
**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。

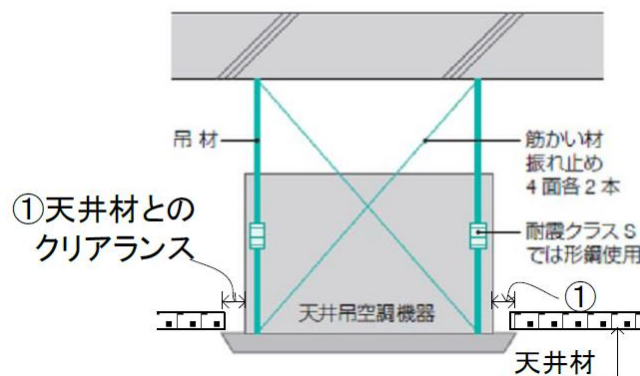
【要素技術の例】

●軽量の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。

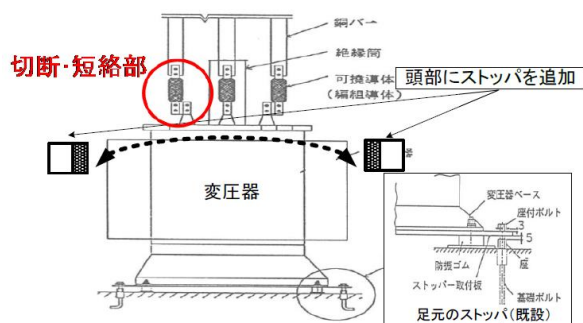


図1-受変電設備の頭部へのストッパー設置の例

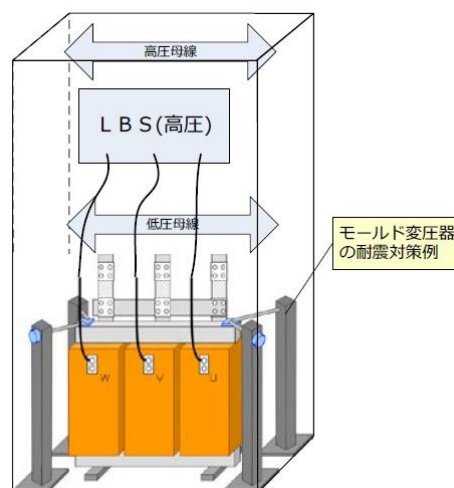


図2-モールド変圧器の耐震対策例

2-3 エレベーター

- 東日本大震災では、主に高層建物でシャフト内ロープ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ロープやテールコード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シャフト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ロープの振れ幅をリアルタイムで推定し、推定した振れ幅に応じた管制運転（ロープ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。

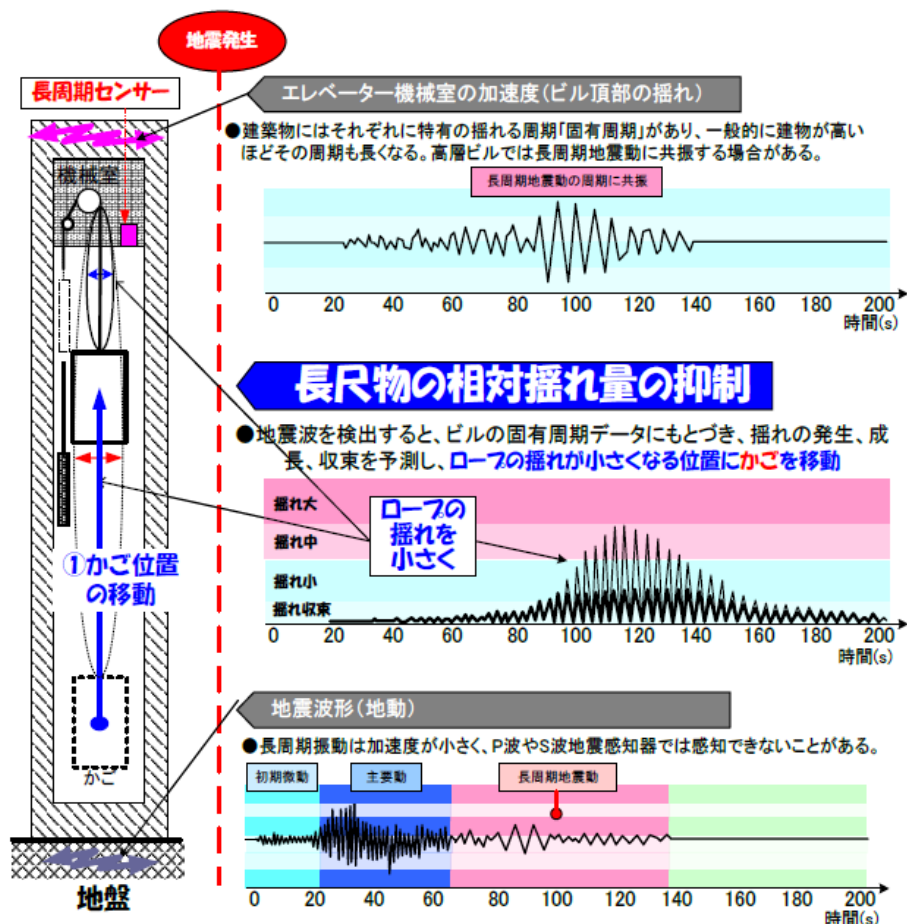


図1-エレベーターの長周期振動対策（長尺物揺れ管制運転）の概要イメージ

【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

- ・発災後速やかに機能継続を図るために、緊急時の運用をプログラム化し現場で簡便に切り替えを可能にするプログラムや仕組みを構築する。
- ・エレベーターの復旧運転プログラムを導入し、地震時管制運転により一旦エレベーターが停止しても、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復旧させる。
- ・エレベーター管理会社と「優先点検・復旧」のための契約等について確認する。

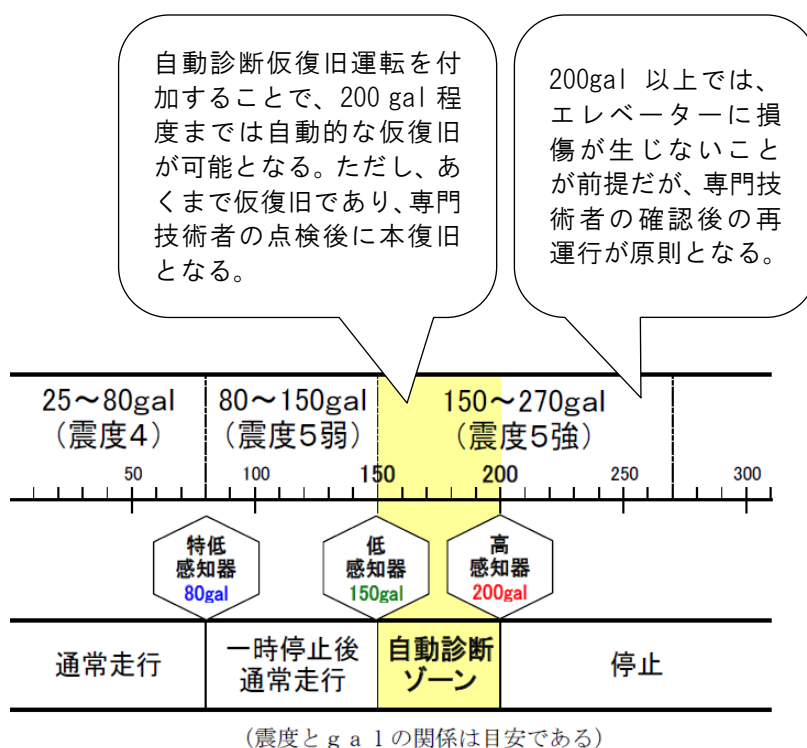


図1-エレベーターの自動診断復旧運転プログラムのイメージ

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。

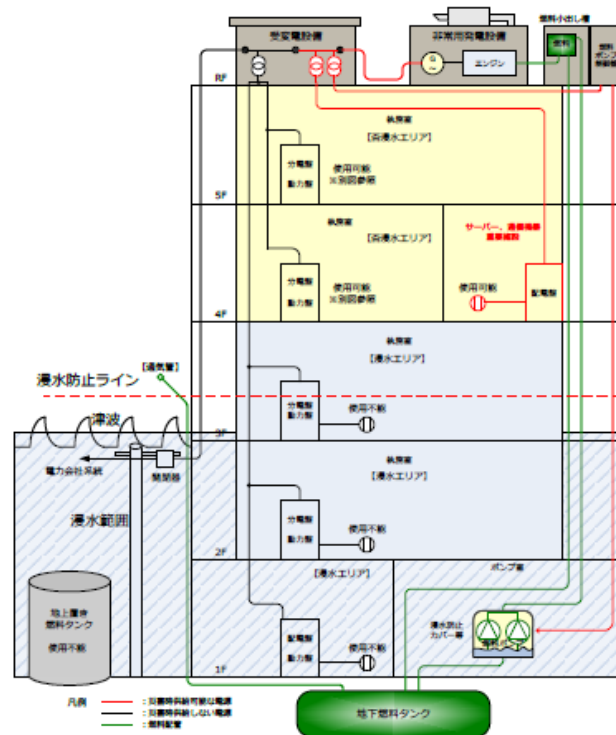


図1ー設備機器の浸水深以上の階への設置例

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。

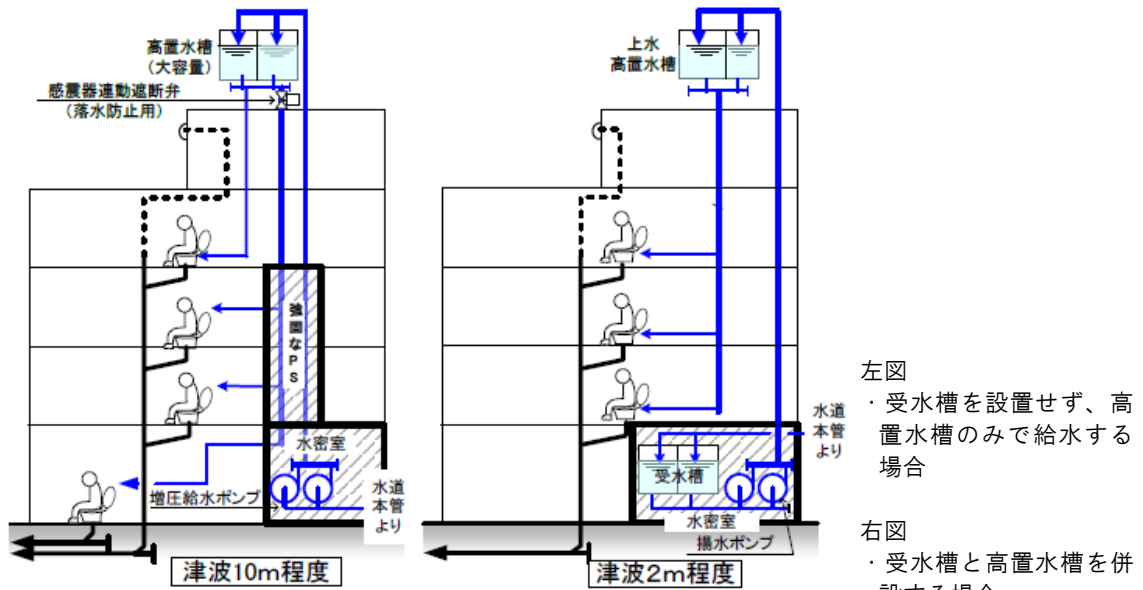


図1ー給排水設備の浸水上下階でのシステム分離とシャフトの保護例

●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)

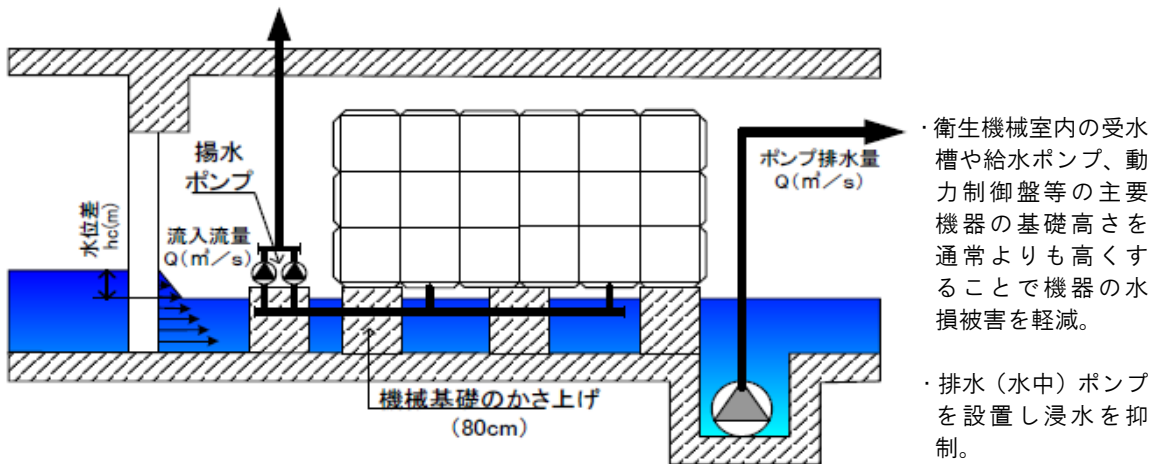


図1-機械室に浸水した水を設定水位以下に抑制する方法例

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

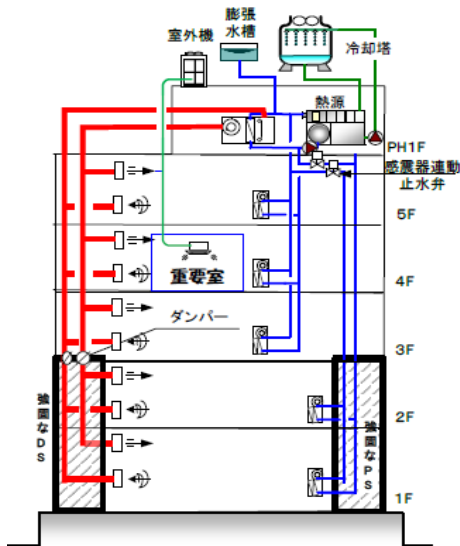
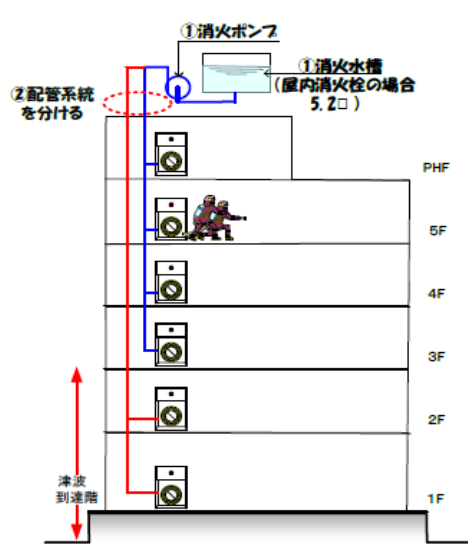
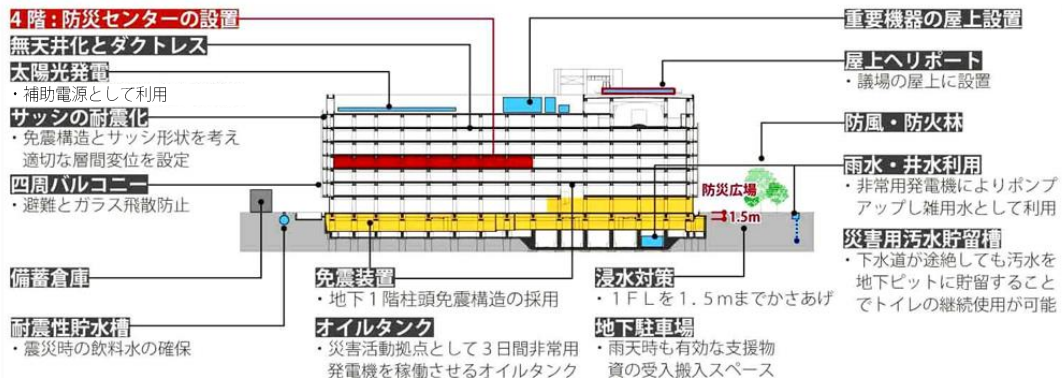


図2-消火水槽や消火ポンプの屋上設置事例



【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。

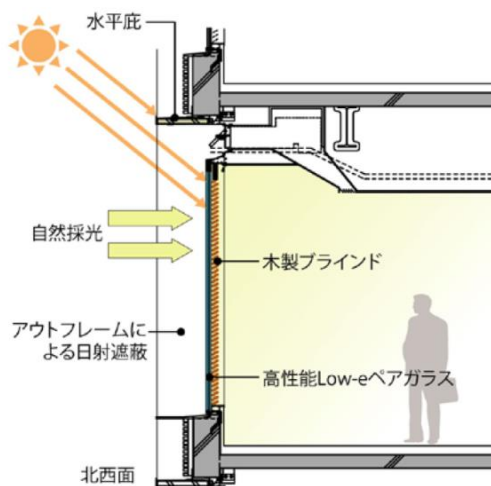


図1-日射遮蔽の外装イメージ

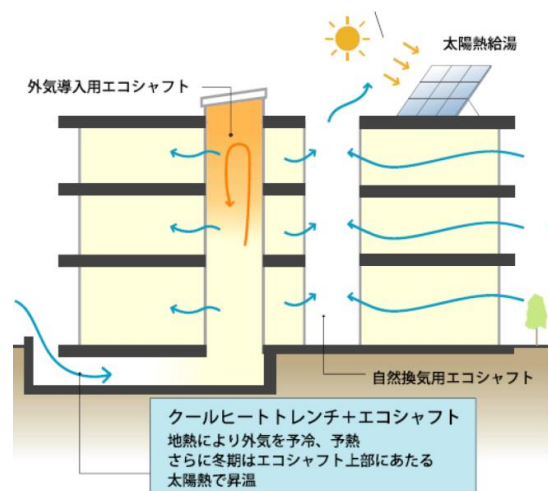
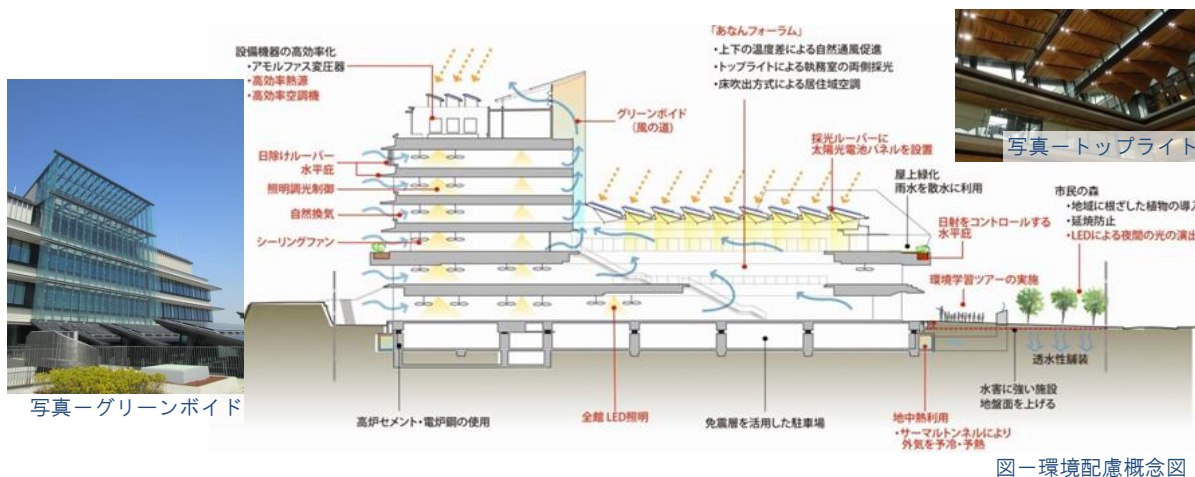


図2-クールヒートトレンチの採用例

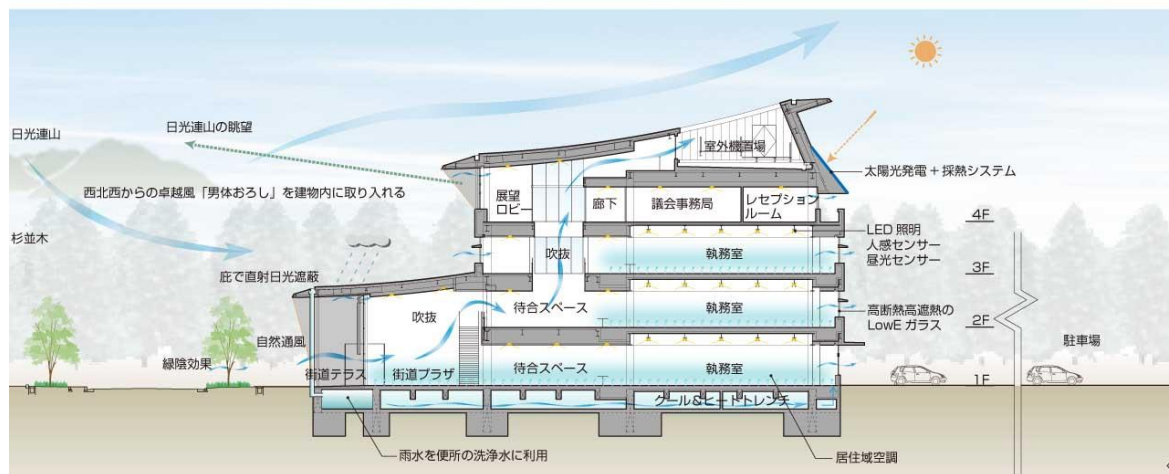
【事例1】阿南市庁舎—自然換気システムの採用

- ・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。



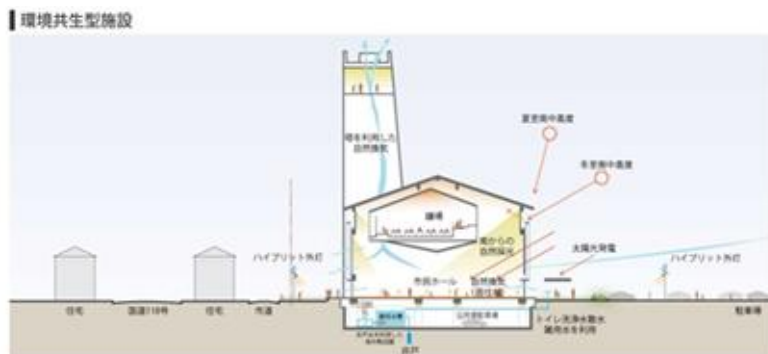
【事例2】日光市庁舎—太陽光発電と太陽熱による採熱の組み合わせ

- ・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)

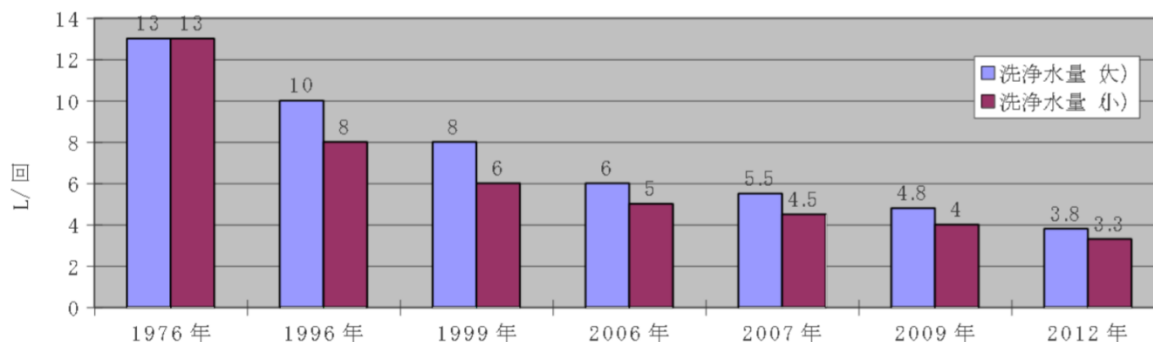


図1ー水洗便器における節水化の現状
(「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」技術資料⑥に掲載の図を一部編集)

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)

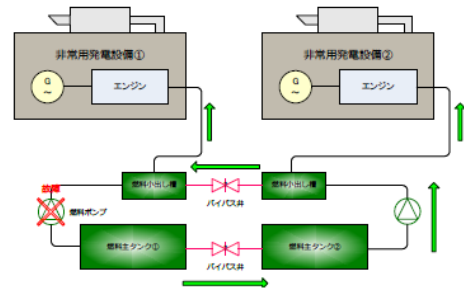


図1-非常用発電・燃料供給施設の二重化のイメージ

●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)

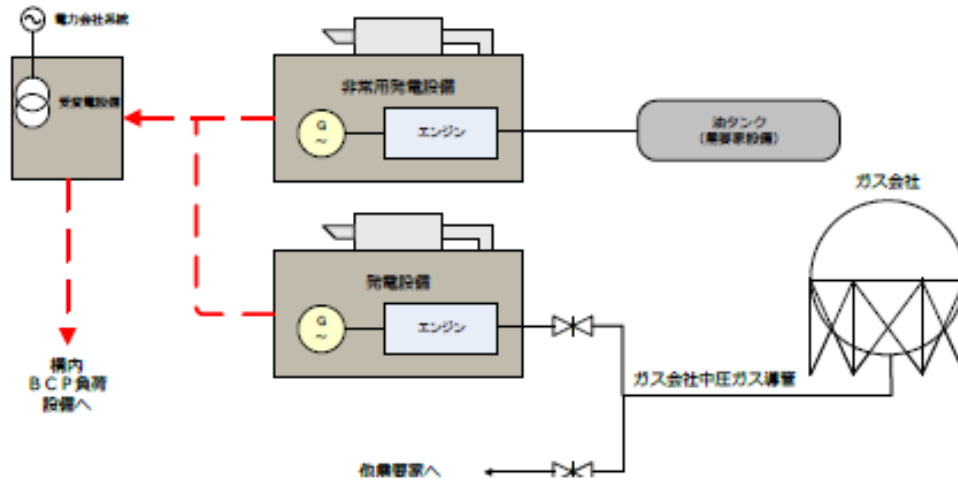


図2-中圧ガス管を用いた非常用発電のイメージ

●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。

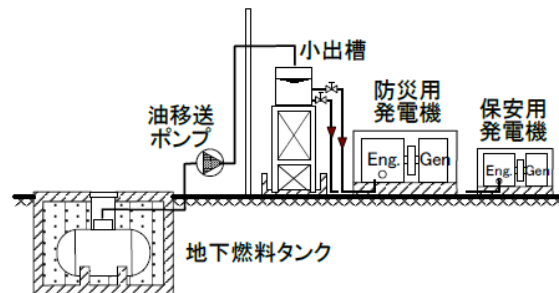
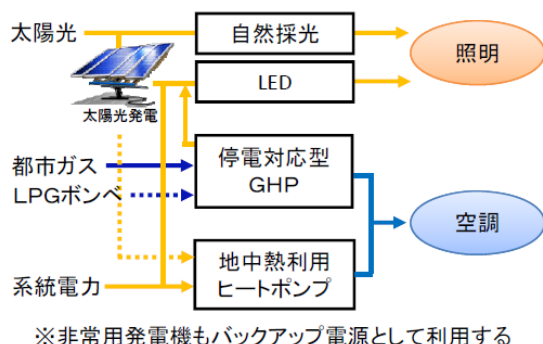


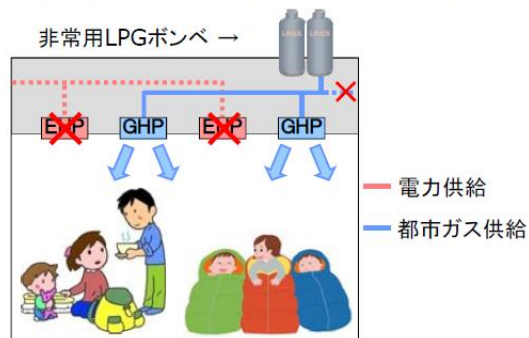
図3-保安負荷用小容量発電機のイメージ

【事例1】愛知学院大学ー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。

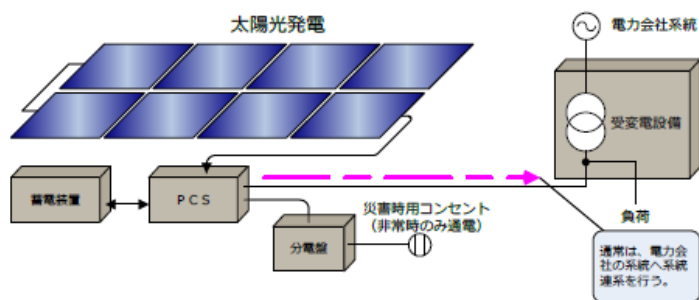


図1ー災害時対応可能な太陽光発電設備構成のイメージ

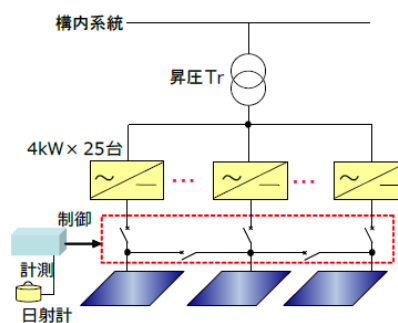


図2ー PCS 分割設置による太陽光発電効率化のイメージ

● 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

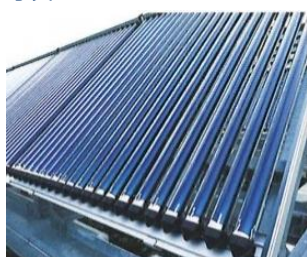
・災害に強いまちづくりをコンセプトとして、中圧ガスを利用した CGS を核に再生可能・未利用エネルギーを最大限に活用し、街全体で省エネを実現し、災害時に強いエネルギーシステムを構築。スマートエネルギーセンターを中心にみなとパーク芝浦や愛育病院等の各施設に熱を供給し、スマートエネルギーネットワークを構築している。現在建設が進んでいるⅡ-2 街区では、各施設へ電力と熱の供給を行うほか、将来的には両街区のスマートエネルギーセンターを連携し、地区全体でさらなる省エネと災害に強いまちづくりを進める計画となっている。



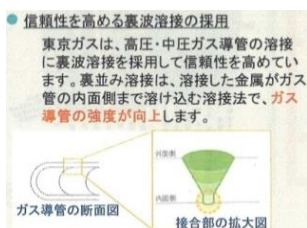
写真－スマートエネルギーセンター外観



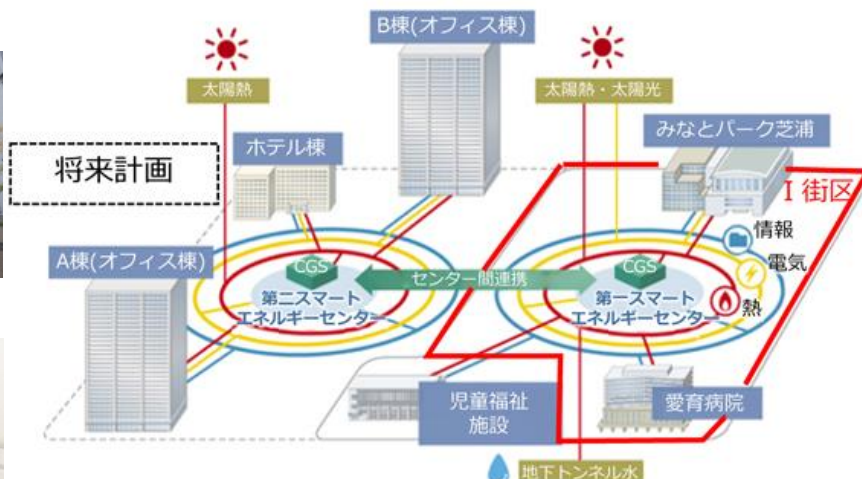
写真－CGS



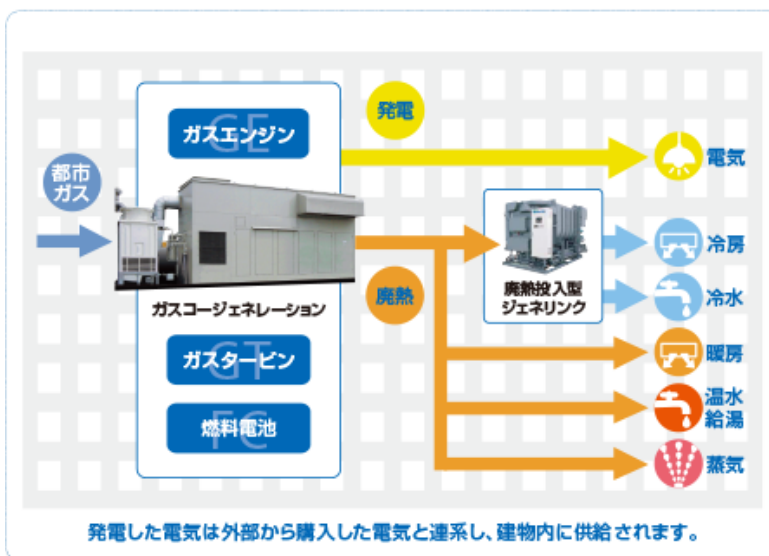
写真－太陽熱集熱器



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)

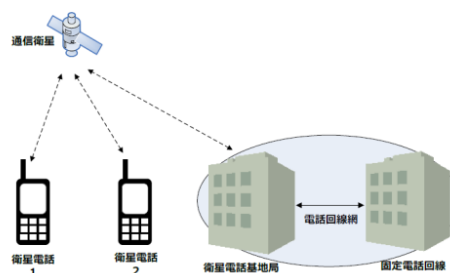


図1—衛星電話を用いた連絡手段

●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。

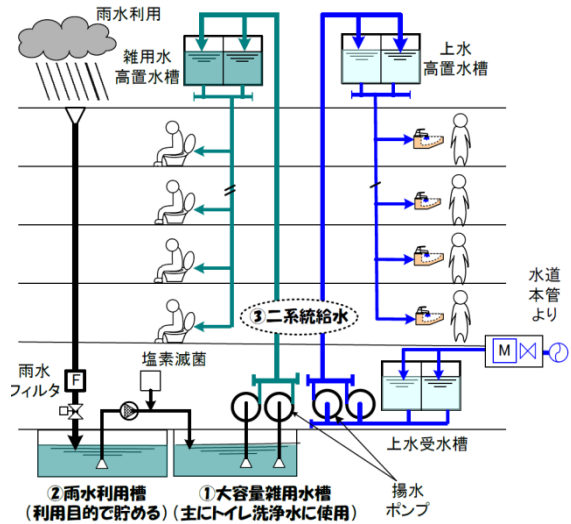


図1-2 系統給水方式のイメージ

【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

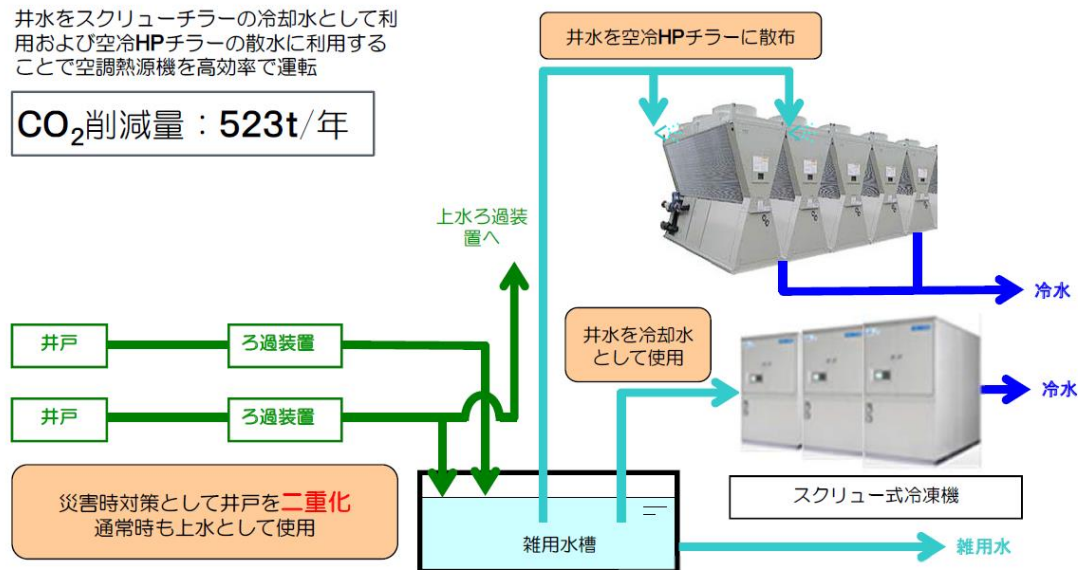
図一 様々な状況を想定した MCP 対応

【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

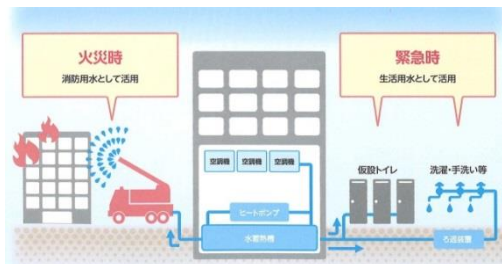
CO₂削減量：523t/年



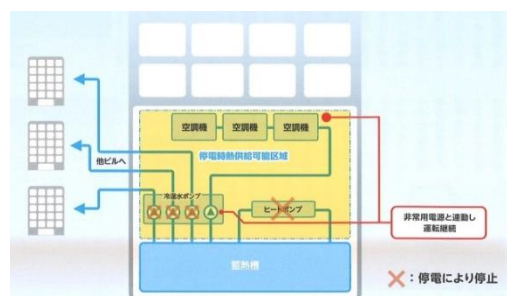
2012年3月13日「第9回住宅・建築物の省CO₂シンポジウム」資料より引用

【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々が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)



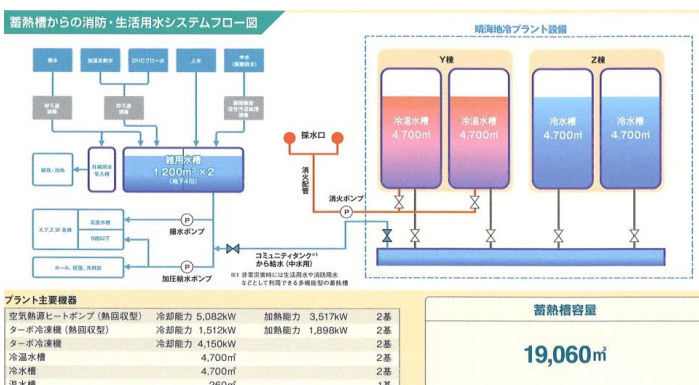
図－蓄熱槽からの熱利用（概念図）



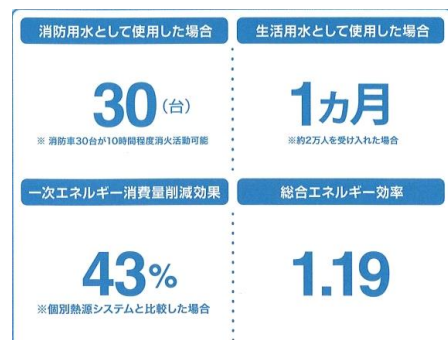
図－蓄熱槽の防災機能（概念図）



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）



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。

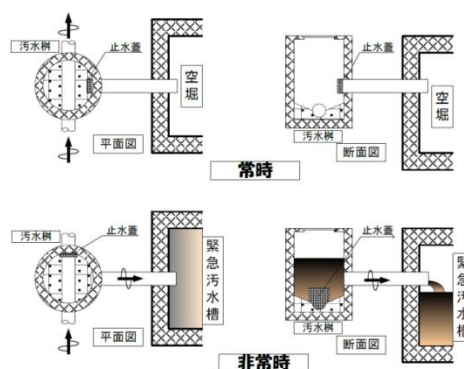


図1-緊急汚水槽を屋外に設けた場合のイメージ

(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に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。

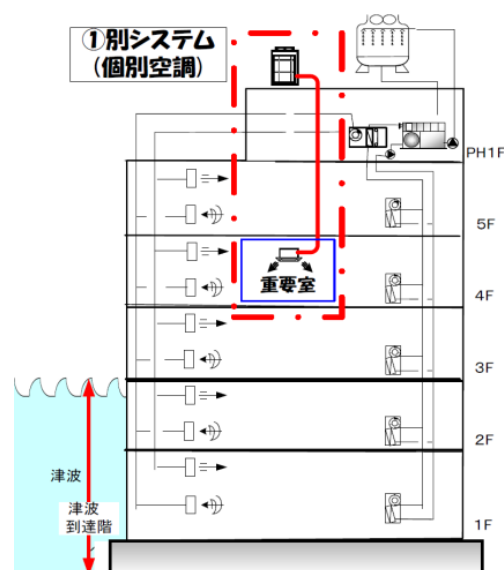


図2-重要室の個別空調化のイメージ

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。

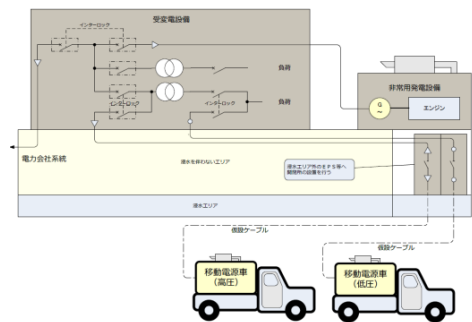


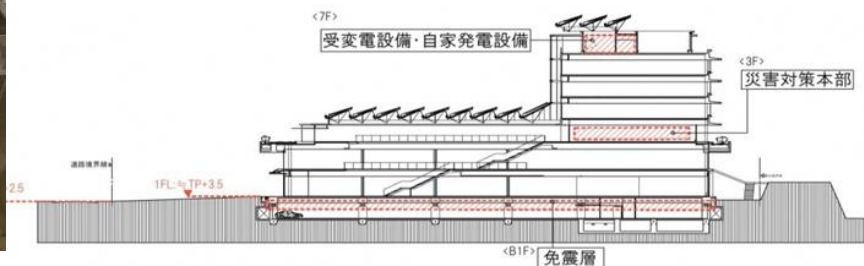
図1ー移動電源車による電源供給のイメージ

【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。

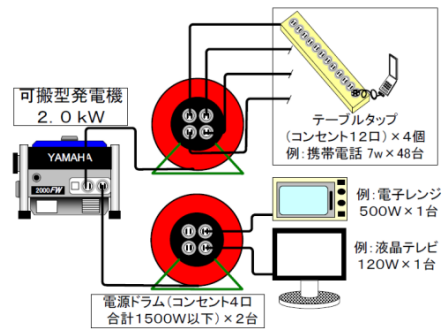


図1-可搬型発電機のイメージ

(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)

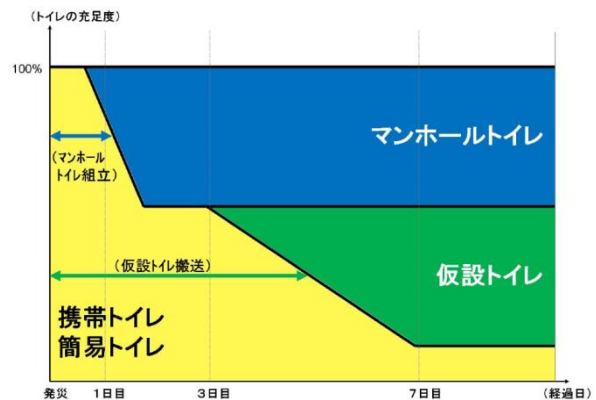


図3-トイレの充足度のイメージ
(国土交通省「マンホールトイレ整備・運用のためのガイドライン」より引用)

(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。

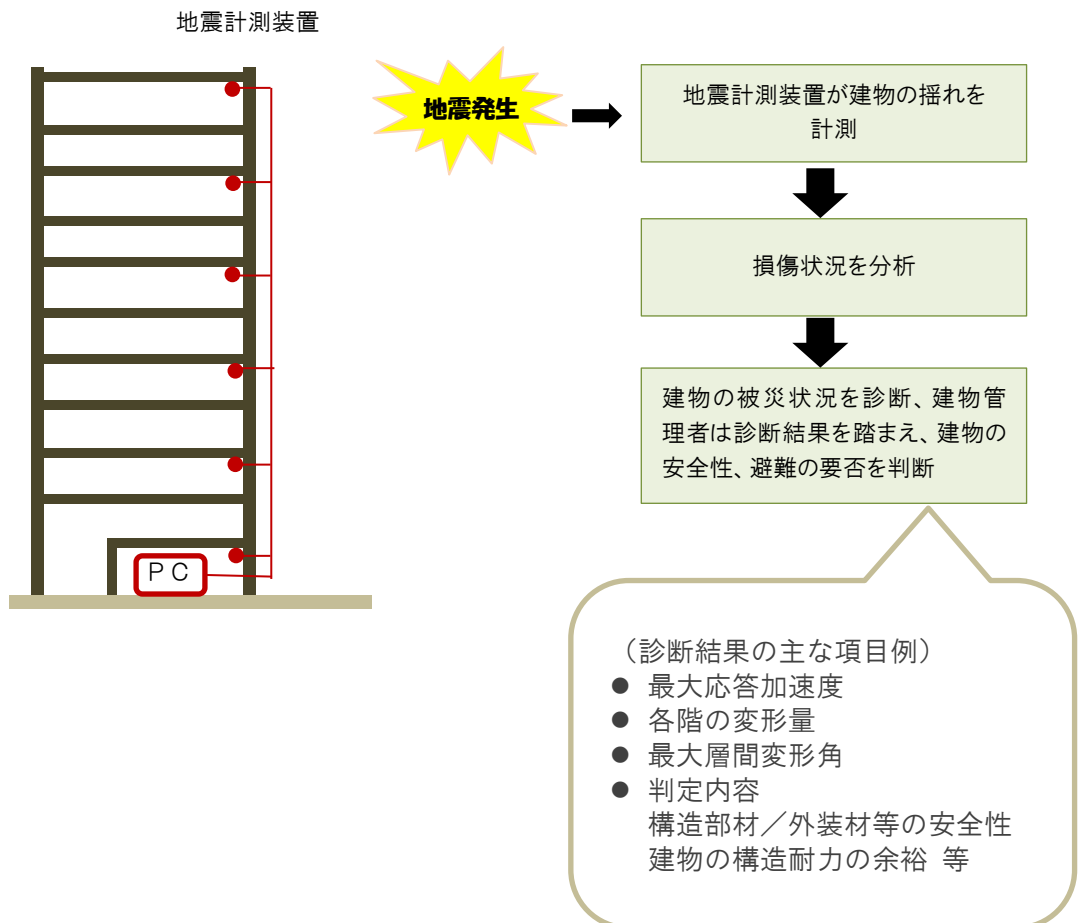


図 1ー構造ヘルスマモニタリングシステムの概要