。



図一 防災計画図

■施設概要

所在地	茨城県水戸市中央1丁目4番1号		
敷地面積	22,092.29 m ²	階数	地上8階、地下1階
延べ床面積	40,187.62 m ²	構造	RC造(柱頭免震構造)
目標の設定	構造：I類/非構造部材：A類/建築設備：甲類 (官庁施設の総合耐震・対津波計画基準(国土交通省大臣官房官庁営繕部)に基づく)		

栃木県日光市庁舎 — 耐震構造を採用した防災拠点としての建替え

日光市は栃木県の北西部に位置する市で、2017年現在、人口約84,000人にのぼる。現在の庁舎建物の老朽化や狭隘化への対応、利用者の利便性の向上を図るため、新庁舎整備を進めている。「新たな日光ブランドを創出するまちづくりの拠点」の新庁舎のコンセプトのひとつとして、災害時の中枢機能を果たす防災拠点としての庁舎が位置付けられ、計画されている。

■施設計画の経緯と概要

日光市庁舎は、建物の老朽化や狭隘化、庁舎機能の分散化等により利用者の利便性が低下していたところ、2009年度に耐震診断を行った結果、耐震性が低いことが分かり、新庁舎を整備することとなった。

2019年春に開庁予定の新庁舎は、災害時の中枢機能を果たす防災拠点としての機能継続を図っている。



写真一日光市庁舎 外観

■防災拠点としての機能

□建築計画

1階は一時避難場所として利用可能な機能を有し、ボランティア受け入れセンター等にも活用できる。

庁舎北側には防災ポケットパークを整備し、マンホールトイレ、かまどベンチ、受水槽等を設置して、災害時の救援スポットとしても機能する。

車止めを設置しない駐車場は、災害時の作業スペースとして利用できる。

3階正庁（大会議室）が災害対策本部となるように、情報収集ができる設備等を設置し、市長室と連携して災害対応の中枢を担うよう整備している。

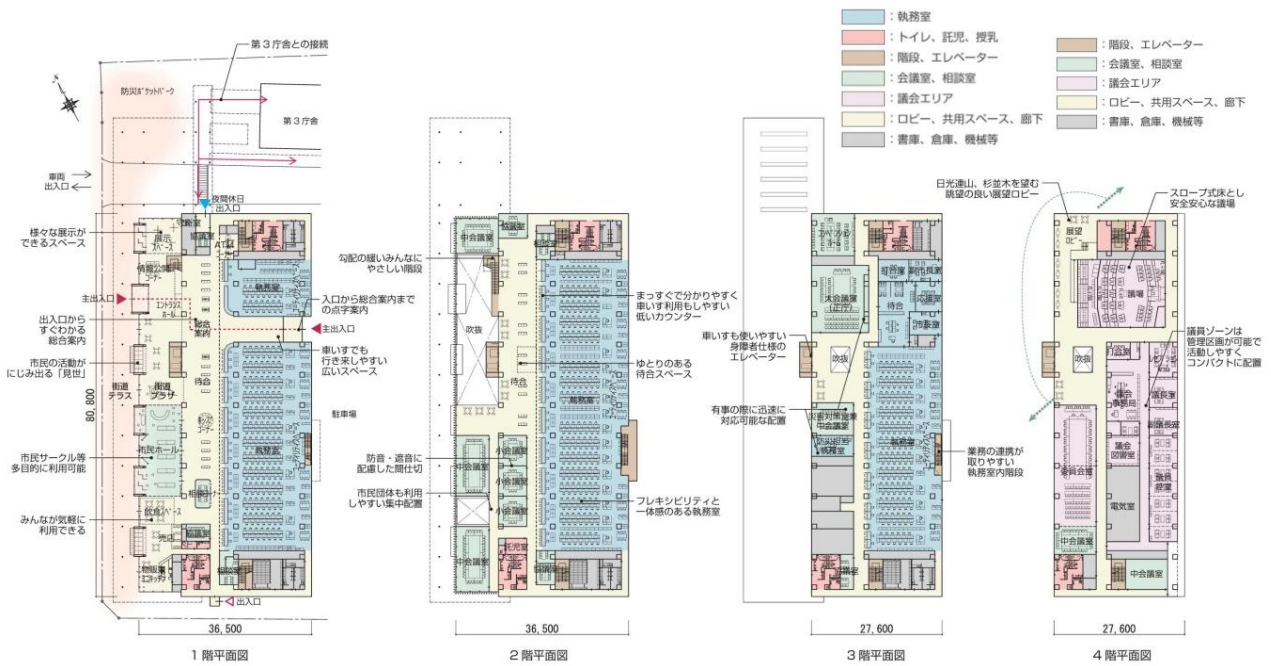
災害対策室兼中会議室と防災担当執務室は正庁に近接し、日常的に危機管理活動を展開する機能を有する。



図一日光市庁舎 配置図（災害時対応）

□構造体の耐震設計

高い耐震性能を確保するため、当該敷地の地盤情報や想定地震波を元に耐震設計方針を検討し、鉄骨造の耐震構造を採用している。



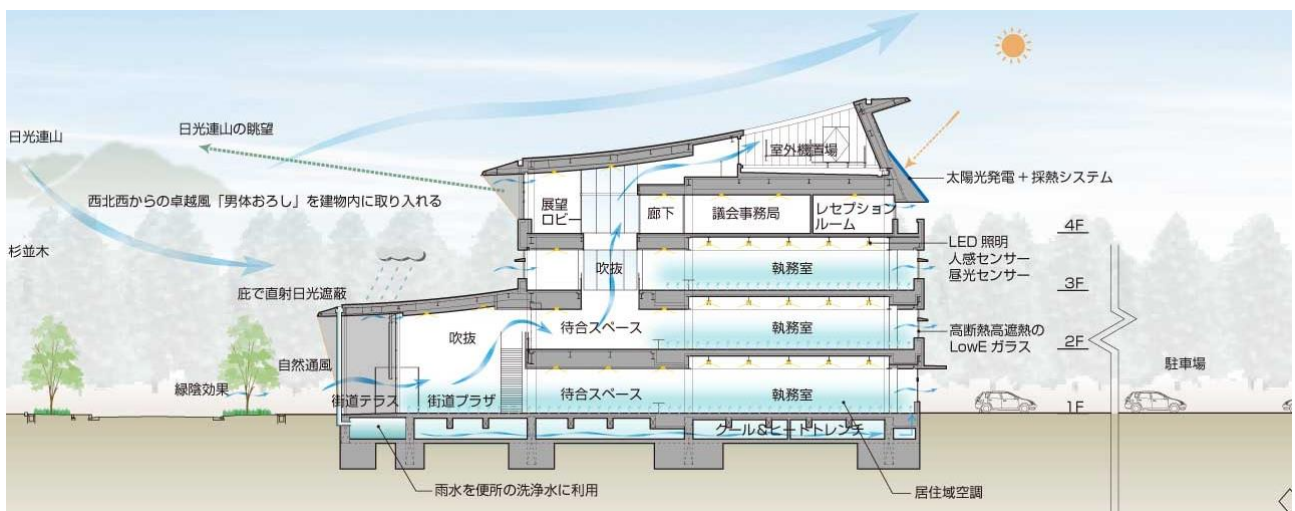
図一 日光市庁舎 平面図

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

自家発電設備を備え、災害時も中枢機能を果たす防災拠点として業務が継続できる（ディーゼルエンジン、500kVA、72時間対応）。

太陽光発電・採熱システムを採用し、太陽光発電だけでなく、太陽熱によって外気を予熱し、空調の外気処理負荷を低減する。

大屋根で集めた雨水を地下ピットに貯留し、便所の洗浄水に利用する。また大屋根の誘引換気で、日常時・非常時において、庁舎全体で自然通風を確保する。



図一 日光市庁舎 自然エネルギー利用概念図

■施設概要

所在地	栃木県日光市今市本町1番地		
敷地面積	14,879.26 m ²	階数	地上4階
延べ床面積	10,526.52 m ²	構造	S造(耐震構造)
目標の設定	構造：I類/非構造部材：A類/建築設備：甲類 (官庁施設の総合耐震・対津波計画基準(国土交通省大臣官房官庁営繕部)に基づく)		

神奈川県横浜市庁舎

—— 市庁舎を移転建替え。中間階免震と制振のハイブリッド免震により業務継続を図る

横浜市は、神奈川県東部に位置し、2017年現在、人口は約373万人にのぼる。現庁舎は横浜開港100年記念事業の一環として建てられたが、築50年以上を経過し老朽化しており、執務スペースも分散化していたため、横浜を代表する主要なエリアの結節点に位置する場所に移転建替えを計画。2020年完成予定。

■施設計画の経緯と概要

現庁舎（昭和34年建設）は、横浜開港100年を記念して建てられた7代目庁舎であるが、築年数が50年以上経過し、建物・設備が老朽化するとともに、業務量の拡大により各部署が関内周辺に分散化していたため、市民に開かれ様々な危機に対処できる危機管理の中心的役割を果たす防災拠点施設として、横浜の核エリアを結ぶ結節点となる北仲通地区に移転建替えすることとなった。2020年（平成30年）6月末供用開始を目指している。



写真一横浜市庁舎完成予想図

■防災拠点としての機能

□建築計画

- ・危機管理諸室を10階に配置。
- ・18階は会議室のみのフロアで、非常時に柔軟な使用が可能。
- ・2階に避難デッキを設け、屋内展示スペースとあわせて津波からの避難待機スペースとした。
- ・屋上にヘリポートを設置。

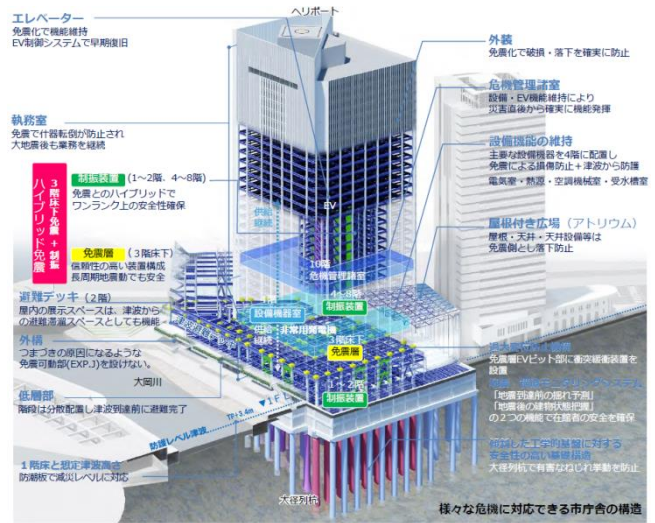
□構造体の耐震設計

- ・中間免震に加え制振装置を配置したハイブリッド免震を採用し、高い構造性能を確保。万一の大災害時において建物の損傷防止に加え、仕器等の転倒を防止。

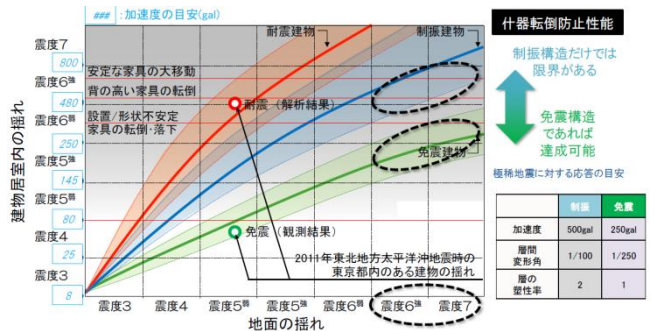
*耐震、制振、免震それぞれの場合について、地面の揺れに対する建物居室内の床面応答加速度を評価。免震構造によって仕器転倒防止を図った。

- ・計画地周辺の地盤調査結果から、傾斜した工学的基盤等を踏まえた設計用地震動を作成して、時刻歴応答解析を実施。
- ・免震層は、津波による浸水を免れる3階の床下に設置。

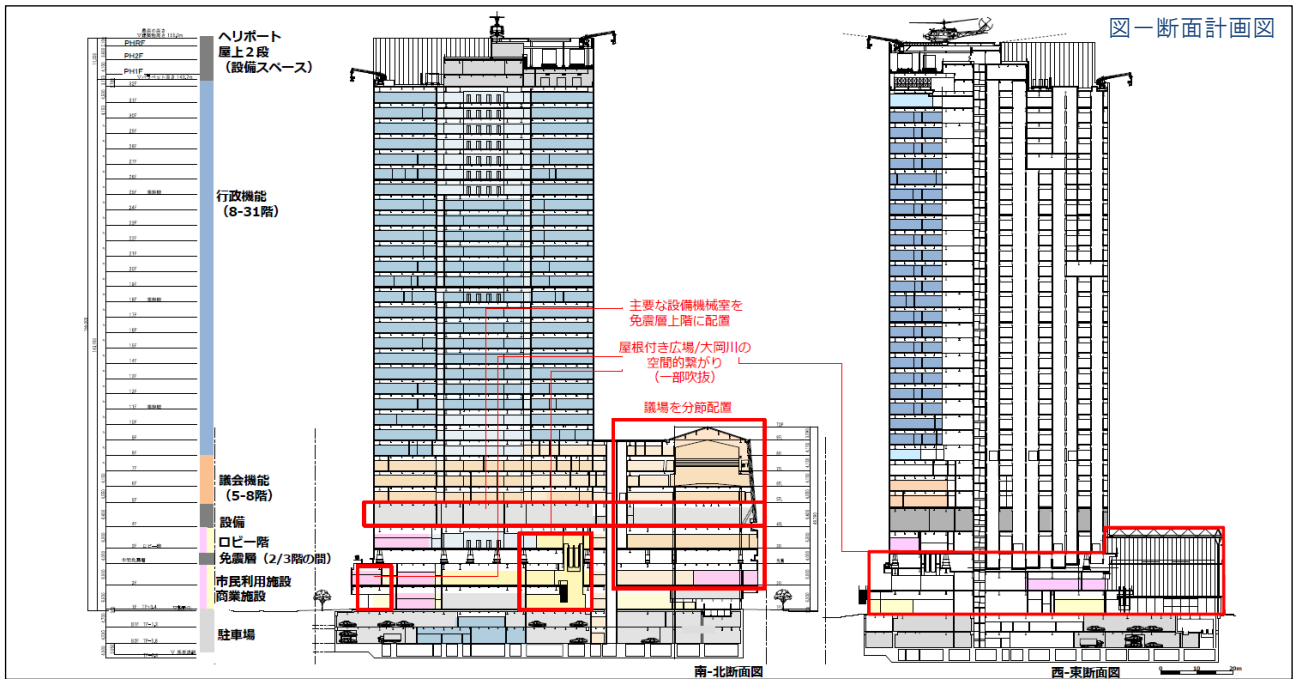
- ・「構造ヘルスマニタリングシステム」を設置し、地震到達前の建物の揺れ予測（エレベーターの緊急停止に活用）や、地震後の建物状態把握（避難要否の判断に活用）を迅速に行う。



図一様々な危機に対応できる市庁舎の構造



図一構造形式による仕器転倒危険性の比較（横浜市市庁舎移転新築工事基本設計報告書概要版より引用）



□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

- ・主要な設備機器は地震や津波の影響を受けない免震層上部に設置。
- ・電力の引込は信頼性の高い特別高圧3回線スポットネットワーク受電を採用。隣接する横浜アイランドタワーと連携し、地域冷暖房を導入。災害時対応を考慮し、中圧ガス供給によるコージェネレーションシステムを導入。燃料電池、太陽光発電による電力供給の多様化を図る。
- ・停電時に7日間運転できる大容量非常用発電機4,000kVA(軽油27万リットル)を4階に設置。また、災害時用の電源車等接続用高圧引込口を建物外部に設置。
- ・通信回線は複数の引き込み経路を確保。
- ・給水は4階と32階の受水槽で7日間分の水量を確保。便所洗浄水は地下水槽に7日間分の水量を確保。
- ・災害時にも空調稼働が必要な室(危機管理諸室、サーバー室等)は個別熱源で計画。
- ・自然換気(コーナーエコポイド、センターエコポイド)、自然採光、太陽光発電、地中熱利用、フリークーリング(冷却塔～空調機)、下水再生水利用(水資源を有効活用し、トイレ洗浄水、空調熱源として利用)を導入する。



図一環境計画図

□維持管理計画

- ・メンテナンス、修繕、更新に必要なスペースを確保。
- ・超高層の庁舎という特性を踏まえ、機器更新時等の搬出入の容易性やコストを考慮した計画。
- ・将来の設備システム等の変更に柔軟に対応できるよう、予備スリーブ、設備バルコニーなど建設当初に必要な対応を実施。

■施設概要

所在地	横浜市中区本町6丁目50番地の10		
敷地面積	約13,160㎡	階数	地上32階、地下2階
延べ床面積	143,450㎡	構造	S造、RC造、SRC造(中間層免震・制振構造)
目標の設定	構造：I類/非構造部材：A類/建築設備：甲類 (官庁施設の総合耐震・対津波計画基準(国土交通省大臣官庁官庁営繕部)に基づく)		

新潟県長岡市庁舎（シティホールプラザ アオーレ長岡）

—— 中越地震の被災教訓を生かした防災拠点建築物の建設

長岡市は新潟県の中部に位置する市で、2017年現在、人口約27.2万人にのぼる。新潟県中越地震で当時の本庁舎が被災した経験を踏まえ、2012年竣工した新庁舎は、防災拠点としての十分な耐震性能を備えるとともに、市役所本庁機能を市民協働スペース等と一体的に配置した複合施設として、中心市街地の再生を実現している。

■ 施設計画の経緯と概要

長岡市庁舎は、2004年の新潟県中越地震で当時の市庁舎は被災し、漏水と停電から利用できず、防災拠点としての機能継続が一時できなかった。中越地震の教訓を踏まえ、2012年に長岡市厚生会館跡地に耐震性能、被災時の自立継続機能を備えた防災拠点としての新庁舎が建設された。新庁舎は「ナカドマ（屋根付き広場）」を中心に「市役所」「アリーナ」等が一体になった複合拠点であり、中心市街地の活性化に寄与している。

■ 防災拠点としての機能

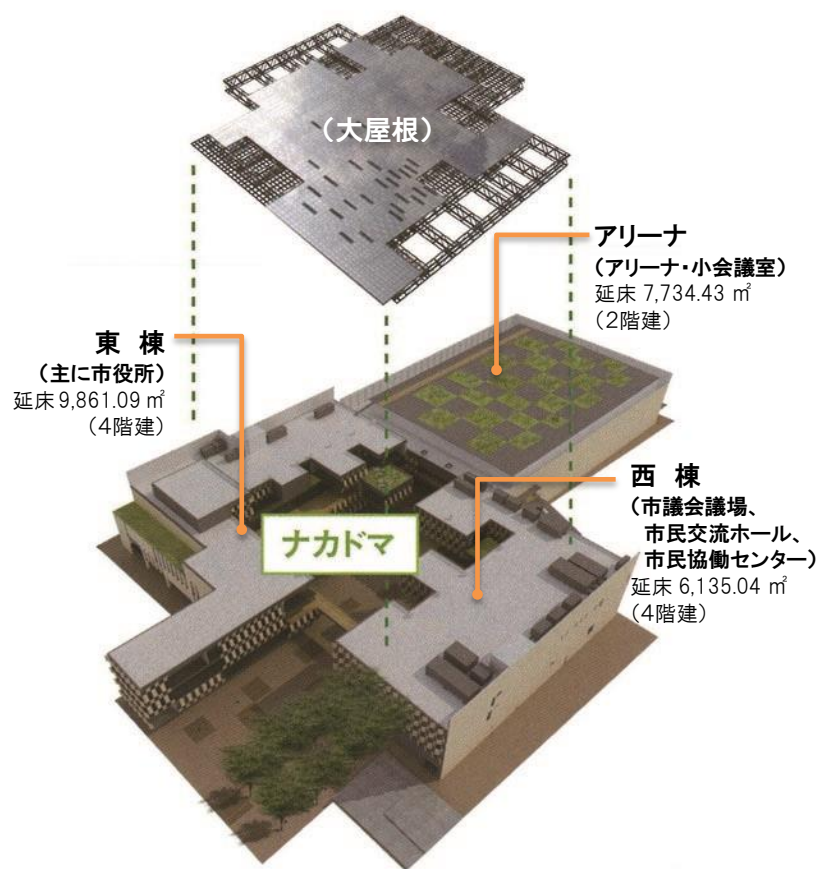
□ 建築計画

ナカドマ（広場）の周辺に東棟（市庁舎）、西棟（市議会議場、市民交流ホール、市民協働センター）、アリーナが配置されている。災害時には、市庁舎に「災害対策本部」が設置され、アリーナは「一時避難場所」としての利用も想定されている。「災害対策本部」は、市庁舎4階の危機管理防災本部室に隣接する災害対策本部会議室を利用して設置される。同じ階には大会議室、市長室、休憩室（災害時の泊まり込み職員及び支援部隊等の休憩所としての使用を想定）も配置。被災した旧庁舎はこれらの室が全て別の階に配置されていたが、新庁舎では防災拠点としての機能性に配慮し、上層階に集約配置した。

市庁舎から1キロ離れたところに市民防災公園（被災時には「ボランティアセンター」「物資一時集積所」となる）が立地し、拠点間で連携・役割分担している。



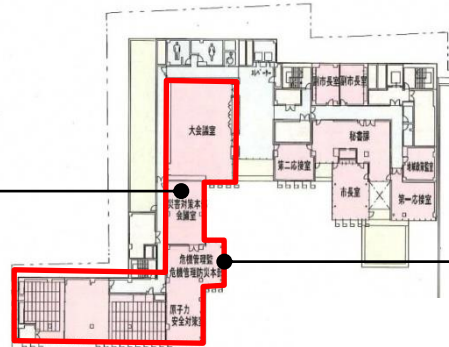
写真ーアオーレ長岡 ナカドマ



図ーアオーレ長岡 概念図



写真－災害対策本部会議室



図－東棟（市庁舎）4階平面図



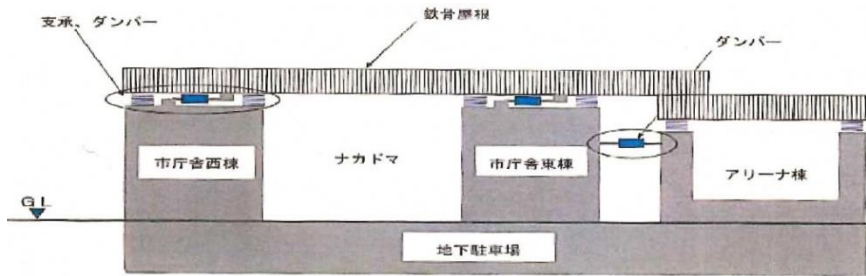
写真－危機管理防災本部

□構造体の耐震設計

構造体は制振構造とし、「官庁施設総合耐震計画基準」のⅡ類（重要度係数 1.25）を採用。東棟、西棟、アリーナの3棟をナカドマ上空に設けた鉄骨屋根で連結することで、制振効果を発揮する構造としており、大地震の際も高い構造安定性を確保している。

□非構造部材の耐震設計

非構造部材は「官庁施設総合耐震計画基準」のA類を採用。大地震時の層間変形角を1/100に抑えることとしている。その他主要機器の転倒防止、配管・ダクト・ケーブルラックの固定支持等の耐震対策を講じている。



図－鉄骨屋根構造概念図



写真－鉄骨屋根

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

電力受電は2回線（本線+予備線）に分けて引き込むことで、電力遮断リスクを軽減させている（異なる送電所から受電）。

非常用発電設備（72時間）を設置し、災害対策本部の機能維持ができるようにしている。

給水は鋼板製受水槽（30㎡）、地下ピットは非常時の排水槽に切り替えを可能にしている。

中圧ガス管引込を低圧ガスに変更し、ガス機器を使用できるようにしている（別途プロパンガス系統もある）。

災害対策本部の冷暖房は非常用発電による個別運転に対応。加圧給水ポンプ、保安照明等を非常用発電供給範囲とするとともに、非常用発電供給範囲の一部には電源車からの供給を可能にしている（電源車からは災害対策本部とアリーナの一部に供給。）。

大屋根のガラス面は一部開閉式として自然換気に活用するほか、53基・計10kWの太陽光発電パネルを組み込んでいる。

■施設概要

所在地	新潟県長岡市大手通1-4-10		
敷地面積	14,938.81㎡	階数	地上4階 地下1階
延べ床面積	35,485.08㎡	構造	RC造一部S造（制振構造）
目標の設定	構造：Ⅱ類/非構造部材：A類/建築設備：甲類 （官庁施設の総合耐震・対津波計画基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部）に基づく）		

徳島県阿南市庁舎

—— 立地利便性から、南海トラフ巨大地震の浸水想定区域内となる現位置で防災拠点施設として建替え

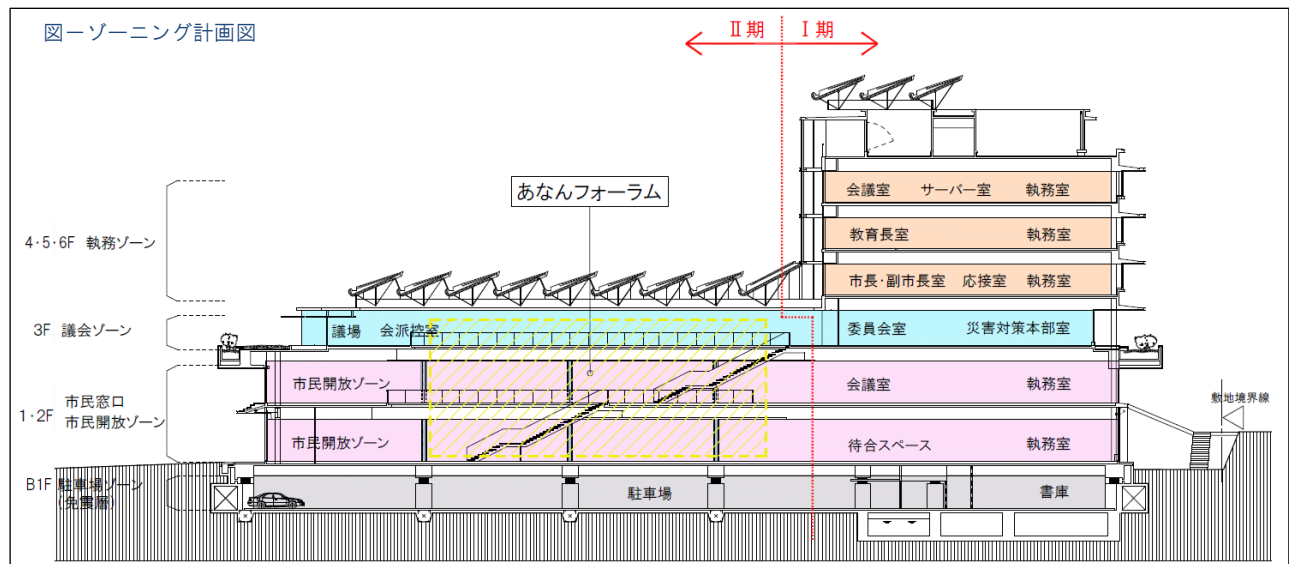
阿南市は、徳島県の南東部に位置する市で、2015年現在、人口は約75,800人である。新市庁舎は、旧市庁舎の老朽化に伴い防災拠点施設として建て替えられた。庁舎の立地は南海トラフ巨大地震による津波浸水想定エリア内のため、高台移転を望む意見もあったが、市の中心地で関係機関が集積するため、免震構造とするとともに、浸水対策や液状化対策を十分施し、現位置で建て替えられた。

■施設計画の経緯と概要

旧庁舎は、1966年に建設された老朽化した建物で、今後、高い確率で発生が予想される南海トラフ巨大地震に耐えられる構造ではなかったことから、高い耐震性や安全性を確保した建物として、また、大地震等の発生時には救援・救助活動や災害復旧活動を迅速に行うための機能を有し情報の収集・発信をする防災拠点施設として建て替えられた。



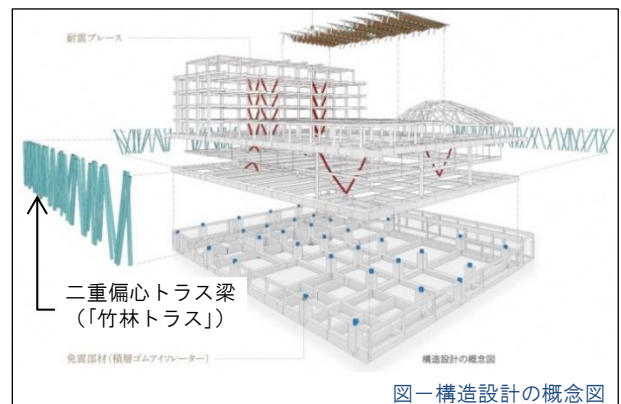
写真—完成した新阿南市庁舎



■防災拠点としての機能

□構造体の耐震設計

- ・庁舎外周は二重偏心トラス梁（「竹林トラス」）を配置。免震部材の数を減らすことで建物の免震周期が長くなり、免震性能をより高めている。外観デザインや内部空間の開放感の向上に寄与している。
- ・震度7クラスの揺れに対応できるように免震装置を34基設置。（建物の揺れを1/4～1/5に低減）
- ・液状化対策として、静的締固砂杭工法を採用。東西約74m、南北約84mの範囲に約1,500本の砂杭を打設し、地盤改良。

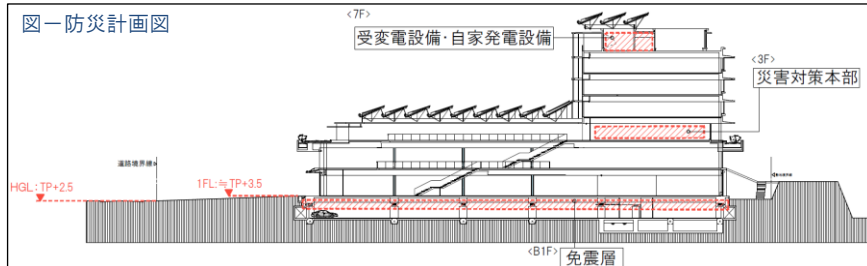


写真—建物外観
（二重偏心トラス梁）



□ 建築計画

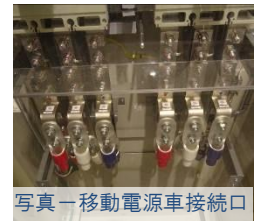
- ・災害対応の中枢となる課・室を3階フロアに集約。浸水を免れるだけでなく、低層棟の吹き抜けで庁舎内を広く見通せるよう工夫。2階床を3階から吊る構造としているため、柱が少なく見通しの良い執務フロアを実現。
- ・庁舎1階部分の吹き抜け空間「あなんフォーラム」を津波時の緊急避難場所に指定。
- ・備蓄倉庫は地下1階に配置。津波や河川氾濫の際は防潮板を設置して対応。



□ ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

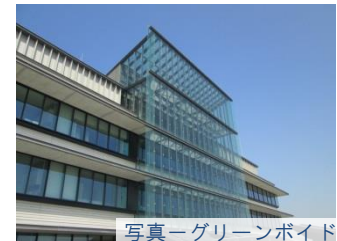
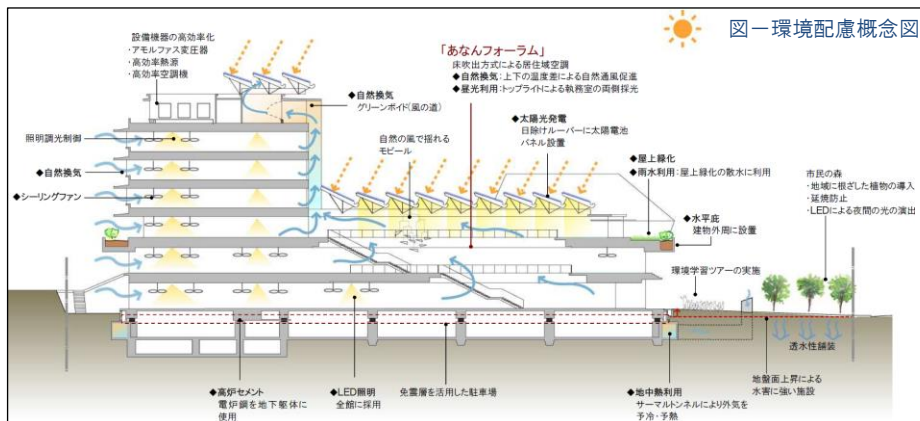
（電力・上下水道）

- ・非常用発電機により72時間機能継続できる電力を確保。加えて、太陽光発電による電力も利用。また、高層部2階の道路側から電源車が接続できるようになっている。
- ・非常時は災害対応上重要な室には100%の電力供給を想定。その他の執務室や「あなんフォーラム」の照明は半分程度の電力供給を想定。非常用発電機から電力が供給されるコンセント差込口は、庁舎内に計画的に配置。
- ・非常用コンセントの差込口を一般用コンセントと区別できるように赤く着色し、一目で判別できるようになっている。
- ・上下水道の途絶に備え、30tの貯水槽を設置。3,000人が3日間過ごせる量（在館想定は職員500人、避難者750人）。下水道が途絶した場合は、地下の湧水槽を汚水槽として使用。



（パッシブデザイン）

- ・自然換気システムやトップライトの採用により、停電時においても空調や人工照明に頼らず、最低限の執務環境を維持。



□ 大地震時の円滑な機能継続確保のための平時からの準備

- ・阿南市業務継続計画（地震・津波災害対策編）を策定し、防潮板設置などの訓練等を実施。
- ・非常用発電機は定期的に自動運転を行うように設定。電気保安協会にて定期的に点検。
- ・配電盤は、平常時から使うものを標準色（ベージュ系）、非常用発電機を赤色、太陽光発電関係を緑色に着色しており、いざというときに操作しやすいように配慮。

■ 施設概要

所在地	徳島県阿南市富岡町トノ町12-3		
敷地面積	9,003.24 m ²	階数	地上7階、地下1階
延べ床面積	20,704.24 m ²	構造	S造・RC造一部SRC造（免震構造）
目標の設定	構造：I類/非構造部材：A類/建築設備：甲類 （官庁施設の総合耐震・対津波計画基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部）に基づく）		

熊本地方合同庁舎A棟

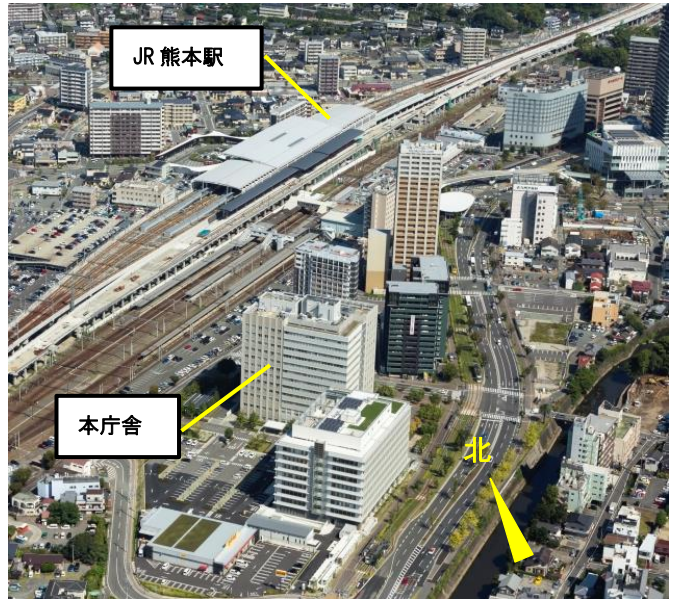
— 熊本地震後、防災拠点としての機能を維持・被災者の受入れも実施

本庁舎は、国の機関（6官署）が入居する合同庁舎であり、防災拠点施設として2010年に完成した。熊本地震（2016年4月）では、熊本県を中心に数多くの建築物に被害が発生したが、本庁舎は、地震発生後、防災拠点施設としての機能を発揮するとともに、被災者の受入れも実施した。

■施設計画の経緯と概要

本庁舎は、老朽化が進み点在していた各庁舎を移転統合し、大地震動後の災害応急活動を行う拠点施設として必要な耐震安全性の確保、機能の集約化等を図るために新たに整備されたものである。

また、JR熊本駅周辺や熊本城地区の整備事業と連携し、県や市が計画するまちづくりに寄与し、駅周辺の良好な市街地環境の形成に先導的な役割を果たすことを目的としている。



写真－庁舎周辺写真

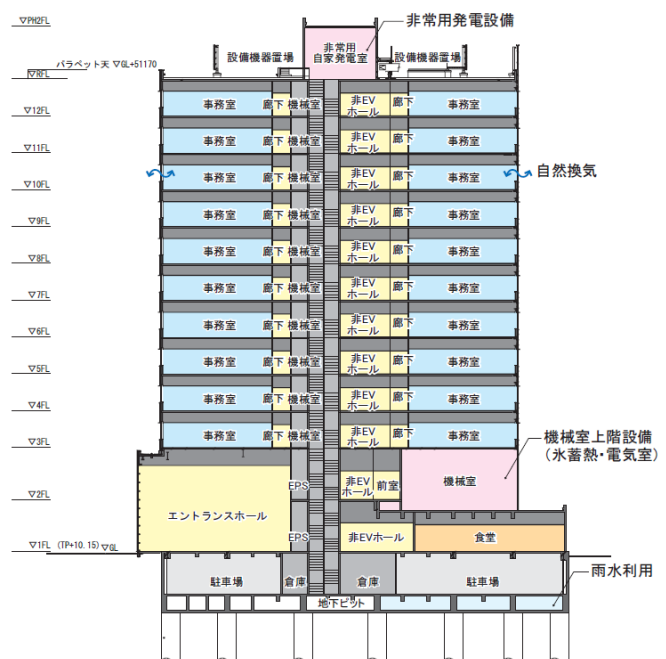
■防災拠点としての機能

□建築計画

周辺河川の氾濫を想定し、電気室、機械室などの重要諸室を2階以上の階に配置している。また、建物内への浸水を防ぐために、各出入口には防水板を設置している。



写真－熊本地方合同庁舎A棟 外観写真



図－庁舎断面図

□構造体の耐震設計

「官庁施設の総合耐震計画基準」に基づき、構造体はⅠ類としての性能を有している。架構形式は、東西方向は純ラーメン架構、南北方向は座屈拘束ブレースを併用したラーメン架構である。大地震動に対しては、保有水平耐力計算による確認に加えて、時刻歴応答解析により層間変形角、層の塑性率等の確認を行っている。

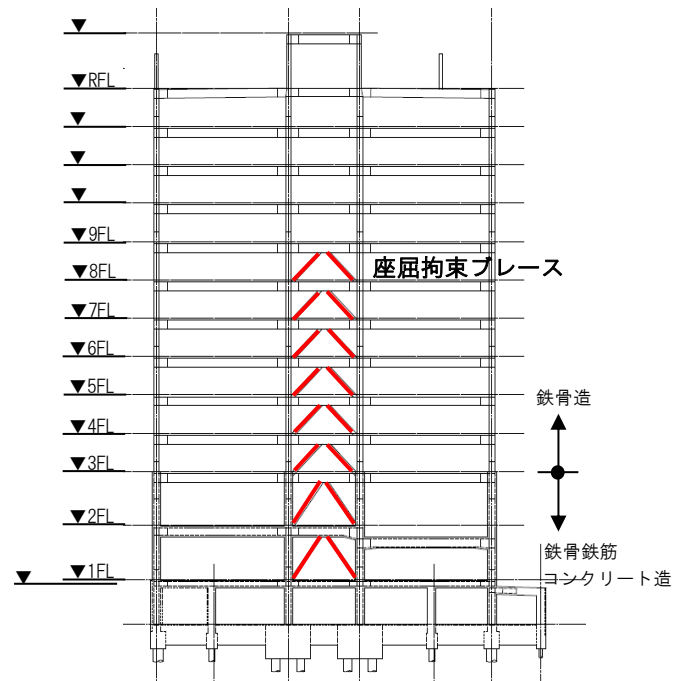
基礎については、鋼管杭を採用し、大地震動時における杭の安全性を確認している。

□非構造部材の耐震設計

建築非構造部材は、上記基準に基づきA類としての性能を有している。また、エントランスホールの特設天井は、耐震対策を行っている。

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

建築設備は、上記基準に基づき甲類としての性能を有している。非常用の自家発電設備により、最大72時間、エレベーター、電灯、空調、給排水設備等に電力供給ができる。貯水タンク（上水受水槽及び高架水槽）を設けており、断水時には貯留分を使用することができる。排水機能が停止した場合に備えて緊急汚物槽と簡易トイレを備えている。活動拠点室やサーバ室は、ライフライン途絶後も利用可能である。



図一 架構断面図（南北方向）

■熊本地震発生後の防災機能

2016年4月に発生した熊本地震では、前震、本震ともに最大震度7を記録し、本庁舎の所在地では震度6強を記録した。地震発生後、直ちに本庁舎の安全点検を実施し、必要な機能が確保され執務が行えることを確認している。災害応急活動を実施するとともに、熊本市の要請を受け、被災者の受入れも実施している。電力供給は、約1時間停電し、その間は非常用発電設備が稼働した。上水は、約6日間断水したが、約2日間は受水タンクの備蓄水を使用し、4日間は非常用のペットボトルを使用した。トイレは、断水していたが雨水再利用設備を備えていたこと等により継続的に使用することができた。



写真一 被災者受入れ状況（エントランスホール）

■施設概要

所在地	熊本県熊本市春日2丁目10番1号		
敷地面積	24,141.21 m ²	階数	地上12階 地下1階
延べ床面積	26,348.70 m ²	構造	S造（一部SRC造）
目標の設定	構造：Ⅰ類/非構造部材：A類/建築設備：甲類 （官庁施設の総合耐震・対津波計画基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部）に基づく）		

3. 具体の事例 ― 病院

恵寿総合病院本館

― 災害時に機能継続できる広域的な拠点病院としての建替え

恵寿総合病院は、石川県能登中部医療圏（約 13.4 万人）に位置し、地域医療を支える中核拠点病院である。既存病院の狭隘化・老朽化に伴い新病院の基本設計を完了したが、東日本大震災の発生を契機に防災拠点建築物として計画内容を補強した。病院機能の継続、被災時の周辺住民の避難施設、広域的な救護拠点として免震構造、浸水対策や液状化対策を対応した防災拠点建築物。

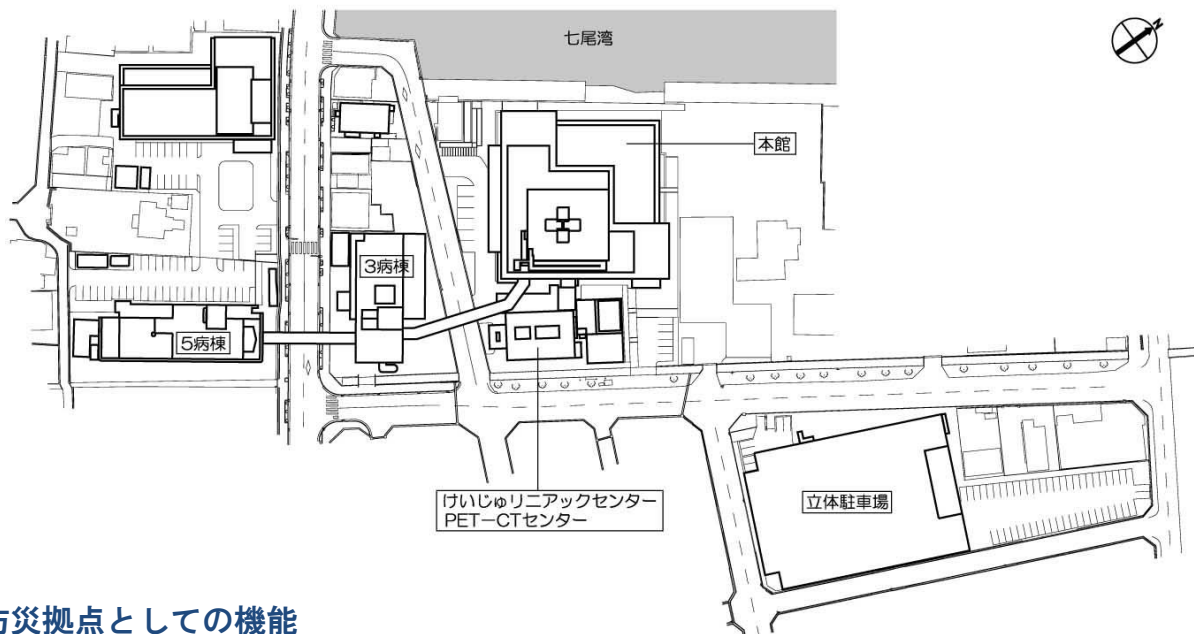
■施設計画の経緯と概要

地域医療を支える中核施設である本病院では、既存病院の狭隘化・老朽化に伴い、外来部門・診療部門・急性期を中心とした病棟部門を駐車場跡地に新病棟を計画した。基本設計後、東日本大震災が発生したことから、臨海部の水辺の環境を享受しつつ、災害時の対応を円滑化するため設計内容を補強・見直しし、地域医療を支える中核拠点として、災害に強い病院施設を実現した。



写真―恵寿総合病院本館外観

図―恵寿総合病院新配置図



■防災拠点としての機能

□建築計画

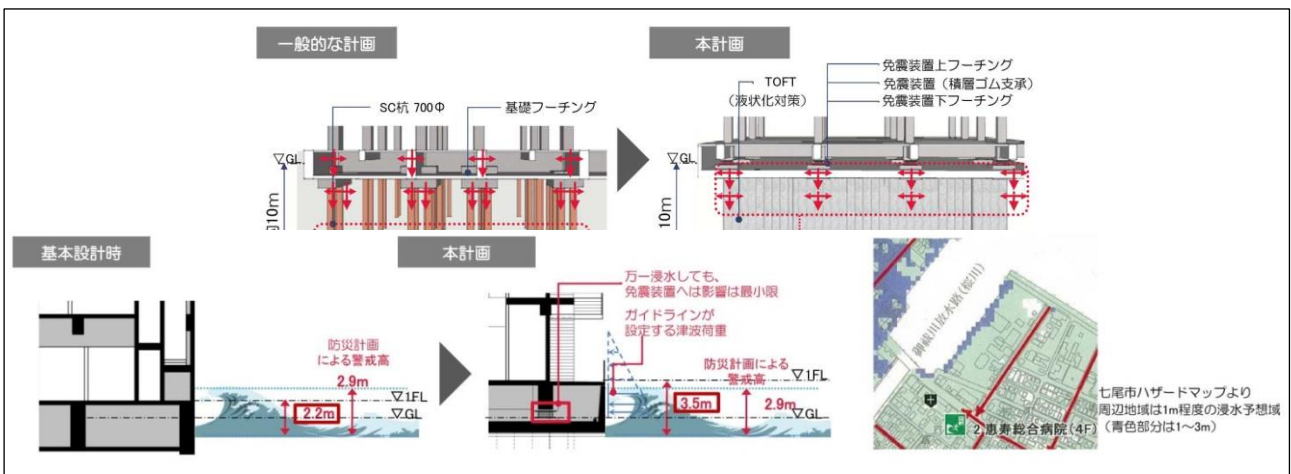
海上保安庁ヘリ、県の防災ヘリを受入可能な飛行場外離着陸場を設置。水害・津波時には津波避難ビルとして4階屋上を地域住民の避難施設として活用（外階段アクセス可能）。1階シーサイドホールは「トリアージスペース」として使用できる設備（非常用コンセント、医療ガス等）を設置し救護拠点としての役割を果たす。

サーバー室は本館3階に設置。また津波対策として本館1階床レベルを市の防災計画による警戒高さ以上を設定。最上階及び屋上階に熱源機器類・電気機器類を集約している。



□構造体の耐震設計

基本設計時は耐震構造で耐震基準の 1.25 倍の耐震強度を計画していたが、東日本大震災後の設計見直しにより、免震構造を採用。能登半島地震でも発生した液状化対策のため、格子状地盤改良（TOFT 工法）を実施。臨海部に立地するため、水害・津波対策において、1 階床レベル及び免震層の嵩上げを行っている。（1 階床レベルは 3.5m）



図一 基礎設計

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

本館は2回線受電方式を採用。非常用発電は保安用を優先し、2日間の運転を確保している。

□大震災時に機能継続するための平常時からの準備

事業継続マネジメント(BCM)を実施、運用上の問題等を見直し、院内マニュアルを作成・共有化している。



図一 災害時の取組内容

■施設概要

所在地	石川県七尾市富岡町 94 番地	階数	地上 7 階
敷地面積	8,077.20 m ² (既存改修病棟を含む)	構造	RC 造 (免震構造)
延べ床面積	15,373.64 m ² (既存改修病棟を含む)		

中東遠総合医療センター

— 東海地震に備えた事業継続計画（BCP）対応病院の建設

静岡県掛川市と袋井市の2つの自治体病院を統合し、掛川市に災害拠点病院が建設された。東日本大震災では、病院が業務継続に支障を来すケースが相次いだ。本病院は、施設が被災し、電力や水の供給が寸断しても業務継続できる本格的な事業継続計画（BCP）に対応し、被災時の人命救助の医療拠点となる。

■施設計画の経緯と概要

施設の老朽化等を背景に掛川市と袋井市の2つの自治体病院を統合し、新たに災害拠点病院が海拔60mの台地に建設された。

大地震時には、本病院に多くのけが人が殺到することとなる一方、ライフラインの寸断、設備被害の発生可能性がある。災害時の重要業務は、入院患者及び医療関係者の安全確保と緊急医療業務の継続であり、構造体と非構造部材を含めた建物自体の安全性を高め、上下水道や電力等のインフラ復旧までの自立を図る計画としている。



写真—中東遠総合医療センター外観

■防災拠点としての機能

□建築計画

被災時には、1階防災センター会議室を災害対策本部に転用し、またエントランス大庇下をトリアージスペースとして活用し、救急搬送動線を確保している。ホスピタルモールを処置スペースに転用、3階リハビリ部門を病室へと転換し、病床数を500床から825床に増床できる計画としている。また、広大な職員駐車場には車止めブロックや照明タワー、樹木等を設けず、緊急時の大型ヘリ発着も可能としている。



図—中東遠総合医療センター インフラ復旧までの自立継続計画

□構造体の耐震設計

構造は地震力 1.2 倍、重要度係数 1.25 倍を考慮した免震構造を採用した。

□非構造部材の耐震設計

通常よりも大きな層間変形角 1/100 に追従する病棟サッシ (BCP サッシ) を採用し、ガラスの破損を防止している。クリップを使用しない特殊な天井下地工法を採用しハンガーを強化することで、天井の耐震化に対応した上で、天井下地と天井に付く部材 (点検口、照明器具など) をワイヤーで固定することで、二重の部材落下策を施している。



写真-クリップを使用しない天井下地工法



写真-天井下地と天井に付く部材をワイヤーで固定



□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

電力の 2 回線 (常時線・予備線) 引込みにより、電力遮断リスクを軽減させている。非常時発電機は、供給エリアを 3 段階に分け、電力需要を簡単な操作で切り替えることができ、最長 18 日間の運用を図っている。また、太陽光パネルを採用し、停電時に大会議室のコンセントへ直流通電できるようにした。

給排水については、地下ピットに雑用水槽を確保することにより、トイレ洗浄水などの雑用水として活用する。平常時は緑地の散水に利用している。また、計画地の隣地に新設された開発区域上水施設 (貯水量 500t) から、給水車による臨時補給に対応できるように、受水槽に給水口を設置し災害時対応を行っている。

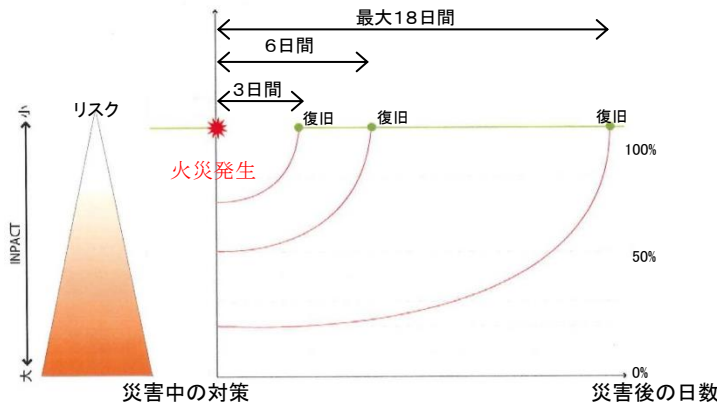


図-非常用発電機稼働範囲と日数 (設計者提供資料より)

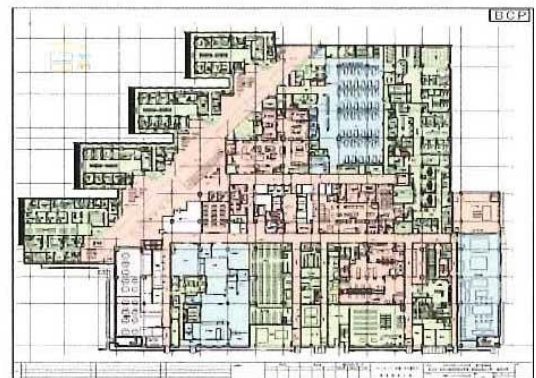


図-非常用発電による電力供給の段階的な制御のエリア区分図

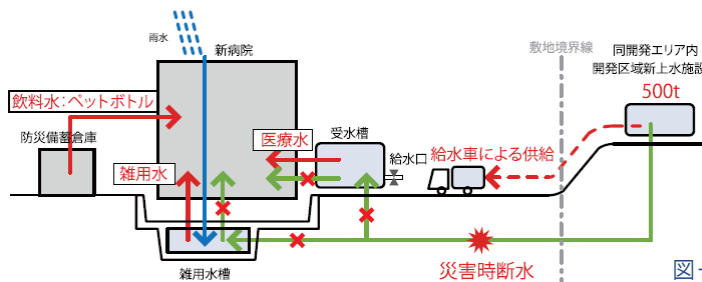


図-給水機能確保の概念図

■施設概要

所在地	静岡県掛川市菖蒲ヶ池 1-1		
敷地面積	137,200.00 m ²	階数	地上 8 階 塔屋 1 階
延べ面積	46,151.55 m ²	構造	S+CFT 造 (基礎免震構造)

新市立伊勢総合病院

—— 様々なインフラ途絶状況を想定し、供給源の多重化により医療業務の継続を図る

三重県伊勢市の中央部に位置する伊勢総合病院は、災害時に中心的な役割を果たすことを基本方針の一つに挙げており、病院の建て替えにあたり、現病院で培った災害対策の知見を活かしながら設計を実施した。様々なインフラ途絶状況を想定して MCP（医療業務継続計画）への対応を反映している点や、平常時の省 CO₂ の取り組みを非常時のエネルギー自立に活用している点が特徴的である。

■施設計画の経緯と概要

伊勢総合病院は、災害時に拠点となる病院として、三重県災害医療支援病院に指定され、大規模災害発生時に災害拠点病院を支援・補完する機能を担っている。現病院は昭和 54 年 4 月に開設されたものだが、高齢化が進展する中で、市民の健康に対するニーズの高まりに応えるべく、現在の敷地で建て替えを行うこととなった。

計画にあたり、院内の地震等災害対策委員会に設計者が出席し、現病院で培った災害対策マニュアルの内容と、新病院におけるハード・ソフト面の計画を摺り合わせし、施工段階においても、現場で詳細部分を調整している。



図一 新病院の完成予想図

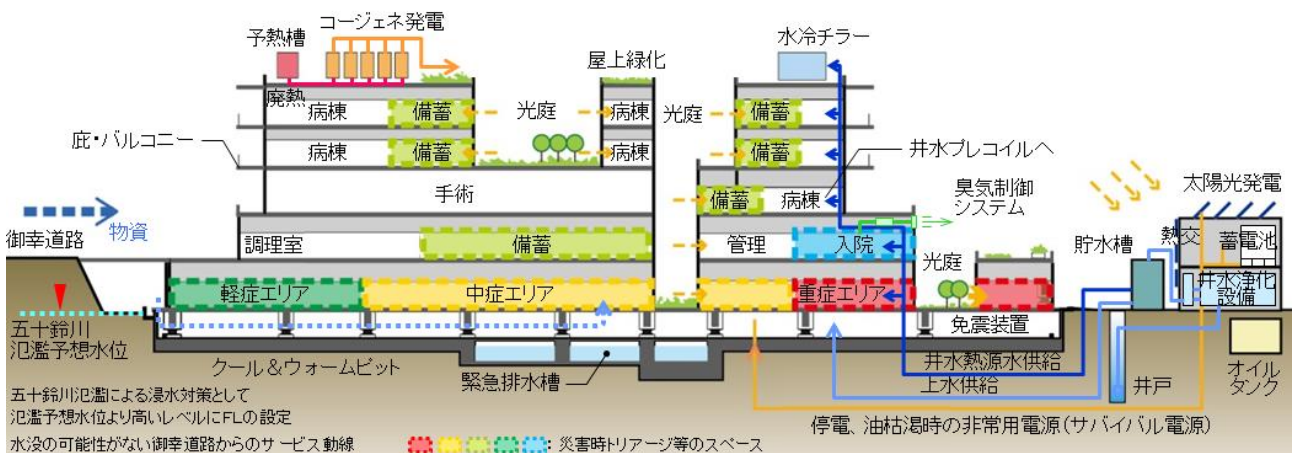
■防災拠点としての機能

□立地計画

- ・五十鈴川決壊時の想定浸水深より高い位置に 1 階床を設定することで建物内への浸水を防止。

□建築計画

- ・非常時は、エレベーターを使わずにアクセスできる 1 階・2 階のみで診療機能を継続することを想定。
- ・1 階は平常時に外来・検査部門とレストラン等が配置され、非常時には各トリアージエリア（赤、黄、緑にエリア分けし、医療ガスアウトレットも設置）、DMAT スペース、救援物資置場等となる。
- ・2 階は平常時に医局・管理部門と厨房、リハビリ室が配置され、非常時には災害対策本部が設置される。また、リハビリ室は状態の安定している入院患者の移送先となる。
- ・水没のおそれがない西側道路から 2 階に直接アプローチでき、周辺の浸水時も物資搬入等が継続可能。



図一 断面図

□構造体の耐震設計

- ・免震構造を採用し、極めて稀に発生する大地震に対しても、上部躯体が僅かな損傷度となる。
- ・杭頭部で半剛接工法を採用することにより、杭体の損傷防止に努めた。
- ・応答加速度を 250m/s^2 以下に制御した免震装置を適材適所に配置し、家具・什器の転倒防止を図る。

□非構造部材の耐震設計

- ・吹き抜けのある1階総合受付ロビーの天井は準構造として設計し耐震化することで、落下を防止。

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

- ・停電、断水、ガス遮断、油枯渇といった様々なインフラ途絶の状況を想定してMCPへの対応を反映。
- ・非常用電源は、1000kVAの非常用自家発電機1台とガスコージェネレーションシステムを利用。太陽光発電設備と蓄電池も設置し、サバイバル電源として携帯電話充電用のコンセント電源等に利用。
- ・上水は平常時から井水を浄化して利用し、非常時に断水しても供給が継続可能。また、3日分の貯水槽と緊急排水槽を整備しバックアップ。
- ・都市ガスは信頼性の高い中圧による引き込みとし、厨房エリアは、都市ガスが遮断された場合に備えプロパン供給にも切り替えられるよう設計。
- ・ガス・油切替型吸気式冷温水発生器の導入で空調熱源を電力/ガス/油と多重化し、信頼性を向上。
- ・緊急導入口つきシャットオフバルブを整備し、医療ガスが途絶した際にボンベを接続し供給を継続。

	MCP性能	停電	断水	ガス遮断	油枯渇
電気	非常用発電機CGS	防災・保安電源(常時の82%へ供給)		太陽光+蓄電池サバイバル電源	
	光庭	災害時の自然光による明るさ確保			
給水	井水浄化設備	井水にて上水・雑用水を100%供給			貯水槽備蓄3日分
排水	緊急排水槽	排水機能の確保			緊急排水槽3日分
厨房	厨房設備プロパンガス	電化厨房器具(保安電源)		プロパンエアの利用	
空調	熱源の多重化	チラー稼働(保安電源)		油質による吸気式稼働	病室等の自然換気
通信	通信設備	通信・連絡網の確保			衛星携帯アンテナ等の設置

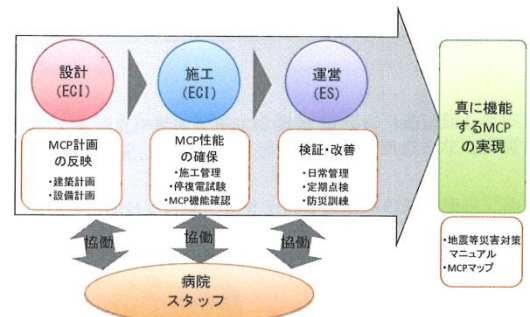
図一 様々な状況を想定したMCP対応

□大震災時に機能継続するための平常時からの準備

- ・設計段階から施工者が関与する ECI 方式[※]と、施工者が竣工後にエネルギー設備の運営を行う ES 事業[※]を採用することで、設計・施工・運営の各段階を通して一貫した省 CO₂の取り組みを継続。

※ECI: Early Contractor Involvement、ES: Energy Service

- ・教育・訓練への利用を想定し、MCP マニュアルを検討。
- ・BIM データと維持管理データを紐づけしたうえで、タブレット端末からアクセスできるシステムを構築。視覚的にわかりやすく操作性の良いシステムにより、維持管理や点検・修繕作業の効率向上を図る。
- ・院内のパノラマ写真上に埋め込まれたタグから設備等の維持管理データにアクセスできる病院スタッフにも扱いやすい維持管理システム(パノラマFM)としても構築。このシステムを用いて停電時の院内の空間イメージも情報提供する。



図一 ECI×ES事業方式



図一 パノラマFM

■施設概要

所在地	三重県伊勢市楠部町 3038 番地		
敷地面積	約 36,800 m ²	階数	地上5階、塔屋2階
延べ床面積	病院棟: 25,288 m ² (エネルギー棟含む) 保育所: 220 m ²	構造	RC造・一部S造(免震構造)

4. 具体の事例 —— 避難施設となる建築物

いわき市地域防災交流センター 久之浜・大久ふれあい館

—— 東日本大震災における津波被災の知見を踏まえた避難施設

東日本大震災で津波による甚大な被害を受けたいわき市久之浜地区では、市役所の支所と公民館の機能を一体・集約化した地域防災交流センターを整備した。非常時には津波からの避難スペースとして活用するほか、災害救助・応急対策の拠点として活用される。

■施設計画の経緯と概要

東日本大震災の津波により、甚大な被害を受けた久之浜地区において、支所が持つ災害時の防災拠点機能と、公民館が持つまちづくり活動拠点機能を一体化・集約化するとともに、津波避難ビル機能を備えた防災拠点施設「地域防災交流センター久之浜・大久ふれあい館」が整備された。

2階以上に津波災害時の避難スペースや非常用の発電設備、備蓄倉庫などを配置し、津波による浸水被害の避難場所としての機能を担う。



写真—いわき市地域防災交流センター 外観

■防災拠点としての機能

□建築計画

施設は、津波による浸水に備え、1階の高さを5.5mとし、2階以上に津波災害時の避難スペースや非常用の発電設備、備蓄倉庫などを配置している。1階には支所と公民館の窓口を配置し、2階以上には平常時に市民コミュニティ活動や地域交流の場となる研修室・調理室などのほか、防災まちづくり資料室を配置している。



図一平面図（平常時における機能設定）

(津波避難動線)

町中からの避難者は施設南側の防災広場を介して内部階段より屋上へ避難する。夜間等、建物管理者がいない場合、第一避難者が西側の避難口より階段室に入り、建物の出口を開錠し、他の避難者を誘導する。

施設内は、町中からの避難者と在館者の避難動線の分離（動線が交差しないように避難バルコニーのルートを区別）、健常者と避難弱者の避難動線の分離等、動線計画を工夫して、円滑な避難ができるように計画している。

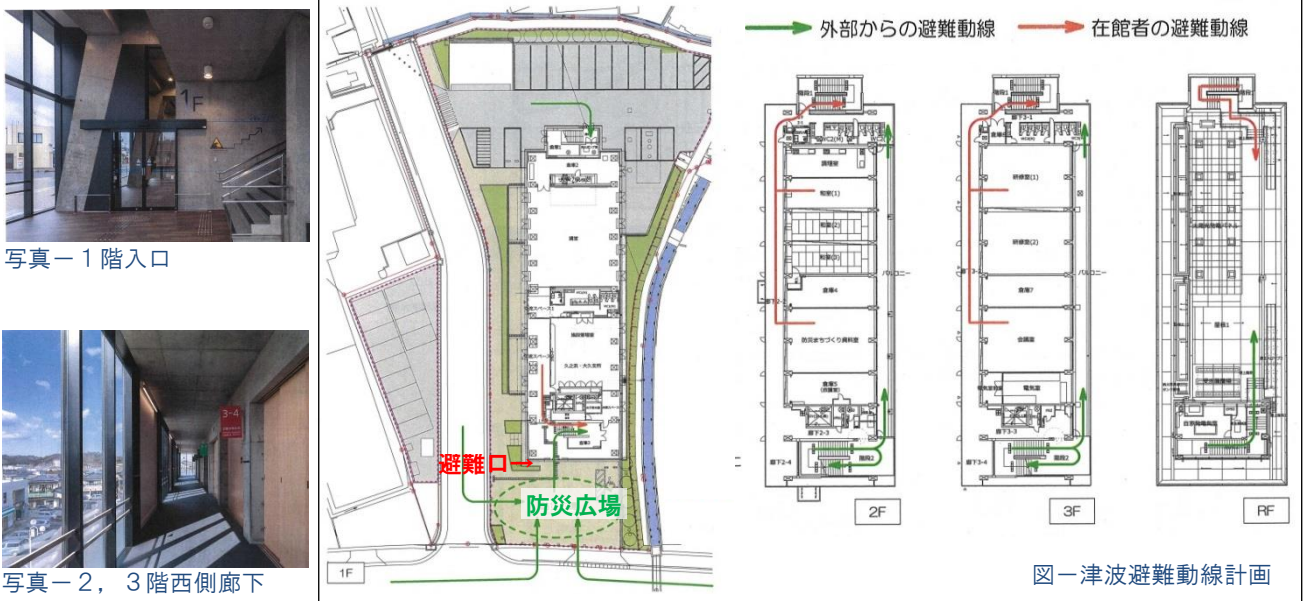


図-津波避難動線計画

□構造体の耐震設計

大地震等の災害に備え、耐震安全性の分類（構造体）Ⅱ類として重要度係数 1.25 を設定している。

□非構造部材の耐震設計

建築非構造部材は A 類とし、天井仕上材のグラスウールガラスクロスをスラブに直接貼っている。

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

避難スペースは 260 人分を想定し、避難時間は 3 日を想定して、機能維持できるように非常用電源等の機能を確保している（太陽光発電設備 (20kW)、自家発電設備、受水槽 (35t)）。

躯体のひび割れによる浸水を防止するため、直接の波力を受けないように各設備配管を躯体壁で保護している（サバイバルコアの設置）。

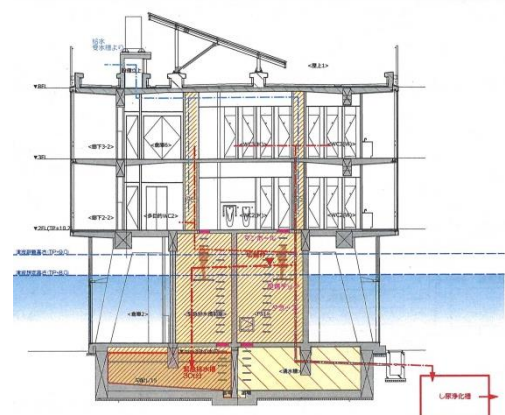


図-サバイバルコア断面図

■施設概要

所在地	福島県いわき市久之浜町久之浜字中町 32 番地		
敷地面積	2,418.81 m ² (計画通知完了時)	階数	地上 3 階
延べ床面積	2,207.39 m ²	構造	RC 造
目標の設定	構造：Ⅱ類/非構造部材：A 類/建築設備：甲類 (官庁施設の総合耐震・対津波計画基準 (国土交通省大臣官房官庁営繕部) に基づく)		

杉並区立小中一貫教育校 杉並和泉学園

— 地震時等の機能継続を計画した避難施設

東京都杉並区における、既存の3つの小中学校を統合し、設立された「施設一体型小中一貫校」の事例である。当該学校は「震災救援所(医療救護所)」に位置付けられ、施設は地震時等の避難施設としての活用を想定し、機能継続のための災害対応策が講じられている。

■施設計画の経緯と概要

杉並区は2010年度に「新泉・和泉地区小中一貫教育校設置計画」を策定し、2015年3月に区内初の施設一体型の小中一貫教育校「杉並和泉学園」を整備した。

当該学園は元々隣接する小学校及び中学校の敷地を活用し、中学校校舎を改修し、小学校校舎を建替え一体化している。

学園施設は「震災救援所(医療救護所)」に位置付けられ、地震等における建物自体の安全性を高め、インフラの途絶時に備え自立できる計画である。



写真一杉並和泉学園 外観

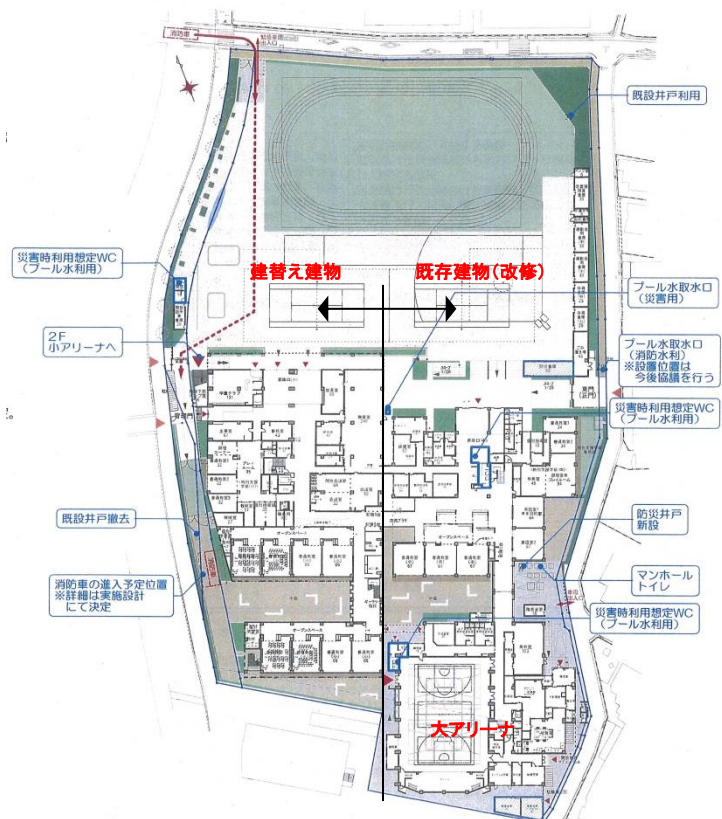
■防災拠点としての機能

□建築計画

神田川に近接する敷地で、ハザードマップ上敷地一部が浸水区域にあるため、小中一貫校の建設と合わせて、グラウンドの地盤レベルより1Fレベルを1m程度上げて設定している。

1階の「大アリーナ」は地震時に「避難所」としての利用を想定し、通路に面する開放サブエントランス等、直接外部に面する出入口を設置している。2階の「小アリーナ」についても「避難所」としての利用を想定し、グラウンドより外部階段を經由して直接出入りできる。被災時には1階の防災用倉庫より救護物資を配布し、保健室は医療救援の場に活用を想定している。

水害時には2階レベルを基本に帰宅困難児童の待機ができるように計画している。2階ラーニングセンターは災害時通信拠点として活用を想定している。



図一杉並和泉学園 配置図

□構造体の耐震設計

「官庁施設総合耐震計画の基準」に基づき、構造体はⅡ類（重要度係数を1.25倍）、建築非構造部材はA類に設定している（分類「避難所として位置付けられた施設」の耐震安全性を確保）。

□非構造部材の耐震設計

小アリーナの天井は耐震天井を採用。大アリーナは既存建築だが、改修時に古い天井を撤去し、グラスウールを貼っている。特定天井に該当しない箇所も、クリップ止めを強化する等の対応を行っている。



写真-小アリーナ



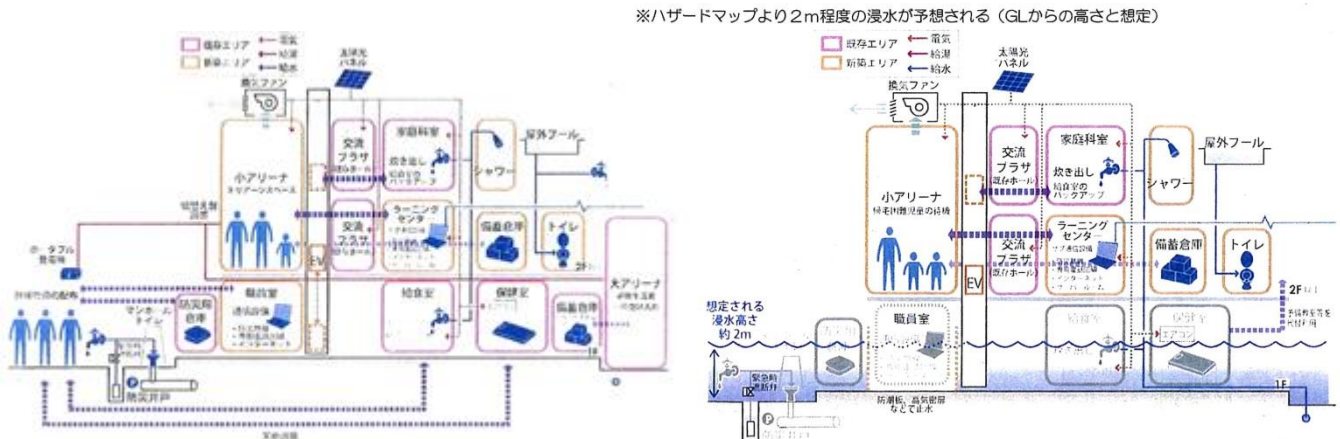
写真-大アリーナ



写真-オープンスペース (改修)

□ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

自家発電機及び太陽光発電設備を活用し、限定的ながらインフラ途絶時の非常用電源を確保している。被災時には屋外プールの水を活用し、災害用水等を確保。敷地内に防災井戸を設置し、生活用水を確保するとともに災害時トイレ小型マンホールを10基近接配置させ、避難施設の衛生環境を保つようにしている。



- ・ 防火用倉庫救助物資の配布
- ・ 1階保健室より医療救護
- ・ 2階小アリーナにて避難生活の一部受入
- ・ 停電時はポータブル発電機（防災備品対応）を利用

図一 災害対策
（地震時 震災救援所(医療救護所)）

- ・ 帰宅困難児童の待機
- ・ 2階ラーニングセンターが通信拠点（サーバーは2階に設置）
- ・ 2階備蓄倉庫を活用
- ・ 2階家庭課室より炊き出し
- ・ 速やかに2階に上がる階段の設置
- ・ 保健室機能は予備教室等で代替

図二 災害対策（水害時）
ハザードマップより2m程度の浸水を想定した場合

■施設概要

所在地	東京都杉並区和泉 2-17-14		
敷地面積	17,897.65 m ²	階数	地上4階
延べ床面積	15,209.10 m ²	構造	RC造
目標の設定	構造：Ⅱ類/非構造部材：A類/建築設備：甲類 （官庁施設の総合耐震・対津波計画基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部）に基づく）		

**第2編 設備・システムに関する要素技術と
要素技術を採用した事例**

1. 要素技術・紹介事例の一覧

分類		要素技術の例	導入事例	
地震揺れ対策	天井吊り設備	●軽量の機器も対象とした耐震対策 ●天井材とのクリアランスの確保		
	変電設備	●頭部へのストッパーの追加設置 ●変圧器の揺れ対策 ●継電器の揺れ対策		
	エレベーター	●エレベーターの耐震性能の向上 ●長尺物揺れ管制運転の採用 ●発災後の速やかな復旧のための仕組み構築		
水損防止(津波対策)	変電設備・発電機設備	●津波の到達想定高さを踏まえた受変電・発電設備の配置計画		
	水槽等	●高置水槽の設置 ●塩素滅菌装置等の設置		
	浸水対策	●機械室の気密化 ●設備機器の浸水防止		
	空調・消火設備	●津波の到達想定高さを踏まえた設備・配管計画	○水戸市庁舎	
ライフライン途絶対策	負荷低減	自然エネルギー利用	●パッシブデザインの導入 ●創エネルギーの実施	○阿南市庁舎 ○日光市庁舎 ○須賀川市庁舎
		節水技術	●トイレの節水化	
	並列化・冗長化	電力・ガス	●受電系統の多重化	○愛知学院大学 ○田町スマエネパーク
			●発電設備・燃料供給の二重化対応	
			●中圧ガスを活用した保安用電源の設置	
			●保安負荷用の小容量発電機の設置	
			●災害時に対応可能な太陽光発電設備の設置	
	通信	●衛星電話の設置		
		●防災行政無線の利用		
		●移動系地域防災無線の利用		
		●緊急時も活用可能なWi-Fiの設置		
	飲料水・雑用水	●水源の多様化	○立命館大学大阪茨木キャンパス ○新市立伊勢総合病院 ○大崎市民病院 ○晴海アイランド地区	
		●被害後の機能継続に配慮した給水系統		
●浄水設備による飲料水の確保				
排水	●緊急汚水槽の設置			
空調・冷暖房	●被災後の機能継続に配慮した系統の設定			
備蓄	電力・ガス	●燃料の備蓄 ●間欠運転に耐える回路の設定		
	飲料水・雑用水	●飲料水用水槽、雑用水用水槽の大型化		
補給	電力・ガス	●仮設電源の導入を想定した設備計画	○阿南市庁舎	
	飲料水・雑用水	●給水車の接続を想定した設備計画		
備品・仮設設備	電力・ガス	●可搬型発電機の用意		
	排水	●マンホールトイレの設置		
	冷暖房	●扇風機、可搬式ヒーターの用意		
被災状況の見える化		●構造ヘルスマニタリングシステムの導入		

※「要素技術の例」に掲載している図は、個別に注記があるものを除いて、国土交通省国土技術政策総合研究所「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」技術資料⑥から引用したものである。

※「事例」に掲載している内容は、個別に注記があるものを除いて、当該防災拠点施設の所有者や設計者等から提供を受けたものである。

2. 地震揺れ対策

設備の耐震対策としては、機器や配管の固定が中心であり、東日本大震災の教訓として、揺れの長時間化が原因と思われる吊りボルトの抜けや破損による天井設置機器の落下や変圧器の一次端子接続部の破断などが生じ、機器や配管の触れ止めや耐震ストッパーを適切に設置することの重要性が確認された。以下に具体的な被害事例・課題とその対策例を示す。

2-1 天井吊り設備

- ・東日本大震災では、天井吊空調機器の地震被害が多かったとの報告がなされている。原因は長期間の揺れで金属疲労が生じて、吊材が破断し天井吊機器が脱落したと考えられている。また、同地震では、天井と天井面設置機器の「揺れ特性」の違いにより相互に緩衝し、天井材が被害を受けた例も報告されている。
- ・機器の「揺れ」によるアンカーや吊ボルトの損傷を防ぐことで、機器近傍の配管などや吊ボルトの損傷防止にもつながる。

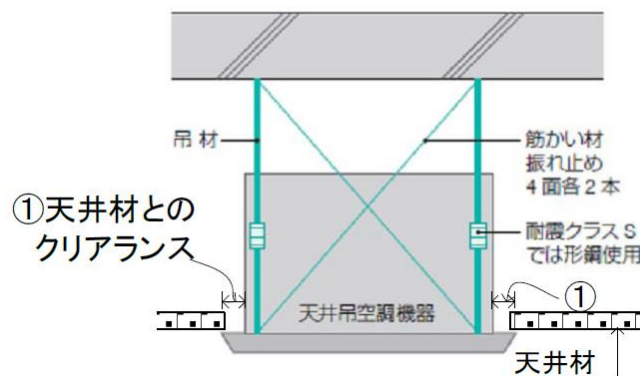
【要素技術の例】

●軽量な機器も対象とした耐震対策

- ・天井吊空調機器を採用する場合に、建築設備耐震設計・施工指針の対象になっていない**重量が1kN 以下の機器でも、吊材を極力短くしたり、振れ止めを設けたりするなどの耐震措置による落下防止を図る。**

●天井材とのクリアランスの確保

- ・設備機器の筋かい材や吊材と**天井材との間にクリアランス**を設けることで、地震に伴う揺れによる天井材の破損を防止する。(下図の①参照)



図一 天井吊り設備と天井材とのクリアランス

2-2 変電設備

- ・東日本大震災では、受変電設備での配線が揺れて接触したことによる短絡事故が多数発生した。スプリング防振を設置しているトランスでは、地震時に頭部の揺れが大きくなり、余長が少なかった配線が被害を受け短絡事故が起きた。
- ・受変電設備が耐震基準に適合していても、長期にわたる振動に対しての配慮がなされていないために、ボルトの抜けや破損による損壊を生じる可能性がある。

【要素技術の例】

●頭部へのストッパーの追加設置

- ・受変電設備における揺れ対策として、頭部にストッパーを追加設置することで、配線部分の破断を防ぐ対応を取る。(図1)

●変圧器の揺れ対策

- ・受注生産でありキュービクルの納期に大きな影響がある**変圧器の耐震対策**をする。なお、予備の変圧器を用意することも考えられるが、費用がかかる、保管場所が必要、変圧器の据付の時間がかかる、品質確保が難しいなどの問題がある。

※モールド変圧器（変圧器の巻線をエポキシ樹脂で含浸モールドさせた変圧器で、油入変圧器と違って絶縁油を使用しないため、発火の恐れがなく、ビルや地下といった不燃化を求められる場所に設置される）は損壊しやすいため、耐震対策が必要である。

(図2)

●継電器の揺れ対策

- ・継電器は、地震による接点の誤作動を起こす可動機構による有接点方式をさげ、静止形とする。

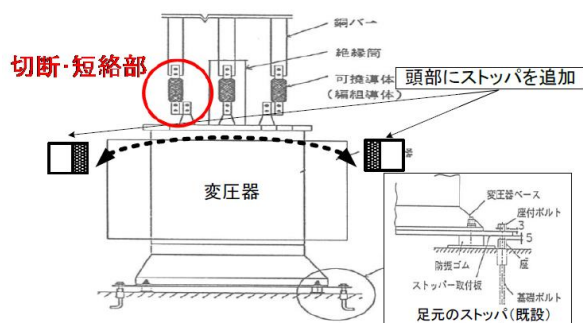


図1-受変電設備の頭部へのストッパー設置の例

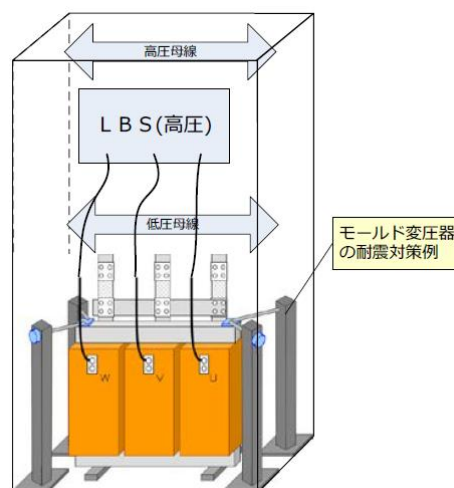


図2-モールド変圧器の耐震対策例

2-3 エレベーター

- ・東日本大震災では、主に高層建物で昇降路内の主索、移動ケーブル等の引っ掛かりの事例があり、エレベーターの復旧に長時間を要した例があった。エレベーターの復旧に長時間を要すると、建物内の人の移動に支障が生じる以上に食料や水などの物資の運搬にも大きな支障が生じる。

【要素技術の例】

●エレベーターの耐震性能の向上

- ・エレベーターには、建築物の固有周期での揺れの大きさや揺れの継続時間などによって、昇降路内で引っ掛かり被害が発生しやすい主索、移動ケーブルなど長尺物が存在するため、巻上機などの耐震性能向上と昇降路内突起物への引っ掛かり防止措置を施す。

●長尺物揺れ管制運転の採用

- ・長尺物揺れ管制運転は、長周期で加速度が小さく、従来の地震感知器では検出できない長周期地震動を検知し、建物と共振する場合の主索の揺れ幅をリアルタイムで推定し、推定した揺れ幅に応じた管制運転（主索の揺れが小さくなる位置にかごを移動）を実施するシステムである。

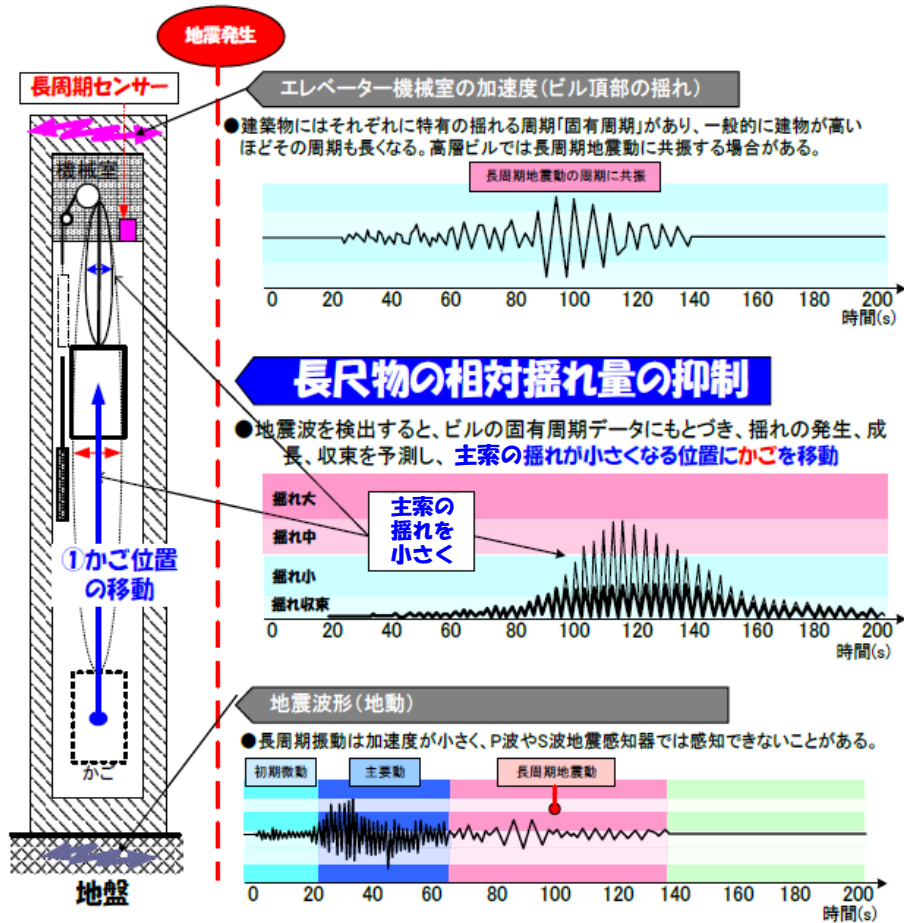


図1-エレベーターの長周期振動対策（長尺物揺れ管制運転）の概要イメージ

【要素技術の例】

●発災後の速やかな復旧のための仕組み構築

- ・地震発生後にエレベーター機器の損傷等を自動的に診断し、仮復旧するためのシステムを導入することで、機能継続を図るために、速やかな復旧の仕組みを構築する。
- ・エレベーターの自動診断仮復旧運転システムを導入し、地震時管制運転によってエレベーターが休止した後に、**所定の条件下で専門技術者の点検を待たずに自動診断を行い、異常がない場合には自動的に仮復旧させる。**
- ・エレベーターの**保守会社に「優先点検・復旧」のための契約等について確認する。**

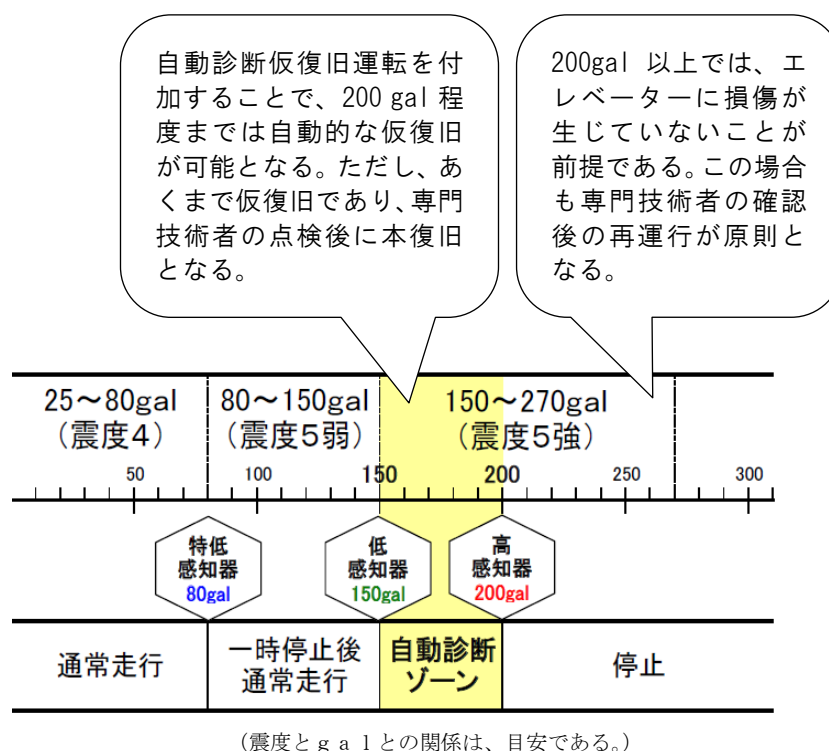


図1-エレベーターの自動診断仮復旧運転プログラムのイメージ

3. 水損防止（津波対策）

津波対策としては、インフラ設備の主要部分を津波浸水階以上の階に設置するのが合理的である。地震の揺れを考慮すると、重要設備機器は揺れの少ない建物低層階に設置するのが望ましいが、津波が予想される地域では受変電設備や発電機、空調熱源機器等は、原則、津波浸水階以上の階への設置を検討する。以下に、具体的な対策例を示す。

3-1 変電設備・発電機設備

- ・東日本大震災では、地下階設置の受変電設備、発電機設備が津波の被害を受けた事例があった。インフラ（電力）は復旧したが、キュービクルが津波に流され、新たな製作に数か月かかり、復電が遅れた事例もある。

【要素技術の例】

●津波の到達想定高さを踏まえた受変電・発電設備の配置計画

- ・津波被害後も施設に電源供給する受変電設備、発電機設備は、津波による浸水深以上の階に設置する。（図1）
- ・電源を、浸水被害を受ける系統と受けない系統に分ける。
- ・発電設備に燃料を供給する地下タンクを設置する場合に、移送ポンプは浸水防止型とし、ポンプ制御盤は発電設備と同じ階に設置、地下タンクの通気管も浸水深以上まで立ち上げる。

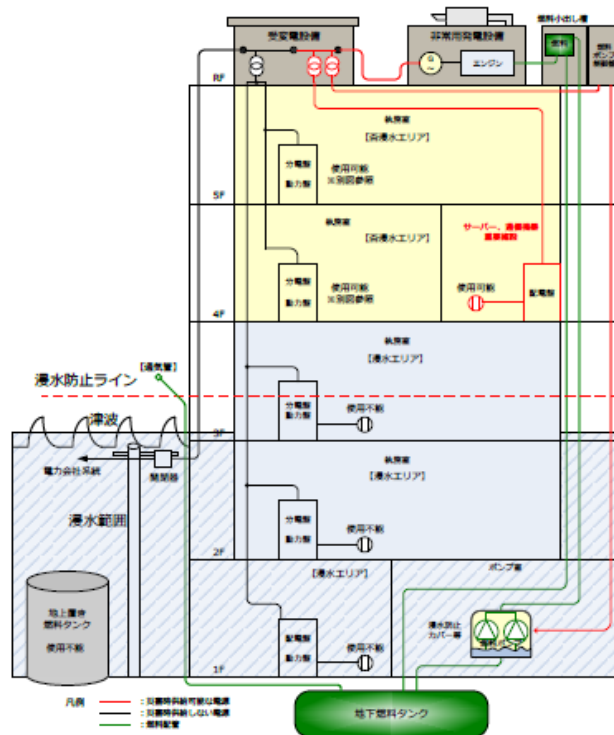


図1-設備機器の浸水深以上の階への設置例

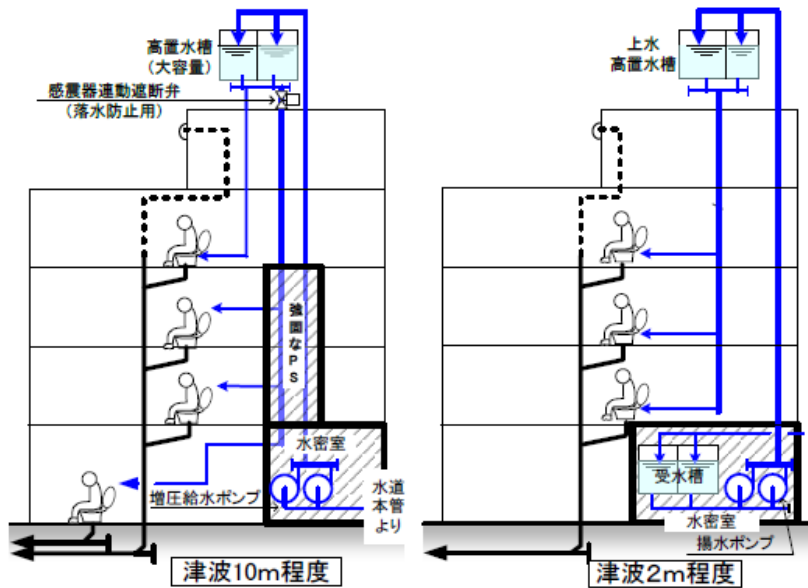
3-2 水槽等

- ・東日本大震災の津波地域では、津波により1階あるいは屋外設置の受水槽や給水ポンプ、動力盤の流失・破損・汚損等により、上水が供給できなくなるなどの被害が見られた。

【要素技術の例】

●高置水槽の設置

- ・受水槽を設置せず、高置水槽のみで給水したり（図1左参照）、高置水槽と受水槽を併設したり（図1右参照）することで、継続的な上水供給を確保する。



- 左図
・受水槽を設置せず、高置水槽のみで給水する場合
- 右図
・受水槽と高置水槽を併設する場合

図1ー給排水設備の浸水上下階でのシステム分離とシャフトの保護例

●塩素滅菌装置等の設置

- ・非常時の上水の貯留時間が5日以上となる場合に、残留塩素の減少等の水質劣化を防止するために**塩素滅菌装置等を設置**する。

※特に、水温が高い場合には、残留塩素の減少速度は早まるのでは急激に減少するので、高置水槽が外気や直射日光にさらされる屋外設置の場合には注意が必要。

※水槽の水位が下がると、残留塩素は急激に減少するので、水槽水深が低い場合には、飲料水としての利用には注意が必要。

3-3 浸水対策

- ・東日本大震災では、機械室扉の気密性が高い場合、津波の浸水深以下の階に設置された機械室内においても扉の防水により機械室内への浸水量が削減でき、設備機器の水損被害を軽減できた事例が見られた。

【要素技術の例】

●機械室の気密化

- ・低層階に設置される機械室扉は頑丈で**気密性の高いエアタイト仕様**とし、比較的小規模の浸水時には**機械室への浸水を最小限に限定**し、受水槽や給水ポンプへの水損被害を軽減する。

●設備機器の浸水防止

- ・低層階の衛生機械室内の受水槽や給水ポンプ、動力制御盤等の**主要機器の基礎高さを通常よりも高く**することで機器の水損被害を軽減する。(図1)
- ・衛生機械室が設けられた階の浸水水位が想定できる場合に、衛生機械室の壁や建具の水密性能を把握したうえで、**衛生機械室内にピットと排水(水中)ポンプを設置**し、浸水による水損の低減を図る。(図1)

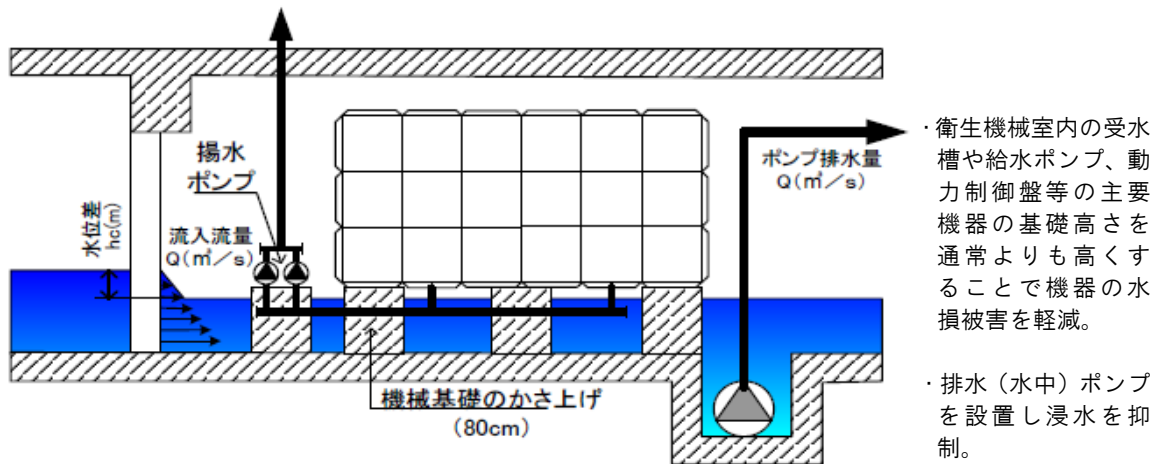


図1-機械室に浸水した水を設定水位以下に抑制する方法例

3-4 空調・消火設備

- ・東日本大震災では、地上屋外や低層階に設置された空調室外機や消火ポンプ等が津波の被害を受け、災害拠点室等の重要室の空調機能を喪失した事例があった。

【要素技術の例】

●津波の到達想定高さを踏まえた設備・配管計画

- ・津波直後からの使用が必要な施設や主要な設備機器を、津波による設備システムの停止を防止するため、津波被害想定階以上の階に設置する。(図1)
- ・消火設備(消火ポンプ・消火水槽等)を津波の影響を受けない想定される最高の水位以上の位置に設置する。(図2)
- ・津波の到達想定階の上下で消火配管の配管系統を分離し、非浸水階の消火配管からの落水防止を考慮する。

図1-空調機器の屋上設置

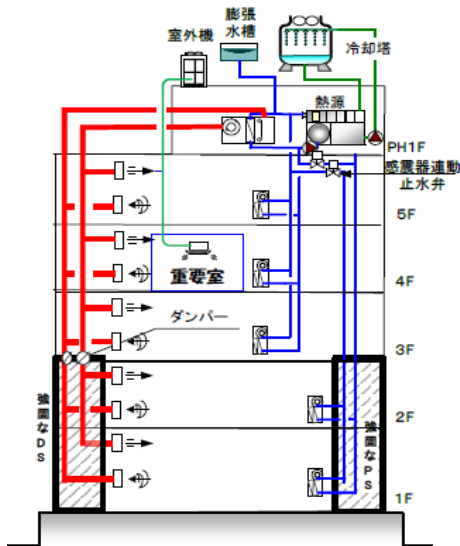
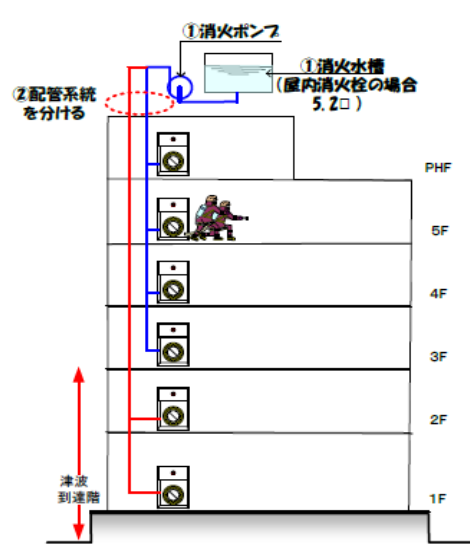
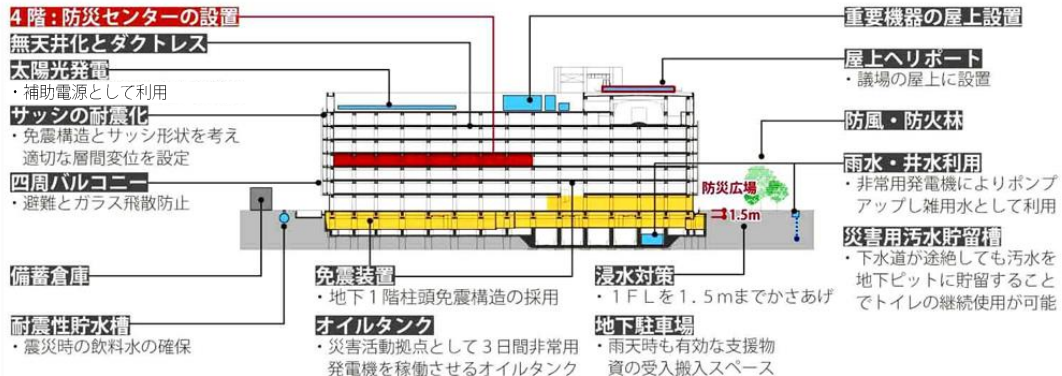


図2-消火水槽や消火ポンプの屋上設置事例



【事例】水戸市庁舎-設備機器の屋上設置

- ・ハザードマップに基づき、浸水の影響を考慮し、浸水対策として、1階フロアレベルを1.5m嵩上げするとともに、設備関係の重要機器について屋上に設置する計画とした。



4. ライフライン途絶対策

災害後にライフラインが途絶した際でも防災拠点建築物の機能継続を図るためには、様々な手段が考えられる。本項では、負荷低減、並列化・冗長化、備蓄、補給、備品・仮設設備の視点からこれらの手段を整理し、紹介する。

4-1 負荷低減

平常時からエネルギーや水の消費量を削減（負荷を低減）することで、非常時に確保できるエネルギーや水の量が限られる状況に置かれても、最小限の使用水量で機能継続を図ることができる。以下に、自然エネルギー利用と節水の観点から、対策例を示す。

(1) 自然エネルギー利用

エネルギー消費量の削減のためには、建築物自体の性能を高め、そもそも必要なエネルギー消費量を抑制すること、再生可能エネルギーを活用すること等が有効である。以下に、建築物自体の取り組みとしてのパッシブデザインと、再生可能エネルギーによる創エネルギーの具体的な例を示す。

【要素技術の例】

●パッシブデザインの導入

- ・外壁や屋根、開口部の断熱性を高め、熱負荷を小さくする。
- ・庇やブラインド、窓ガラス等によって開口部からの日射流入をコントロールし、災害時の空調熱源停止時でも、日射による執務空間の温度上昇を最小限に止める。(図1)
- ・天窗等による自然採光の採用により、電力途絶時も施設内の照度環境を執務可能な状態に維持する。
- ・自然換気を採用することで、中間期にエネルギーを消費せずに快適な執務環境を維持する。
- ・クールヒートトレンチ (図2) など、地中熱や大気熱を活用した予冷・予熱によってエネルギー消費量を抑制する。

●創エネルギーの実施

- ・太陽光発電や風力発電など、再生可能エネルギーを活用することにより、災害時に電力が途絶した際の電力利用を可能とする。

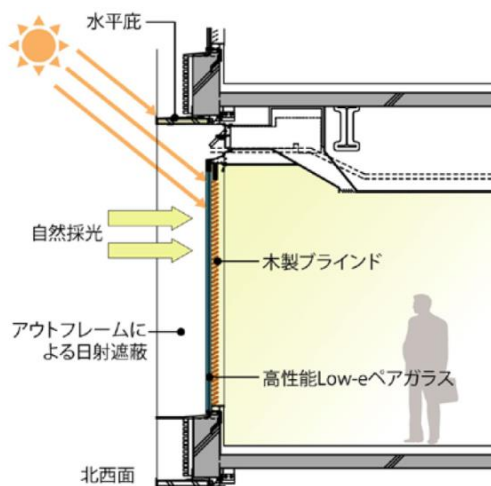


図1-日射遮蔽の外装イメージ

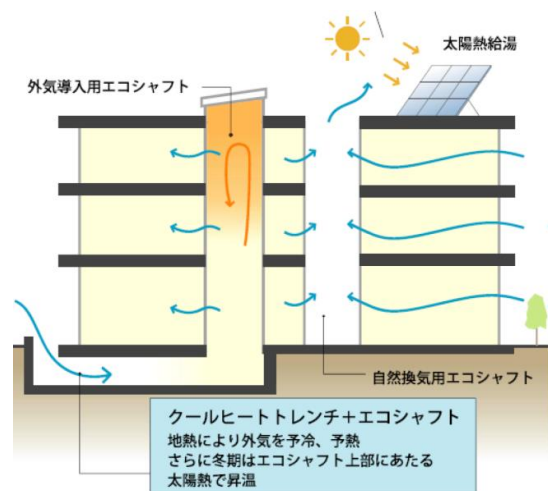
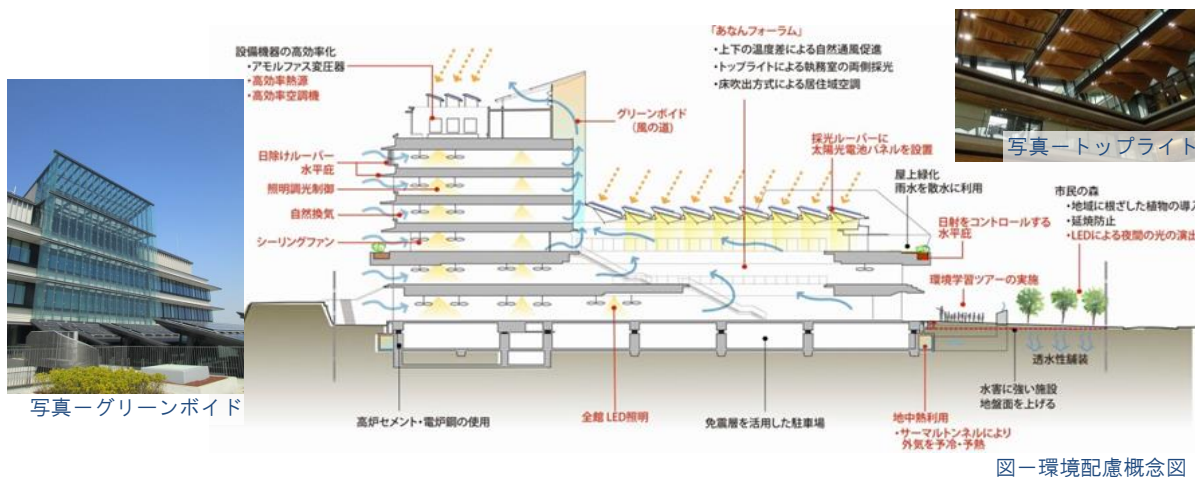


図2-クールヒートトレンチの採用例

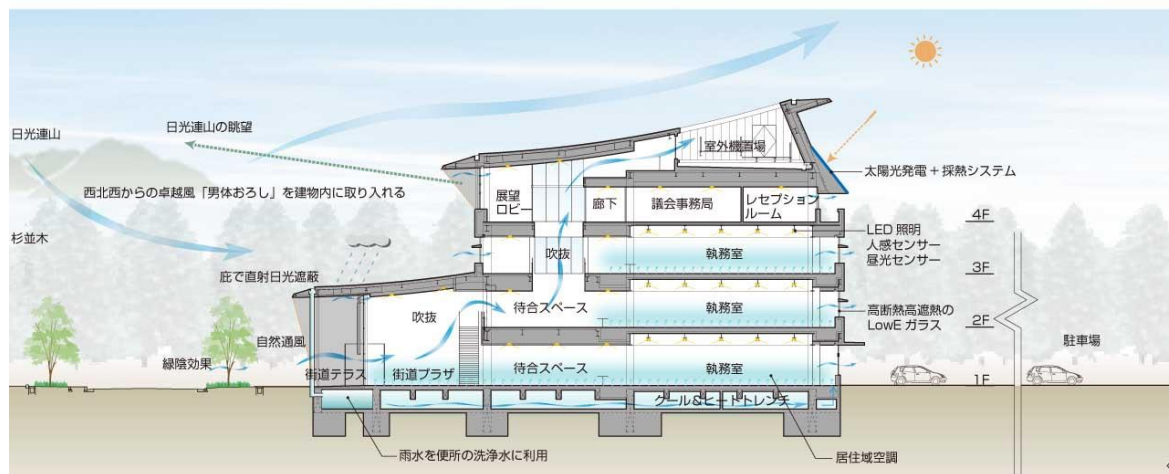
【事例1】阿南市庁舎—自然換気システムの採用

- ・自然換気は各階窓台の換気口から取り入れ、中間期の日中および夜間に、頂部に熱溜りを持つグリーンボイドから排気する。グリーンボイドは南に面した全面ガラスボイドとして換気効果を高めている。また、シーリングファンの気流感を付加することで快適性を補って自然換気期間を拡張し、熱源と空調機を運転せずに冷房負荷を処理できる期間を長くする制御を行い、中間期の省CO2を実現。自然換気とシーリングファン、機械空調のハイブリッド空調により可能な限りエネルギー消費を抑制している。



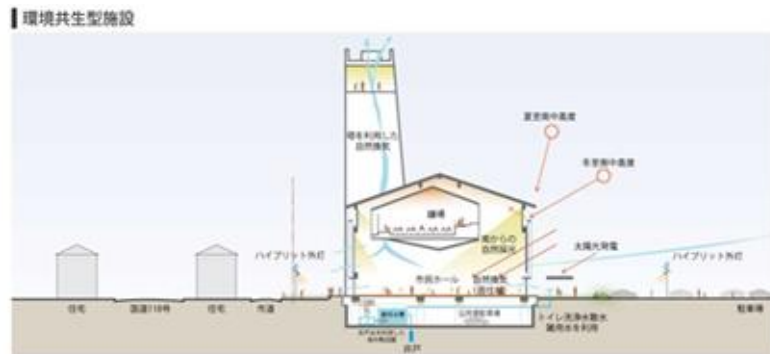
【事例2】日光市庁舎—太陽光発電と太陽熱による採熱の組み合わせ

- ・太陽光発電・採熱システムを採用し、太陽光発電だけでなく、太陽熱によって外気を予熱し、空調の外気処理負荷を低減する。大屋根で集めた雨水を地下ピットに貯留し、便所の洗浄水に利用する。また大屋根の誘引換気で、日常時・非常時において、庁舎全体で自然通風を確保する。



【事例3】須賀川市庁舎－総合的な自然エネルギー活用

- ・外構キャノピー上部に70kWの太陽光発電機を設置し75kW/hの容量を有する蓄電池も設置。太陽光と風力発電を利用した、外部電源を必要としないハイブリッド屋外照明器具を設置。窓ガラスは高断熱LOW-Eガラスを採用し、熱負荷を軽減。また、自然光を取り入れることで、照明の消費電力を削減。井戸水を空調熱源に利用し、利用した井戸水をトイレの洗浄水等に再利用。



(2) 節水技術

【要素技術の例】

●トイレの節水化

- ・洗浄水量の少ない便器を導入し、水の使用量を削減する。
 - * 通常の便器は、便器の表面を衛生的に保つためだけでなく、排水トラップ内の汚物を排出し、排水管内での搬送性を確保できる洗浄水量を設定しているため、多量の洗浄水を必要とすることとなるが、メーカーは、この汚物搬送性を確保しつつ便器の節水化を進めてきた。(図1)

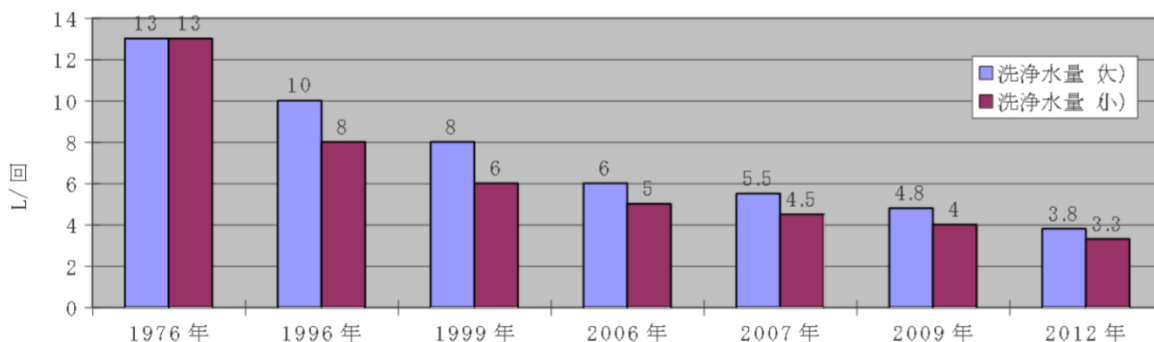


図1ー水洗便器における節水化の現状
(「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」技術資料⑥に掲載の図を一部編集)

4-2 並列化・冗長化

重要な設備システムについて、災害によってシステムの一部に何らかの被害が発生した場合においても、システム全体の機能を大きく損なうことなく主な性能が維持し続けられるように予備装置等を設置することで、機能維持性が向上する。以下に具体的な対策例を示す。

(1) 電力・ガス

二系統受電や、非常用発電機・太陽光発電システムの信頼性向上といった対策例が挙げられる。

【要素技術の例】

●受電系統の多重化

- ・二系統受電を行うなど、受電系統を多重化することにより、商用電力利用の信頼性向上を図る。

●発電設備・燃料供給の二重化対応

- ・発電装置本体、燃料タンク、移送ポンプ、燃料小出し槽、燃料配管系統を二重化、冗長化し、非常用発電設備の信頼性向上を図る。(図1)

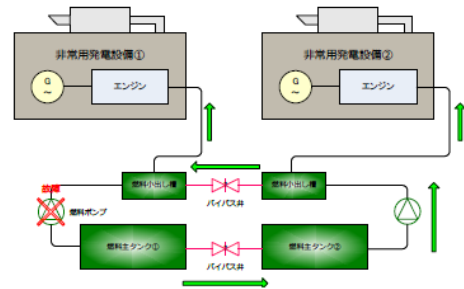


図1-非常用発電・燃料供給施設の二重化のイメージ

●中圧ガスを活用した保安用電源の設置

- ・発電機設備の燃料切れや不測の停止となった場合の最重要負荷への対応として、災害時にも被害が少なく途絶しにくい中圧ガスを燃料とする小容量発電機を設置する。(図2)

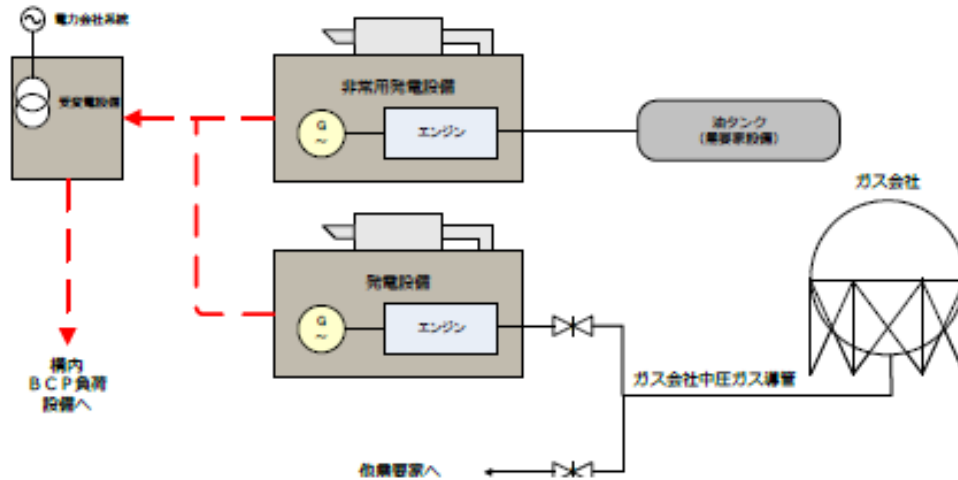


図2-中圧ガス管を用いた非常用発電のイメージ

●保安負荷用の小容量発電機の設置

- ・防災負荷（消火ポンプ・排煙機等）用の大容量発電機とは別に、保安負荷（給水ポンプ・照明等）用の小容量発電機を設置する。(図3)

- ・保安負荷用の小容量発電機は、対象となる発電機負荷を限定することで燃料消費量を大きく削減できるので、同じ燃料タンク容量で長時間の発電運転が可能となる。

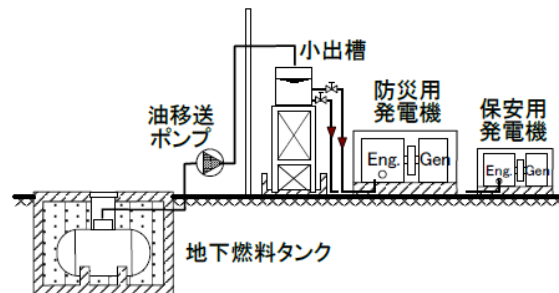
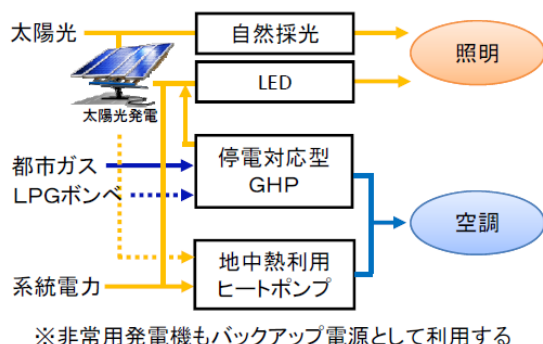


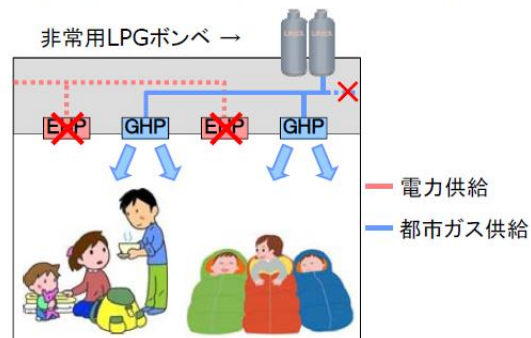
図3-保安負荷用小容量発電機のイメージ

【事例1】愛知学院大学—エネルギー利用の多重化

▶ 災害時のインフラ途絶時のエネルギーフロー



▶ 停電・停都市ガス時の空調イメージ



2012年8月23日「第10回住宅・建築物の省CO₂シンポジウム」資料より引用

【要素技術の例】

● 災害時に対応可能な太陽光発電設備の設置

- ・ 太陽光発電設備は蓄電池付とし、商用電力が停止した際は防災拠点で必要な電源が供給できるように系統から切り離し太陽光発電の自立運転を行う。その際、夜間や曇りの時など発電出力が不足する場合は蓄電池から供給する。(図1)
- ・ 曇り時の太陽光発電電力を有効利用するために、パワーコンディショナー(PCS)を小型分割設置し、曇り時の状況に応じて太陽光パネルを並列接続し、高い電力変換効率を維持する。(図2)

※ただし、この方法は技術・コスト・運用面などの検討が課題となる。

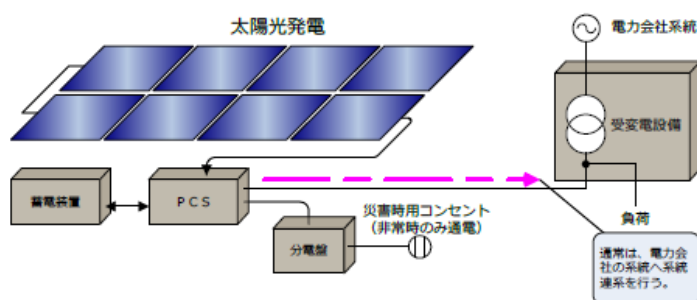


図1—災害時対応可能な太陽光発電設備構成のイメージ

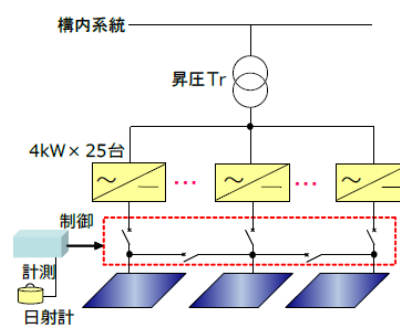


図2—PCS分割設置による太陽光発電効率化のイメージ

● 保安負荷用のコージェネレーションシステムの設置

- ・ 保安負荷用の非常用発電機を兼ねて、コージェネレーションシステムを設置する。
 - * コージェネレーションシステム (CGS) は、ガスタービン、ガスエンジン、ディーゼルエンジンや燃料電池を用いて、発電を行うとともに、その排熱を利用して蒸気や温水を発生させる技術である。燃料が確保できれば、災害に伴うインフラ電力途絶時にも施設内へ電力と熱を供給できる。

【事例2】田町スマエネパークー中圧ガス利用によるCGS

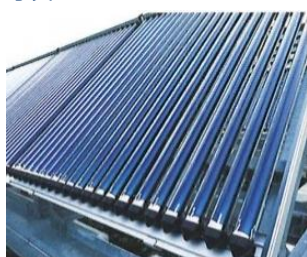
・災害に強いまちづくりをコンセプトとして、中圧ガスを利用したCGSを核に再生可能・未利用エネルギーを最大限に活用し、街全体で省エネを実現し、災害時に強いエネルギーシステムを構築。スマートエネルギーセンターを中心にみなとパーク芝浦や愛育病院等の各施設に熱を供給し、スマートエネルギーネットワークを構築している。現在建設が進んでいるⅡ-2街区では、各施設へ電力と熱の供給を行うほか、将来的には両街区のスマートエネルギーセンターを連携し、地区全体でさらなる省エネと災害に強いまちづくりを進める計画となっている。



写真－スマートエネルギーセンター外観



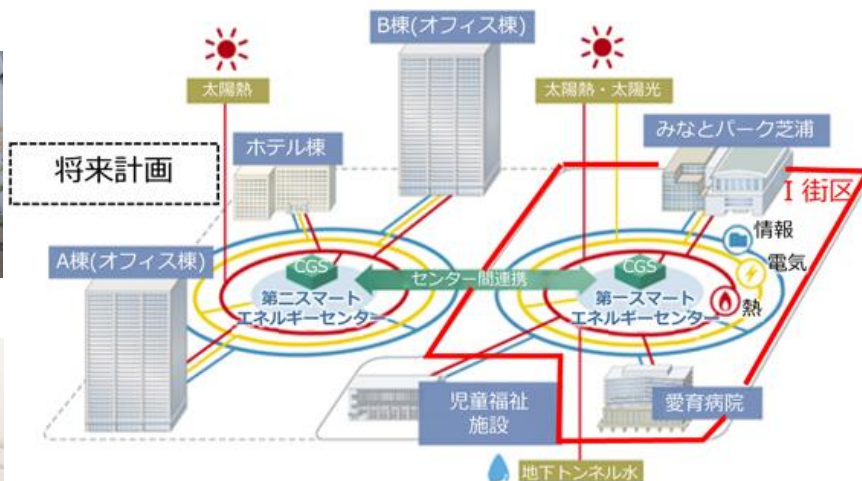
写真－CGS



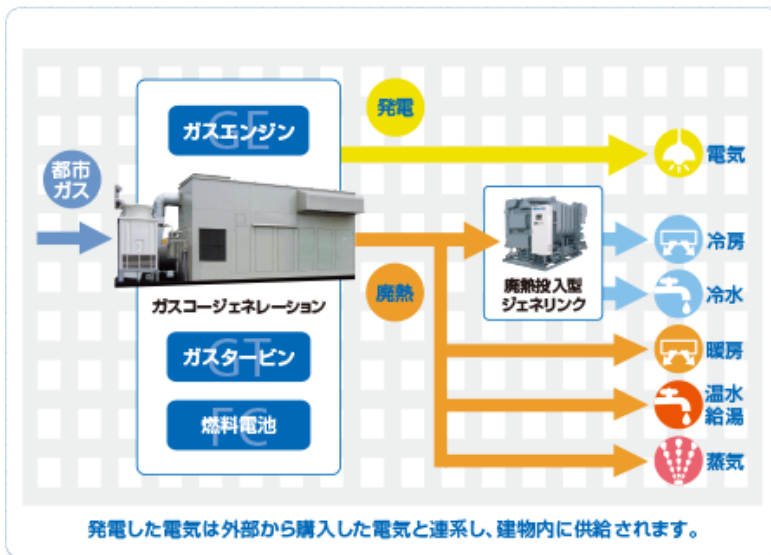
写真－太陽熱集熱器



図－高圧・中圧ガス導管の耐震性を支える技術例



図－スマートエネルギーネットワークによる省エネまちづくり



図－スマートエネルギーセンターを中心とするエネルギー供給システム

(2) 通信

東日本大震災では、津波によるインフラの通信基地本局の被害及び停電により通信設備が機能しなくなったが、防災行政無線の被害が少なく、有効に機能した事例もある。

災害時の被災状況の把握は、救急活動において、非常に重要であり通信設備の役割は非常に大きいといえる。また、相互連絡により、より早く情報収集が可能となる。特に、孤立しそうな場所には、予め通信手段を準備しておくことが考えられる。

【要素技術の例】

●衛星電話の設置

衛星電話は、通信衛星と直接通信する電話機を使用した電話網を提供するサービスである。**通信可能地域が広いほか、地上設備が少ない通信網が技術的には提供可能**であり、地震などの災害に強いという特徴がある。しかし、無線局の免許や規制などの関係で自由に使用できない地域もある。また、地上の障害物のため通信しにくいことがある。(図1)

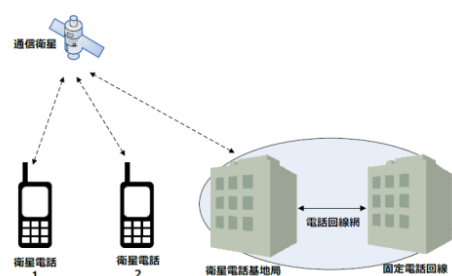


図1—衛星電話を用いた連絡手段

●防災行政無線の利用

屋外拡声器や戸別受信機を介して、市町村役場から住民等に対して直接・同時に防災情報や行政情報を伝達するシステム。特徴として、**専用の無線回線**であり**信頼性が高い設備**であり、**通信の輻輳がなく、電話応答装置や地区情報収集装置などを付属することが可能**。運用や設置について事前協議が少なく早期設置が可能である。(図2)

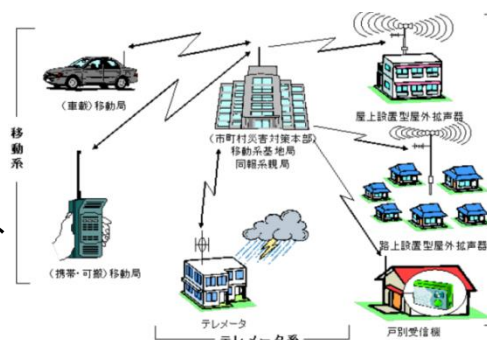


図2—防災行政無線による連絡イメージ (総務省)

●移動系地域防災無線の利用

車載型や携帯型の移動局と市庁舎との間で通信を行う**行政機関内の通信手段**。なお、地域防災無線は、交通及び通信手段の途絶した孤立地域からの情報や病院、学校、電力、ガス等の生活関連機関と市町村役場等との間の通信を確保することを目的とした移動系の通信網である。

●緊急時も活用可能なWi-Fiの設置

災害時に避難場所を利用する人たちの**情報伝達手段となるWi-Fiを設置**する。

【参考】防災等に資するWi-Fi環境の整備計画 (総務省 平成28年12月)

- ・ 防災等に資するWi-Fi環境の整備について、① 災害発生以降、災害の危険性がなくなるまで滞在し避難生活を送る避難所・避難場所 ② 被災場所として想定され、災害対応の強化が望まれる公的な拠点 などにおいて、整備箇所数、整備時期などを示す「整備計画」に基づき整備を着実に実施することで、災害時の必要な情報伝達手段を確保する。なお、平時においては、観光関連情報の収集、教育での活用などにより利便性の向上を図る。
- ・ 平成31年度までの整備目標数として、約3万箇所(整備済みを含む。)を設定。

(3) 飲料水・雑用水

東日本大震災後には、給水ライフラインの断水が長期化し、トイレ洗浄水が足りなくなる例もあった。非常時の断水に備え、井水活用や雨水貯留など多様な水源を確保することが有効である。

【要素技術の例】

●水源の多様化

- ・防災用井戸を設置し、井水を雑用水として利用したり、濾過したうえで飲料水として利用したりする。
- ・雨水を貯留しておき、雑用水として活用する。

●被害後の機能継続に配慮した給水系統

- ・水源を多様化した場合に、水質の違いに配慮し、給水配管系統を飲料水とトイレ洗浄水の二系統に分離する。

●浄水設備による飲料水の確保

- ・非常時であっても、井水を飲用水として利用することは水質の問題から困難な場合が多いので注意が必要だが、濾過することで飲料水として利用することも可能である。

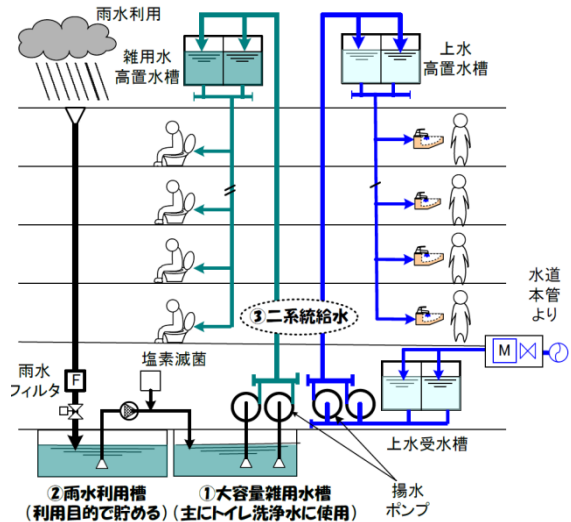


図1-2 系統給水方式のイメージ

【事例1】立命館大学大阪茨木キャンパスー井水を飲料水として利用



雑用水 (断水時)	雑用水槽: 235t (3,000人×5日分 ※1) ※他、井水汲上げ量: 33t/hあり
飲用水 (断水時)	受水槽: 120t (3,000人×13日分 ※2) ※他、井水汲上げ量: 33t/hあり
電気 (停電時)	非常用発電機兼用コージェネレーションシステムにより、一部の照明・コンセントに継続的に電力供給 ※3
下水 (本管破断時)	排水貯留槽(西側): 20t ※1 (170人×7日分 ※1) ※7日以後以降はバキュームカーによる汲み上げを想定

※1 必要17L/人・日 出典:「災害時の水利用」(社)空気調和・衛生工学会
 ※2 必要3L/人・日 出典:「災害時の水利用」(社)空気調和・衛生工学会
 ※3 CGS定格出力: 815kW

2013年10月4日「第12回住宅・建築物の省CO₂シンポジウム」資料より引用

【事例2】新市立伊勢総合病院—平常時から井水浄化し上水利用

・上水は平常時から井水を浄化して利用し、非常時に断水しても供給が継続可能。また、3日分の貯水槽と緊急排水槽を整備しバックアップ。

MCP性能		停電	断水	ガス遮断	油枯渇
電気	非常用発電機 CGS	防災・保安電源(常時の82%へ供給)			太陽光+蓄電池 サバイバル電源
	光庭	災害時の自然光による明るさ確保			
給水	井水浄化設備	井水にて上水・雑用水を100%供給			貯水槽備蓄 3日分
排水	緊急排水槽	排水機能の確保			緊急排水槽 3日分
厨房	厨房設備 プロパンガス	電化厨房器具(保安電源)	プロパンエアーの利用		
空調	熱源の多重化	チラー稼働(保安電源)	油焚による 吸収式稼働	病室等の 自然換気	
通信	通信設備	通信・連絡網の確保			衛星携帯アンテナ等の設置

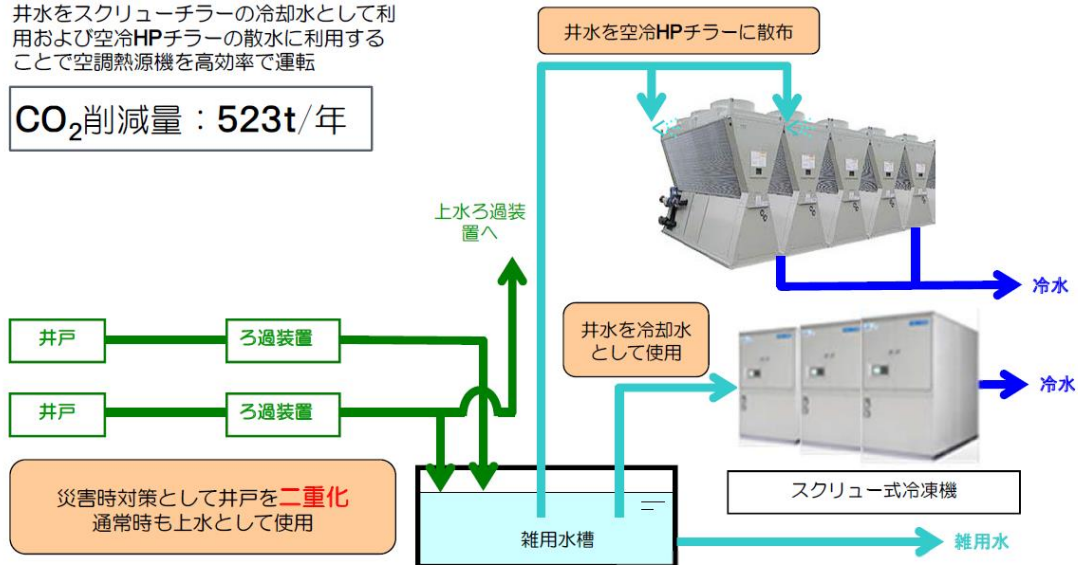
図一 様々な状況を想定したMCP対応

【事例3】大崎市民病院—井水を多重利用

◆井水を利用した熱源システム

井水をスクリーチャーの冷却水として利用および空冷HPチラーの散水に利用することで空調熱源機を高効率で運転

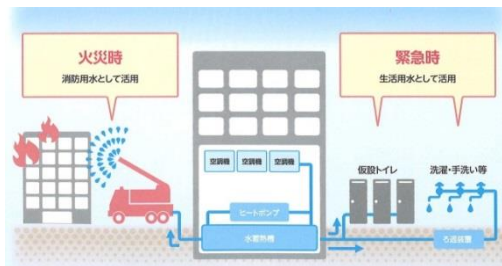
CO₂削減量：523t/年



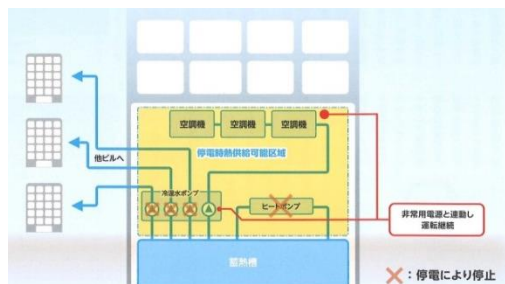
2012年3月13日「第9回住宅・建築物の省CO₂シンポジウム」資料より引用

【事例4】晴海アイランド地区－災害時の雑用水槽の機能を兼ねた蓄熱槽

- 蓄熱槽を活用した空調システムは、平常時に大幅な電力削減が可能であるが、東日本大震災をはじめ、自然災害等の様々なリスクに対応するため、災害時に蓄熱槽の水を生活用水、消防用水として有効利用することも期待できる。
- 晴海アイランド地区では国内最大規模の合計1万9,060 m³の大容量蓄熱槽と高効率ヒートポンプを組み合わせた熱供給センターを中核に熱供給が取り組まれている。災害時には競泳用50mプールで約5杯分に相当する蓄熱槽の保有水を活用することができる。例えば、緊急的な生活用水としては、蓄熱槽から街区管理会社の雑用水槽に向けた配管に接続されているため、簡単なバルブ操作で供給できるようになっている。供給エリアには約2万人が就業し、仮に災害で全ての人施設内にとどまって避難を続けた場合、全量をトイレ洗浄水やろ過を行って洗濯・手洗い等に利用しても、1カ月は使用できる計算になる。
- また消防用水として使うため、蓄熱槽から街区管理会社の消火ポンプ等に配管が接続され、建物外部に専用消火栓が設けられ、火災時に利用すると消防車30台が10時間程度消防活動できる。(管轄消防署と協定済)



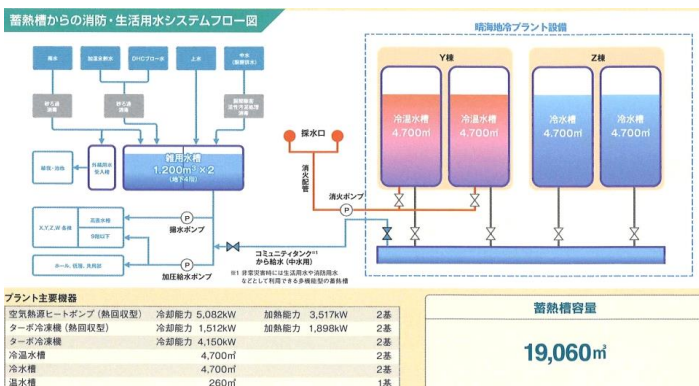
図－蓄熱槽からの熱利用（概念図）



図－蓄熱槽の防災機能（概念図）



写真－蓄熱槽からの消火配管（晴海地区）



図－蓄熱槽から消防・生活用水システムフロー（晴海地区）

消防用水として使用した場合	生活用水として使用した場合
30 (台)	1 ヵ月
※消防車30台が10時間程度消防活動可能	※約2万人を受け入れた場合
一次エネルギー消費量削減効果	総合エネルギー効率
43%	1.19
※個別熱源システムと比較した場合	

図－蓄熱槽水の活用による効果（晴海地区）

(4) 排水

東日本大震災では、震災や津波により排水処理施設が被害を受けた場合、下水機能の復旧が数か月単位で長期化する例も見られた。下水処理施設の停止あるいは公共下水本管の断絶に備えた対応を計画・設計時点から検討しておくことも考えられる。

【要素技術の例】

●緊急汚水槽の設置

- ・ある程度の規模以上の施設において、下水処理施設の停止あるいは公共下水本管の断絶に備えて、**緊急汚水槽の設置を検討する。**

※緊急汚水槽を設置する場合は、一人当たり34 L(飲用水4L+雑用水30L)の3日分が目安となる。

- ・緊急汚水槽を建物内に設ける場合に、維持管理の軽減の観点から常時は空堀とし、非常時には隣接する汚水槽のポンプを停止し連通路経由で汚水を貯留する。
- ・緊急汚水槽を建物外に設ける場合に、汚水枳のインバート上部に止水蓋により閉鎖した空堀への配管を接続し、非常時には止水蓋をはずし、インバート出口配管を閉鎖することで外部空堀を緊急汚水槽として利用する。

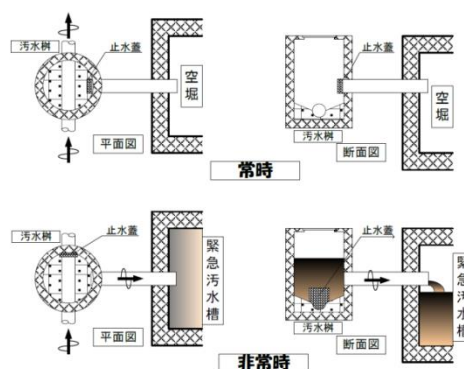


図1-緊急汚水槽を屋外に設けた場合のイメージ

(5) 空調・冷暖房

東日本大震災では、屋外や低層階に設置された空調室外機等が津波の被害を受け、災害拠点室等の重要室の空調機能を喪失した事例もあった。重要室の空調は、館内全体のシステム停止の影響を受けないよう対応しておくことが考えられる。

【要素技術の例】

●被災後の機能継続に配慮した系統の設定

- ・重要室の空調システムを建物全体とは別の単独の個別空調方式とし、インフラ途絶や空調システム全体の停止の影響を避ける。

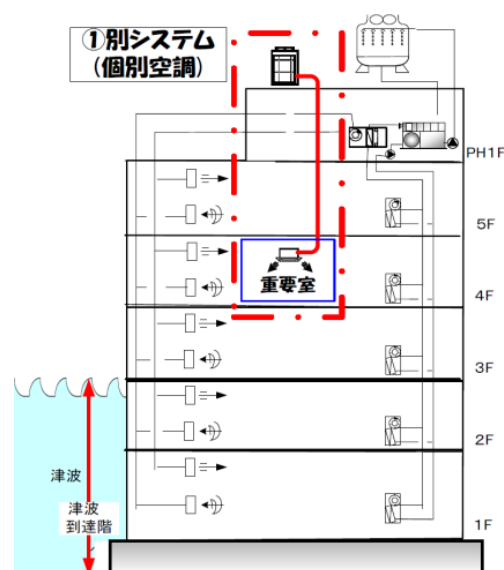


図2-重要室の個別空調化のイメージ

4-3 備蓄

ライフラインの途絶に備え、燃料・水・食料等を備蓄することも有効である。

(1) 電力・ガス

非常用発電機を長時間にわたって運転可能とするための対策例として、燃料を備蓄することや、間欠運転に耐える回路構成とする等が挙げられる。

【要素技術の例】

●燃料の備蓄

- ・非常用発電機用の燃料を備蓄しておき、長時間の運転が可能にする。

●間欠運転に耐える回路の設定

- ・非常用発電機の運転時にバッテリーを充電できるような回路構成にし、複数回の再起動を可能にする。
 - *非常用発電機が稼動したものの、点検後に再稼動できなかった例や、燃料節約のためにこまめに電源を切った結果、再起動できなくなってしまった例がある。これは、発電機のバッテリー容量によって再起動できる回数が限られていることが原因になっている。

(2) 飲料水・雑用水

東日本大震災では、給水ライフラインの断水の長期化により、給水ライフラインの復旧以前に早期に受水槽の水を使い切った例が多くあった。これに対する対策例として、非常時対応を含めた容量設定や、外部からの給水などが考えられる。

【要素技術の例】

●飲料水用水槽、雑用水用水槽の大型化

- ・受水槽等の容量について、常時ばかりでなく非常時の使用水量を確認し、非常時には使用水量の制限を前提に計画する。
 - ※上水受水槽の貯水量は、原則、常時の使用量の半日分が目安となっているが、庁舎の場合の一人一日使用量が80~100ℓとされるため、半日分の貯水量は40~50ℓとなり、非常時の一人一日使用量である33ℓ(飲料水3ℓ, 雑用水30ℓ)の約1~1.5日分となる。
- ・常時に使用する一日分以上の上水を貯留する場合に、大容量の雑用水槽を設置する。

4-4 補給

都市インフラや施設内インフラ設備が復旧するまでの間、仮設の応急設備を設けて施設を利用することも考えられる。

(1) 電力・ガス

東日本大震災では、商用電源と自家発電設備の双方が電源供給不能になった事例があった。また、キュービクルが津波に流され、インフラの復旧に長期間かかった例も報告されている。こうした課題に対して、仮設電源を活用して復旧までの間の電源供給を行うことも考えられる。

【要素技術の例】

●仮設電源の導入を想定した設備計画

- ・商用電源や自家発電設備の代替として、移動電源車などの仮設電源による電力供給を行うため、仮設電源の導入を想定した回路構成としておく。(図)

※移動用電源車は、高圧、低圧両方あり、施設規模により電源の接続部の対応を図る。

※開閉所などの接続部が浸水防止等の目的で2階以上に設置されている場合、仮設ケーブルを最初から布設しておくことが有効である。

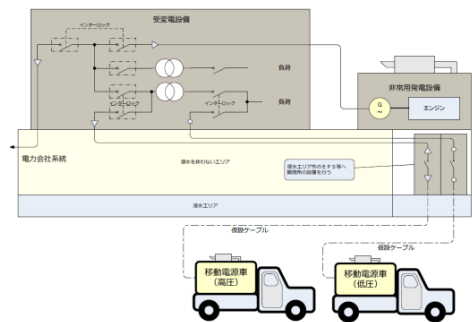


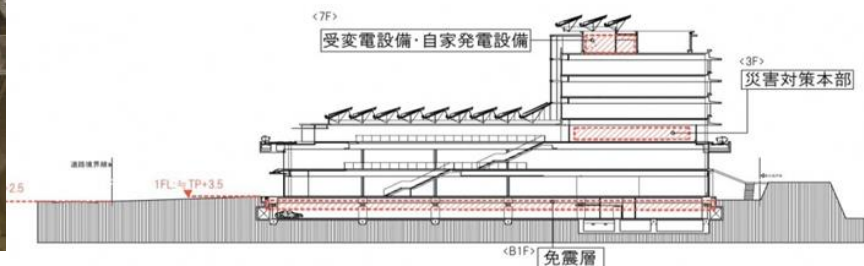
図1-移動電源車による電源供給のイメージ

【事例】阿南市庁舎—電源供給車による電力供給

- ・非常用発電機により 72 時間機能継続できる電力を確保。加えて、太陽光発電による電力も利用。また、高層部 2 階の道路側から電源車が接続できるようになっている。



←2階に設置された電源供給口



(2) 飲料水・雑用水

東日本大震災では、給水ライフラインの断水が長期にわたったため、トイレ洗浄水が不足した例が報告されている。インフラの復旧までの間、給水車によって水を補給することも考えられる。

【要素技術の例】

●給水車の接続を想定した設備計画

- ・受水槽が建物内部に設置される場合に、長期の断水に備えて給水車等による建物外部から受水槽への水の補給が容易となるように補給水ルートを確認する。
- ・給水車から受水槽までの補給水ルートに配管抵抗や高低差による揚程が必要な場合に、常設の揚水ポンプ・給水ポンプを利用できるように仮設配管用バルブを常設ポンプに設けるなどの工夫をする。

4-5 備品・仮設設備

ライフラインが途絶した際に、可搬型発電機や扇風機などの備品や、マンホールトイレなどの仮設設備が有用となる場合もある。

(1) 電力・ガス

【要素技術の例】

●可搬型発電機の用意

- ・発電機設備の燃料切れや不測の停止となった場合の最重要負荷（照明・揚水ポンプ・防災無線等）への対応や、予定外の場所での電源供給が必要になったときへの備えとして、**可搬型低圧発電装置（蓄電池含む）を建物内に用意する。**

※可搬型低圧発電装置には、ガソリン燃料、ガス燃料、カセットこんろ用ボンベなど種類がある。施設の特性によって、種類、容量、台数を選定する。

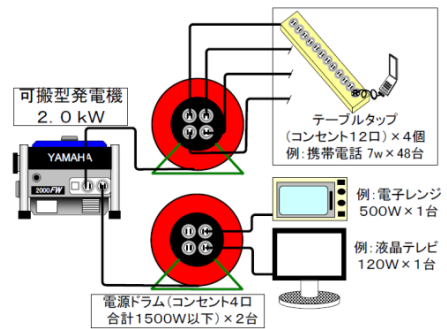


図1-可搬型発電機のイメージ

(2) 排水

【要素技術の例】

●マンホールトイレの設置

- ・下水道管路にあるマンホールの上に簡易な便座やパネルを設けるマンホールトイレを設置し、災害時にトイレ機能を迅速に確保する。

*マンホールトイレは仮設トイレに比べて備蓄が容易であり、発災後、仮設トイレを調達するまでの間、日常使用している水洗トイレに近い環境を確保するのに有用である。



写真2-マンホールトイレの設置例
(国土交通省「マンホールトイレ整備・運用のためのガイドライン」より引用)

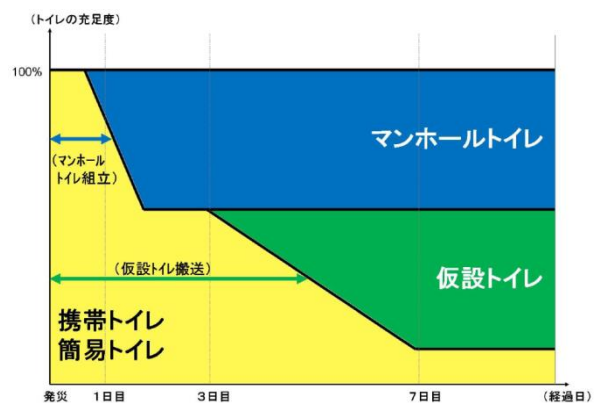


図3-トイレの充足度のイメージ
(国土交通省「マンホールトイレ整備・運用のためのガイドライン」より引用)

(3) 冷暖房

【要素技術の例】

●扇風機、可搬式ヒーターの用意

- ・空調設備が使用不能になった場合に、扇風機や可搬式ヒーターによって最低限の執務環境・居住環境を確保する。

5. 被災状況の見える化

過去の大地震では、建物管理者が建物の被災状況を迅速に把握できず、初動対応が遅れる事例が多く見られた。

地震による建物の被災状況は、通常は構造設計者等の専門家が分析しなければ評価が難しいが、被災状況をリアルタイムに「見える化」することで、地震発生時に即座に建物の被災状況が把握でき、建物管理者は、被災後の避難の要否や建物の継続使用の可否等の判断に役立てることができる。

【要素技術の例】

●構造ヘルスマモニタリングシステムの導入

- ・構造ヘルスマモニタリングシステムでは、建物に設置した地震計から大地震時における建物の揺れや変形量等を迅速に把握して損傷状況を分析することにより、建物の被災状況や耐震安全性に関する情報を提供している。本システムの活用により、建物管理者による安全性の把握、避難対応等に役立てることができる。

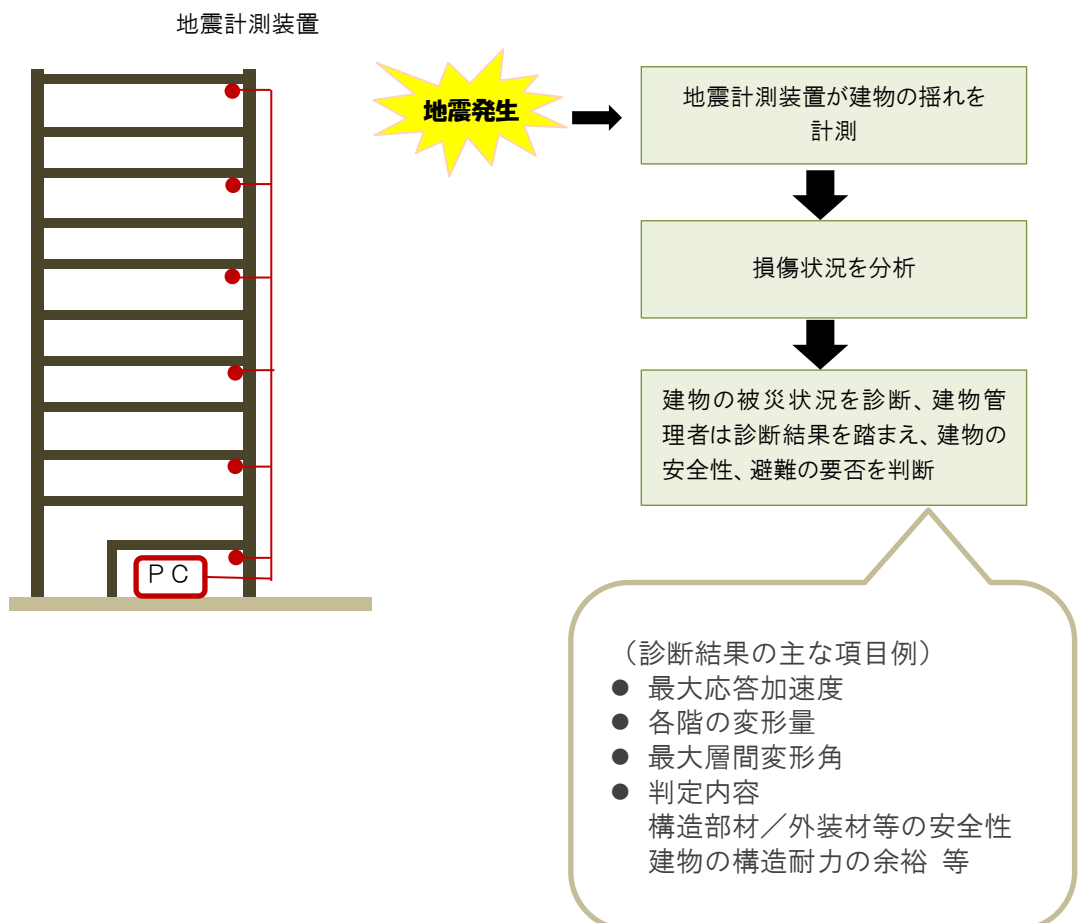


図 1ー構造ヘルスマモニタリングシステムの概要