

ヒートポンプ・蓄熱システムの 事業継続計画(BCP)活用に関する報告書

平成25年6月

一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター

目次

目次	1
はじめに	2
1. 事業継続の取組み	3
1) 事業継続計画の定義	3
2) 事業継続計画(BCP)の策定状況	4
3) 官庁施設における取組	6
4) 震災時におけるライフライン	9
2. 災害時の蓄熱槽活用手法	12
1) 災害時の熱源としての機能 1 (非常時優先業務等への対応)	12
2) 災害時の熱源としての機能 2 (ICT への対応)	13
3) 災害時の水源としての機能 1 (生活用水としての活用)	14
4) 災害時の水源としての機能 2 (消防用水としての活用)	19
5) 災害時の水源としての機能 3 (東京都防災対応指針)	21
6) 災害時の熱源・水源としての機能 (ヒートポンプ給湯システム)	21
3. 蓄熱槽水の生活用水としての利用手法と改修方法	22
1) 雑用水利用の建物 (受水槽+揚水ポンプ+高架水槽方式)	23
2) 雑用水利用の建物 (受水槽+加圧給水ポンプ方式)	23
3) 上水利用の建物	24
4) 手作業による蓄熱槽水利用	24
5) その他の条件時の利用方法	29
4. 蓄熱槽による BCP への対応事例	34
1) 放送局での事例	34
2) 病院での事例	36
3) 事務所ビルでの事例	39
まとめ	40
【参考文献】	41

はじめに

東日本大震災やタイ洪水などの大規模自然災害や、同時多発テロ、インフルエンザのパンデミックといった人為的災害など、多くのリスクが現代社会を取り巻いている。これらの災害で企業活動が滞ることによる影響は、単一企業だけに留まらず、連鎖的に地域の経済や雇用、さらには、国内外へと波及しかねない。本調査では、リスクマネジメントの一手法として、非常災害時における避難生活での生活用水や消防水利として有効な資源となり得ることが期待できる多量の冷水・温水を保有するヒートポンプ・蓄熱システムに着目した。そして、非常災害時においてヒートポンプ・蓄熱システムに求められる役割を、東日本大震災等を踏まえた分析調査を行うものである。

1. 事業継続の取組み

1) 事業継続計画の定義

企業は災害や事故で被害を受けても、取引先などの利害関係者から、重要業務が中断しないこと、中断しても可能な限り短い時間で再開することを望んでいる。また、事業継続は、重要業務中断に伴う顧客の他社への流出、マーケットシェアの低下、企業評価の低下などから企業自体を守る経営レベルの戦略的課題と位置づけられる。¹⁾

この事業継続を追求する計画を「事業継続計画」(BCP: Business Continuity Plan)と呼び、内容としては、バックアップシステムやオフィスの確保、即応した要員の確保、迅速な安否確認などがその典型である。

事業継続の取組みが有効に働くビジネスリスクには、大きく分けて、突発的に被害が発生するもの(地震、水害、テロなど)と段階的かつ長期間に渡り被害が継続するもの(新型インフルエンザを含む感染症、水不足、電力不足など)があり、事業継続の対策は、この双方のリスクの性格から違ってくるものと考えられる。

2) 事業継続計画(BCP)の策定状況

国内企業の事業継続に係る取組の実態に関する内閣府の平成 21 年度調査結果から、大企業、中堅企業別の事業継続計画(BCP)の策定状況を図 1.1 に示す。

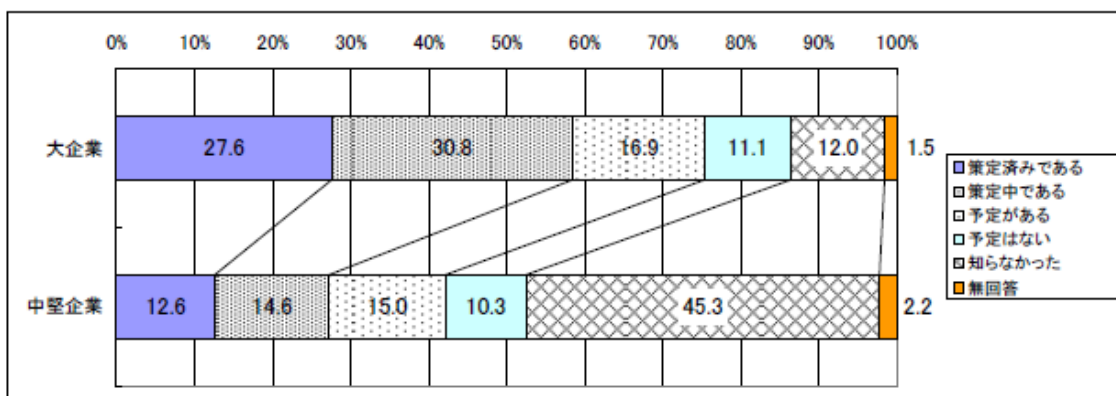
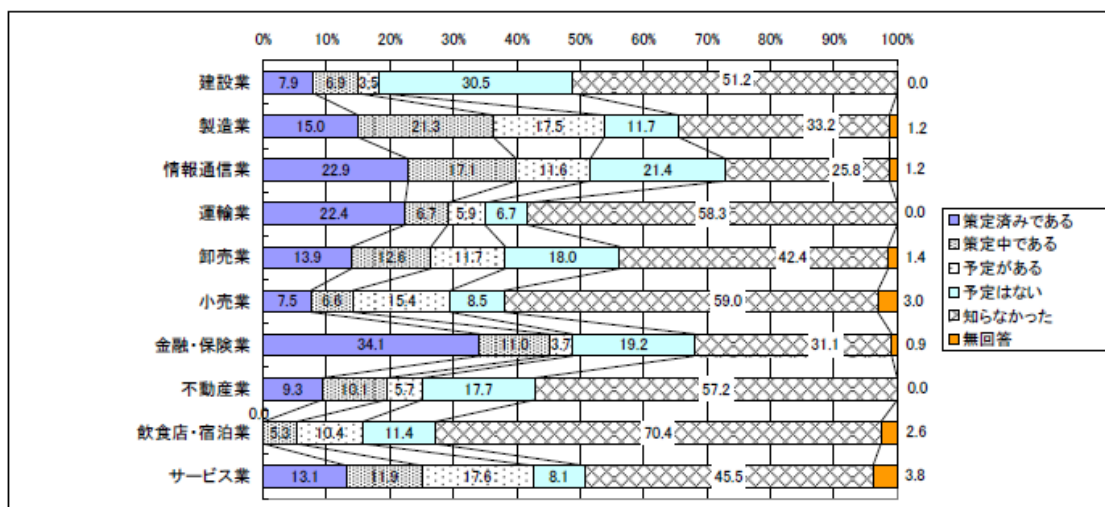


図 1.1 企業規模別事業継続計画(BCP)の策定状況²⁾

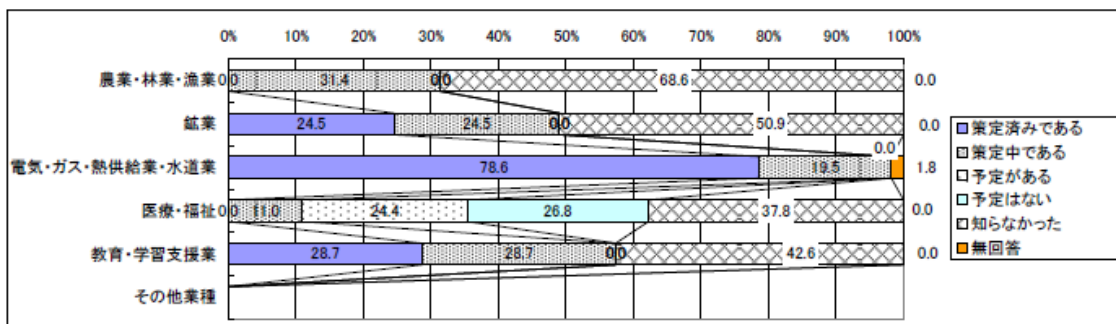
大企業では、28%が「策定済み」であり、「策定中」(31%)を加えると 6 割弱が BCP を策定していた。これに対し、中堅企業では、「策定済み」が 13%で、「策定中」(15%)を加えても、3 割弱の水準にとどまっている実態が明らかになった。

次に、調査結果を業種別に整理したものを図 1.2 に示す。



【単数回答、n=983、対象：建設業、製造業、情報通信業、運輸業、卸売業、小売業、金融・保険業、不動産業、飲食店・宿泊業、サービス業に該当する企業】

(参考)

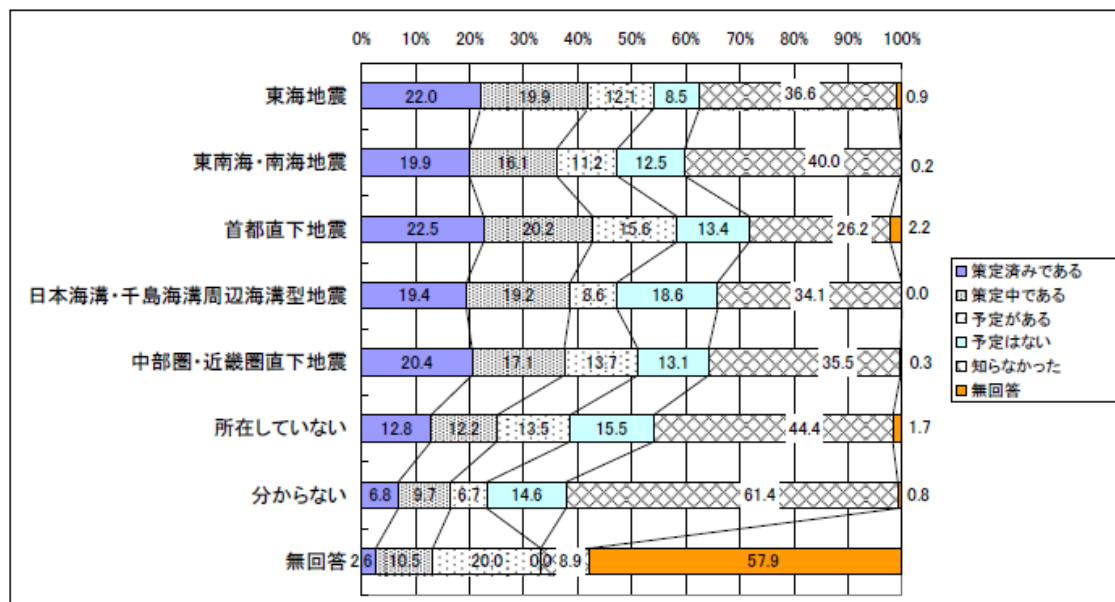


【単数回答、n=35、対象：農業・林業・漁業、鉱業、電気・ガス・熱供給業・水道業、医療・福祉、教育・学習支援業、その他業種に該当する企業】

図 1.2 業種別事業継続計画(BCP)の策定状況²⁾

金融・保険業では、BCPの策定率は34%と高く、次いで、情報通信業の策定率が23%であった。また、策定率が低い業種は、飲食店・宿泊業(0%)、小売業(8%)、建設業(8%)であった。

企業の本社等が地震防災活動対策強化・推進地域等のどの地域に所在しているかで、地域別に事業継続計画(BCP)の策定状況を調査した結果を図 1.3 に示す。



【単数回答、n=1,018、対象：全企業】

図 1.3 地域別事業継続計画(BCP)の策定状況²⁾

BCP 策定率は、東海地震に係る地域では 22% (「策定中」を含めると 42%)、東南海・南海地震に係る地域では 20% (同 36%)、首都直下地震に係る地域では 23% (同 43%)、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地域では 19% (同 38%)、中部圏・近畿圏直下地震に係る地域では 20% (同 38%) であった。一方で、地震防災対策強化・推進地域等に指定されている地域に「所在していない」と回答した企業の BCP 策定率は 13% (同 25%) であり、地震防災活動対策強化・推進地域等に所在している企業との間に差が見られた。

3) 官庁施設における取組

官庁施設の取組については、「業務継続のための官庁施設の機能確保に関する指針」において、非常時優先業務*を行う官庁施設の目標とする耐震安全性と機能を下表のように定められている。

表 1.1 非常時優先業務を行う官庁施設の目標³⁾

ア	耐震安全性	非常時優先業務に必要な機能を維持するために必要となる耐震安全性が確保されていないとしない。
イ	基幹設備機能	非常時優先業務を行うための活動支援空間及び執務空間における機能を維持するために、必要となる電力、通信・情報、給水・排水、空調、監視制御、エレベーター等に係る基幹設備機能が確保されていないとしない。
ウ	活動支援空間における機能	非常時優先業務を行うために、必要とする移動機能、物品の保管機能等、必要となる活動支援空間における機能が確保されていないとしない。
エ	執務空間における機能	非常時優先業務を行うために、必要とする明るさ、空気環境等、必要となる執務空間における機能が確保されていないとしない。

*災害応急対策業務：通常業務のうち業務継続の優先度が高い業務等を言う。

特に、基幹設備機能については、それぞれの機能を相当期間維持する必要がある、表 1.2 のような項目に留意する必要がある。

表 1.2 基幹設備機能の留意事項³⁾

電力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商用電源引込系統の多重化の検討 ・ 非常用発電設備並びに電源車に係る諸条件への配慮 ・ 必要な業務継続の水準に応じた非常用発電設備の容量、連続運転可能時間及び燃料備蓄量の決定 ・ 電力供給に係る設備の信頼性の向上
通信・情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 公衆通信網の途絶及び輻輳対策への配慮 ・ 通信・連絡網の信頼性の向上 ※必要機器への非常電源の供給 ※サーバ室等の発熱を処理するための空調の確保
給水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必要とされる飲料水及び雑用水を相当期間分確保 ・ 水源の多様化等、バックアップ可能な装置 ・ 飲料水の水質確保のための措置 ・ 信頼性が高く、早期復旧が容易な給水システムの構築 ・ 2次被害の防止、耐震性能の確保
排水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必要最低限の排水系統の確保 ・ 敷地外放流不能の場合でも相当期間の排水機能の確保 ・ 耐震性能の確保
空調	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発災後の対象室への熱供給の必要性の十分な検討 ・ ライフライン復旧までの相当期間に必要な熱源エネルギーの確保 ・ 空調設備の重要性が高い場合、ライフラインの途絶に対し、熱源の確保が容易な計画 ・ 特に空調設備の重要度が高い室の熱源用エネルギーは発災後、直ちに安定供給可能な計画 ・ 耐震性能の確保
監視制御	<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害応急対策活動に最低限必要な設備の運転監視可能状態の確保 ・ 耐震性能の確保
エレベーター	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人命に対する安全確保、早期復旧性の確保 ・ 十分な耐震性能の確保

また、非常電源については、非常時優先業務の内容に応じた設備機器の稼働に必要な容量を確保する必要がある。表 1.3 に一般的な事務庁舎における考え方を示す。

表 1.3 発電機負荷の考え方(一般的な事務庁舎)⁴⁾

負荷の用途	負荷の種類	負荷の内容	甲類	乙類
停電時に保安上、業務上、建物管理上必要な負荷等	照明	活動拠点室及び活動支援室：全灯数 活動通路：全灯数の 1/2	○	—
		一般事務室：1 スパン 1 灯以上 一般諸室：全灯数の 1/2～1/3 外来待合室、受付カウンター等：全灯数の 1/1～1/2 一般廊下：全灯数の 1/2～1/3 階段：全灯数	○	△
	通信、連絡用機器	通信、連絡用機器等活動拠点業務に必要なもの	○	—
		電話、公衆電話、ファクシミリ、拡声、電気時計親機、テレビ共同受信(受像機用を含む。)、インターホン親機等	○	△
	情報処理装置	業務の継続に必要なもの	○	△
	空調関連機器	活動拠点室及び活動支援室のうち必要なもの	○	—
		無窓の居室、厨房、湯沸室の給気・排気ファンの全数	○	△
	給水・排水ポンプ	全数(浄化槽を含む。)	○	△
	厨房機器	冷蔵庫、冷凍庫等必要なもの(なお、被災者への炊き出し電源が必要となる場合は別に加える。)	○	△
	コンセント	業務の継続に必要なもの	○	△
エレベーター	各バンクのうち 1 台	○	△	
監視制御装置	中央処理装置、伝送装置等必要なもの(UPS を含む。)	○	△	
防災用負荷	非常用エレベーター	全数	○	○
	消火ポンプ、排煙ファン	全数	○	○
	非常用照明、誘導灯	全数	○	○
	自動火災報知装置 非常放送装置	全数(防排煙連動制御装置、シャッター等防災機器を含む。)	○	○
	直流電源装置	全数	○	○
発電機運転に必要な負荷	発電機室給排気ファン	全数	○	○
	発電機用補機	全数(燃料移送ポンプを含む。)	○	○

備考 ○印：発電機負荷とすべきもの

△印：建物管理上、保安・防犯上、最低限の業務継続性等を検討して発電機負荷とするもの

—印：一般に該当しないもの

注：表中、甲類は、災害対策基本法で規定する指定行政機関や病院などの官庁施設が該当し、大地震後の人命の安全確保及び二次災害の防止が図られており、大きな補修をすることなく、必要な設備機能を相当期間継続できることを目標としている。乙類は、学校や研修施設などの官庁施設であり、大地震後の人命の安全確保及び二次災害の防止が図られていることを目標としている。⁵⁾

4) 震災時におけるライフライン

過去の大規模震災においては電力、水道、都市ガスなどのライフラインが遮断され、復旧までに相当な時間を要し、その間、都市機能に障害が発生した。ライフライン復旧率の時系列推移のデータとして、東日本大震災(2011年)の宮城県内の事例を図1.4～図1.6に示す。

電力については、東北電力管内(岩手、宮城、福島、山形、青森、秋田)の3月11日の停電戸数は約433万戸(津波による家屋流出地域、原発立入制限区域を除く)であり、うち、宮城県内は約133万戸であった。復電率は図1.4に示すように同県内で3日以内に約50%、1週間で約90%となった。

水道に関しては、同県内における水道供給停止戸数が3月16日で約42万戸(津波による流出家屋除く)であったが、17日間で約50%、4月初めには90%近い復旧に至った(4月7日の余震により再び復旧率は一時的に低下)。

都市ガスでは、仙台市ガス局管内での中圧導管の被害はなかったが、低圧導管は167箇所被害を受けた。また、ガス製造供給設備である港工場が津波で甚大な被害を被ったため、LNGからのガス製造ができない事態に陥った。3月14日の供給停止戸数は約39万戸(津波による流出家屋除く)で、その後の復旧作業と被害の少なかった新潟からの天然ガスパイプラインによる供給により、1ヶ月後に約80%が復旧した。港工場は2012年3月に本復旧した。⁶⁾

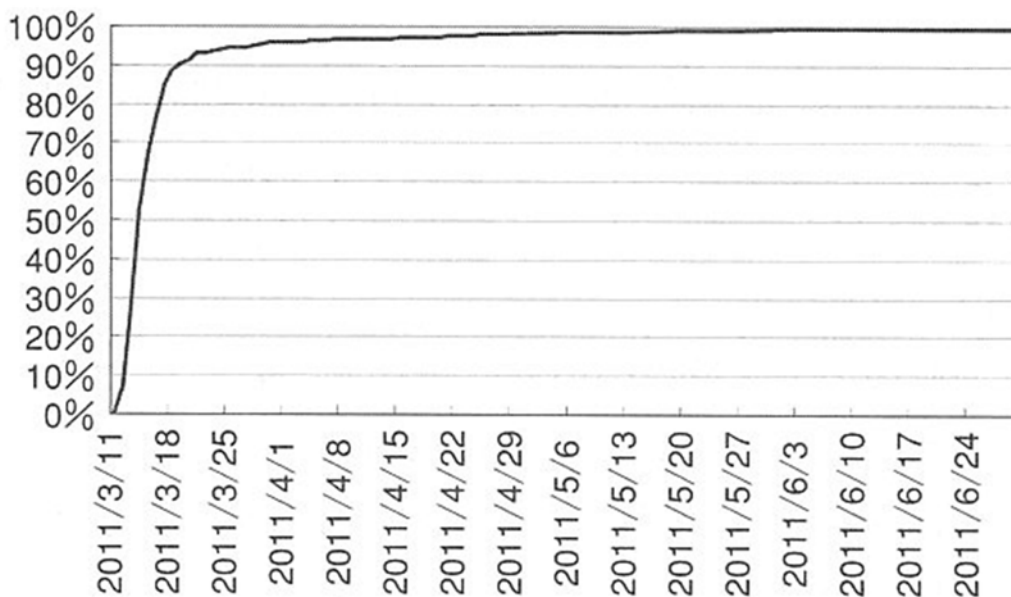


図1.4 東日本大震災における電力復旧率の推移(宮城)⁷⁾

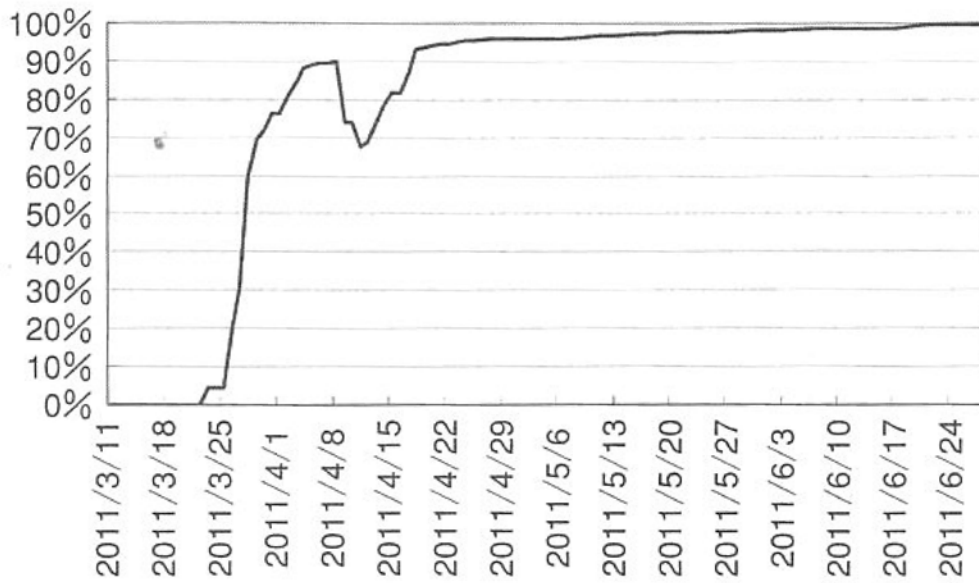


図 1.5 東日本大震災における水道復旧率の推移(宮城)⁷⁾

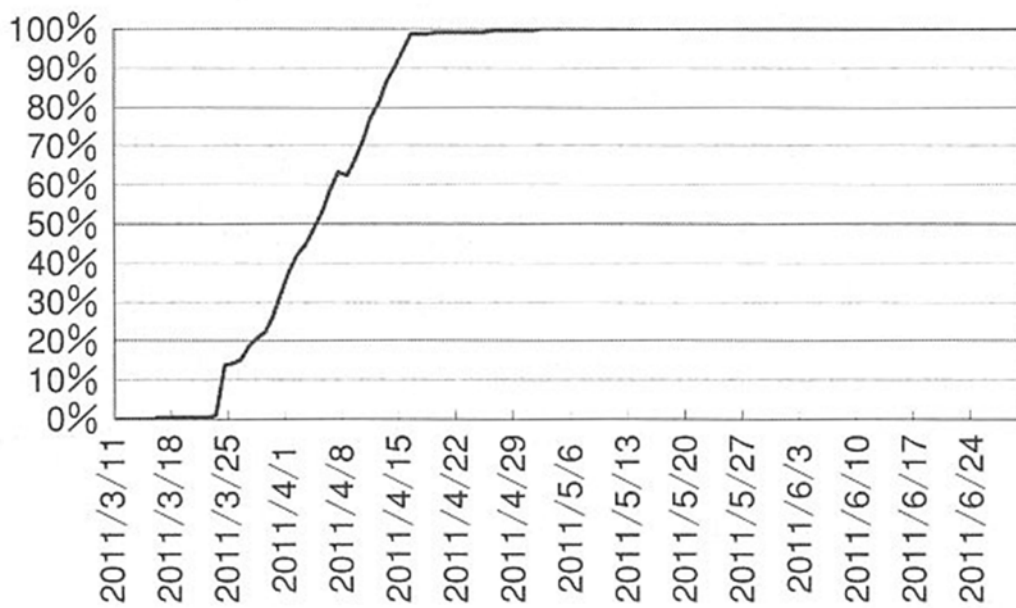


図 1.6 東日本大震災における都市ガス復旧率の推移(宮城)⁷⁾

表 1.4 に、阪神・淡路大震災および新潟県中越沖地震におけるライフラインの復旧日数を示す。地震や災害の規模により復旧日数には差異が生じるが、概ね電力で2日～1週間程度、水道および都市ガスで1～3ヶ月程度を要したことがわかる。

表 1.4 阪神・淡路大震災および新潟県中越沖地震におけるライフライン復旧日数 ⁸⁾⁹⁾

	阪神・淡路大震災 1995年1月17日	新潟県中越沖地震 2007年7月16日
電力	6日	2日
水道	91日(仮復旧42日)	19日
都市ガス	85日	42日

このように、大規模災害により、ライフラインが相当期間遮断されることが容易に想定される。特に、水道に関しては大規模地震時では、避難生活のための必要水量が絶対的に不足し、また長期化する。したがって、こうした非常時の膨大な水需要に対応するため、多様な供給手段を確保する必要がある。さらに、臨海部・埋立地・造成地などの地盤の弱い地域では被害が大きくなることが推測されるため、BCP策定に際しては、ライフラインの途絶に対する対策を十分検討する必要がある。

2. 災害時の蓄熱槽活用手法

1) 災害時の熱源としての機能1（非常時優先業務等への対応）

蓄熱槽を有する施設では、大規模災害等による電力やガスなどのライフラインの途絶時に、槽内の冷水や水、温水を利用して、非常時優先業務等に必要な冷房、暖房機能を維持することが可能である。

非常時優先業務等を行う室を限定して、非常用発電機により冷水ポンプ、温水ポンプ、空調機などの2次側システムを運転することで、蓄熱槽に蓄えられた熱を利用した冷房、暖房運転が可能となる。この場合、熱源機を運転する必要がないので、非常用発電機の容量を小さくすることが可能である。さらに、非常時優先業務を継続する必要がある場合は、非常用発電機により熱源機を運転する必要がある。

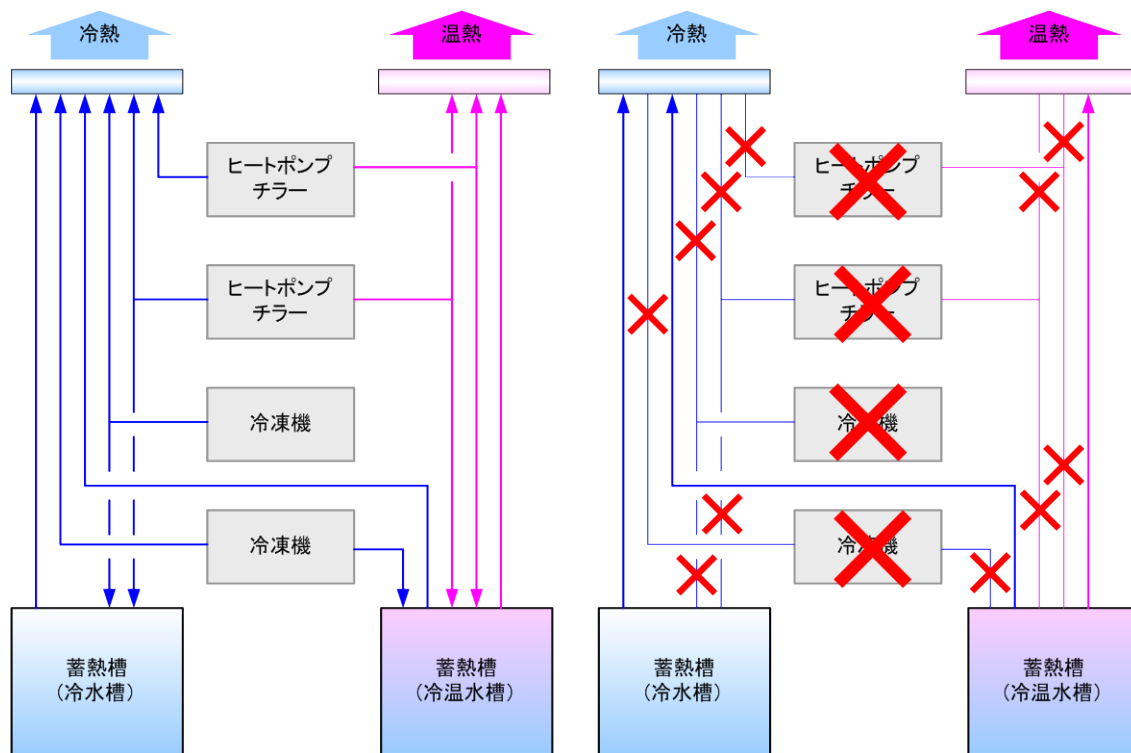


図 2.1 停電発生時の熱源運転(左：平常時、右：ライフライン途絶時)

2) 災害時の熱源としての機能 2 (ICT への対応)

情報通信技術（以降、ICT）への依存率が高い現代社会では、災害や事故が発生した場合にも、ICT 機器を可能な限り継続運転させ、業務への影響を最小限に食い止める必要がある。

例えば、サーバー室においては、無停電電源装置や非常用発電機による停電への対応措置が図られているケースが多いが、サーバー本体やサーバー室の状態によっては空調も停止することができない。さらに、一旦、空調を停止すると再起動までに時間を要するため、その間、サーバー室の室温が上昇し続ける事態に陥ってしまう。このため、空調設備にも無停電電源装置を設置することも考えられるが、電源容量が大きく、設置費用が高くなるため¹⁰現実的でない。

施設に冷水槽が設置されていれば、冷凍機を運転しなくてもポンプの起動のみで、冷水槽からの冷水供給による迅速な対応が可能となり、室温上昇を最小限に抑えることが可能となる。この際、冷凍機が起動するまでの間、サーバー室を冷却可能な水量を確保する必要はある。

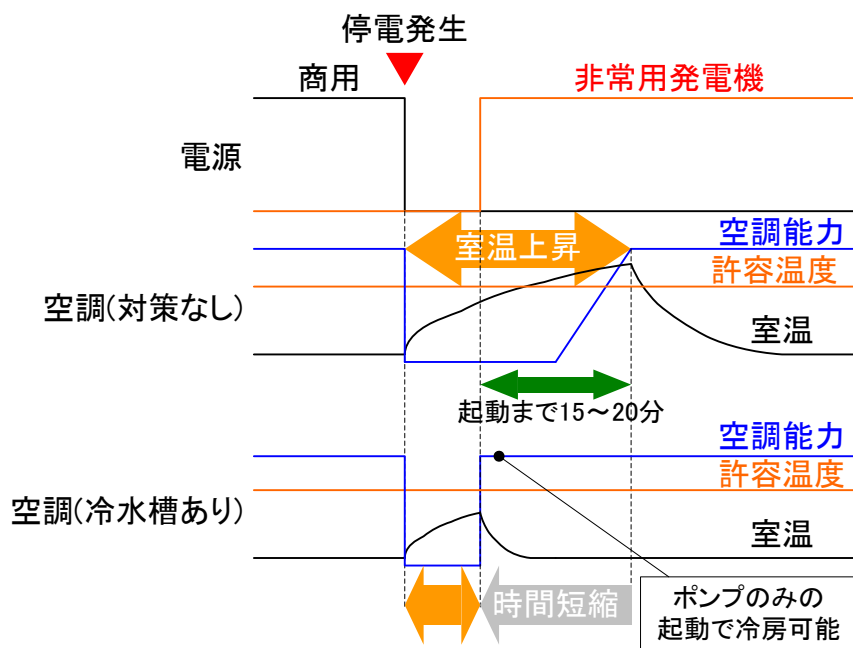


図 2.2 停電発生時のサーバー室の空調状態

3) 災害時の水源としての機能1 (生活用水としての活用)

蓄熱槽に用いられる水は、ほとんどが水道水であり、一部は井戸水を使用している事例もあるが、最近はごくまれである。表 2.1 に東京都内 4 箇所で 1998 年に実施された蓄熱槽内の水およびそれをろ過・滅菌(孔径 $0.2\mu\text{m}$ の膜ろ過の後、塩素滅菌を実施)した後の水の水質検査結果を示す。

表 2.1 で分かるように、ろ過消毒前は一般細菌が水道水基準値を超えているものの、その他では水道水基準値を下回っている項目ばかりである。そのため、ろ過消毒後は全ての項目で水道水基準値を下回っている。蓄熱槽水の水質が良好である証しである。A 建物～C 建物については、水替えから 1 年以内、D 建物が 5 年を経過していたが、経過日数による大きな差は見られない。

蓄熱槽は、一般に建物の最下階にありコンクリート製であるため、災害時には汚染される可能性があること、空調設備の保全のために、防錆剤などの薬剤が添加されていることが想定されが、ろ過装置、滅菌装置の設置で、蓄熱槽水のろ過消毒を行った水は手洗いにも使用できる水質となる。

ろ過装置は繊維系のフィルターカートリッジを主体として推奨するが、フィルターの除去可能なミクロンの設定により、価格を抑制することも可能である。

また、1 ミクロンの除去可能フィルターや活性炭などの併用により、飲用に近い水質も可能となる。ろ過装置の種別について表 2.2 に示す。

これらのことから、蓄熱槽内の水の利用は、トイレの洗浄水やろ過・滅菌を行った上での手洗い程度の生活用水に留め、飲用は避けるべきと判断される。¹¹⁾

氷蓄熱槽の場合、蓄熱槽内の氷および水の体積の合計に対する氷の体積の割合である IPF(氷充填率)は、スタティック型の場合、外融式が 10～60%、内融式が 90～95%、ダイナミック型が 30～60%である。内融式を除けば、蓄熱完了状態であっても、氷蓄熱槽と同様に槽容量の 4 割以上の水を利用することが可能である。

表 2.1 蓄熱槽水の水質検査結果¹¹⁾

検査項目	水道水基準値	採水状況							
		A 建物		B 建物		C 建物		D 建物	
		ろ過消毒前	ろ過消毒後	ろ過消毒前	ろ過消毒後	ろ過消毒前	ろ過消毒後	ろ過消毒前	ろ過消毒後
一般細菌	100個/ml以下	98	0	270	0	95	0	311	0
大腸菌群	検出されないこと	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
硝酸性窒素および亜硝酸性窒素	10mg/l以下	2.0	2.0	1.3	1.3	1.4	1.4	2.1	1.9
塩素イオン	200mg/l以下	20	21	15	15	9	9	19	19
有機物等	10mg/l以下	1.3	1.4	1.7	1.0未満	1.0未満	1.0未満	2.4	1.9
pH値	5.8～8.6	7.9	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	8.2	8.3
味	異常でない	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
臭気	異常でない	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
色度	5度以下	5.0	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	4.0	3.0
濁度	2度以下	1.1	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満
鉛	0.05mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
亜鉛	1.0mg/l以下	0.03	0.03	0.12	0.08	0.09	0.08	0.04	0.03
鉄	0.3mg/l以下	0.22	0.03	0.01未満	0.18	0.01未満	0.01未満	0.09	0.04
銅	1.0mg/l以下	0.04	0.02	0.09	0.10	0.06	0.06	0.02	0.23
蒸発残留物	500mg/l以下	194	192	152	136	131	141	266	260
フェノール類	0.005mg/l以下	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満
カドミウム	0.01mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
水銀	0.0005mg/l以下	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満
ヒ素	0.01mg/l以下	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満
六価クロム	0.05mg/l以下	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満
シアン	0.01mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
フッ素	0.8mg/l以下	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満
マンガン	0.05mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.003	0.01	0.04	0.01	0.01未満	0.01未満
カルシウム・マグネシウム	300mg/l以下	76	73	64	62	68	68	54	53
陰イオン界面活性剤	0.2mg/l以下	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満
有機りん	検出されないこと	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
水替えからの月数		10		6		5		60	
槽容量 [m ³]		440		500		450		550	

(注) 網かけ部分は、水道水質基準を超えている。

表 2.2 ろ過装置の種別

	①(株)大茂	②フジキョー(株)	③ノーセイ化学工業	④クリタ工業
適応ろ過装置	カートリッジフィルター 型式：CC-50 型	セラミックろ過装置 型式：AFT-3 型	カートリッジフィルター 型式：NSW-1000 型	砂ろ過装置 型式：HS-8AV 型
仕様	ろ過材：ポリエステルファイバーによるフィルターカートリッジ(5 μ)によるろ過 処理水量：100 l/min 電源：3 ϕ 200V0.75kW	ろ過材：セラミックろ過材によるろ過 処理水量：100 l/min 電源：3 ϕ 200V0.4kW	ろ過材：マイクロフィルターカートリッジ(3 μ)によるろ過 処理水量：100 l/min	ろ過材：砂ろ過装置によるろ過 処理水量：100 l/min 電源：3 ϕ 200V0.75kW
滅菌装置	塩素滅菌装置(次亜塩素酸注入ユニット) 参考型式：DF-25N-B10 薬注ポンプ・タンク付	塩素滅菌装置(次亜塩素酸注入ユニット) 参考型式：FCL-U1	塩素滅菌装置(次亜塩素酸注入ユニット) 参考型式：PTV-50 薬注ポンプ・タンク付	塩素滅菌装置(次亜塩素酸注入ユニット) 参考型式：PTS-30 薬注ポンプ・タンク付
水質	手洗い・便所洗浄程度	手洗い・便所洗浄程度	手洗い・便所洗浄程度	手洗い・便所洗浄程度
設置スペース	1120×650×1100H	750×700×1900H	800×800×1000H	1200×1600×1400H
価格(定価)	1,120,000 円	2,500,000 円	1,000,000 円	4,100,000 円
摘要		・経済性において今回計画には不向きである。	・フィルターとミネラル結晶体の追加で飲用に近い水質も可能。	・経済性・設置性において今回計画には不向きである。

各改修手法の工事費について、表 2.3 に検討した手法の概要と工事概算費を示す。

1)の雑用水利用の建物(受水槽+揚水ポンプ+高架水槽方式)と 2)の雑用水利用の建物(受水槽+加圧給水ポンプ方式)は既設の冷温水ポンプの流用と、雑用水系統の給水システムをそのまま流用することから、改修工事費は安価であり、施工も簡易となる。

また、3)の上水利用の建物(限定エリアでの雑用水利用)は、既設の給水システムの流用が困難であることから、新規の加圧給水ポンプの設置が必要なことから、1)や 2)と比較して改修工事費は高価となる。

4)手作業による雑用水利用(バケツ等での利用)は全て手作業による対応であることから、改修の工事費はなく、既設のバケツなどの流用で支障はない。

また、ろ過装置はろ過装置の項で示したように、ろ過装置と滅菌装置で 50 万円(定価×50%)程度の費用が必要となる。

表 2.3 蓄熱槽水の水利用の手法と概算工事費

種別	基本案	給水系統条件	既設給水システム	運用	使用機器	改修範囲と方法	改修費用	制限条件
1)	・雑用水を建物全体で利用する	・上水・雑用水の2系統の給水系統がある。	・雑用水用受水槽+揚水ポンプ+高架水槽	・蓄熱槽水を雑用水用受水槽の移送する	・既設二次側冷温水ポンプにて流用可能	・二次側冷温水配管から分岐、雑用水用受水槽までの給水配管を施工	231,000円	
2)	同上	同上	・雑用水用受水槽+加圧給水ポンプ	同上	同上	同上	231,000円	
3)	・雑用水を限定範囲(1Fのみ)で利用する	・上水系統の給水系統がある。	・上水用受水槽+揚水ポンプ・高架水槽又は、加圧給水ポンプ	・蓄熱槽水を限定した範囲へ雑用水として供給する。給水管への接続は不可。	・専用の給水加圧ポンプの設置が必要となる。	・雑用水加圧給水ポンプと供給エリアまでの雑用水配管を施工	567,000円	・上水・雑用水の2系統の給水系統がある場合に使用範囲限定する場合は、使用しないエリアのバルブを閉とする。
4)	・蓄熱槽水をバケツ等で汲み上げ、便器に直接利用する。	なし	条件なし	・蓄熱槽水をバケツ等で汲み上げ、便器に直接利用する。	・バケツ、汲み上げ用ロープなど	なし	0円	・運用の際、体力が必要である。

4) 災害時の水源としての機能 2 (消防用水としての活用)

阪神・淡路大震災後に実施された 12 施設の調査では、建物の損傷の程度によらず、地下の蓄熱槽の破損はなかった。高置水槽や屋上設置の消火水槽に破損が目立ったことから判断すると、地下に構築された蓄熱槽は、地上設置のタンクに比べて耐震性に優れていると判断される。¹¹⁾

1997 年に消防庁から「空調用蓄熱槽水を消防用水として使用する場合の取扱いについて」が各自治体に通知され、表 2.4 に示す基準を満たす場合、蓄熱槽内の水を消防用水として取り扱うことが可能となった。1995 年 1 月に東京都墨田区で発生した火災では、消防水利指定を受けていた信用金庫の蓄熱槽の水(650m³)が実際の消火活動で活用された事例がある。

また、図 2.3、2.4 に東京都における災害時の水道局保有水量および水蓄熱槽合計容量を示す。

表 2.4 空調用蓄熱槽水を消防用水として使用する場合の取扱い基準¹²⁾

項目	主な基準
温度および水質	概ね40℃以下、水道水を使用するなど消防活動上支障のないもの
水量	消防用水として必要とされる量以上の量 <ul style="list-style-type: none"> ・敷地面積$\geq 20,000\text{m}^2$、かつ、 耐火建築物：1,2階の面積の計$\geq 15,000\text{m}^2 \cdots 7,500\text{m}^2$ごとに$20\text{m}^3$、 準耐火建築物：1,2階の面積の計$\geq 10,000\text{m}^2 \cdots 5,000\text{m}^2$ごとに$20\text{m}^3$ ・高さ$> 31\text{m}$、かつ、地階を除く延床面積$\geq 25,000\text{m}^2 \cdots 12,500\text{m}^2$ごとに$20\text{m}^3$
設備	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤面からの深さ$> 4.5\text{m}$の部分の水を使用する場合：採水管および非常電源を附置したポンプが必要 ・吸管投入孔および採水管の取水部は水温の低い部分に設置 ・採水口は消防ポンプ車が2m以内に接近可能な位置に設置 ・吸管投入孔および採水口の付近に、消防用水である旨、採水可能水量、注意事項を掲示

注) 本表は、主な基準を示したものであり、詳細は関係法令等を参照のこと

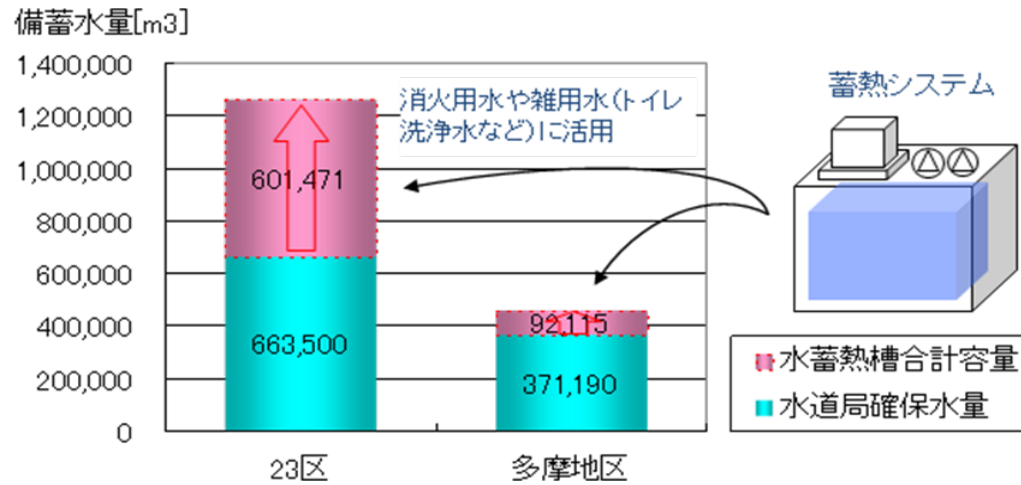


図 2.3 東京 23 区および多摩地区における災害時の水道局保有水量および水蓄熱槽合計容量⁽¹³⁾

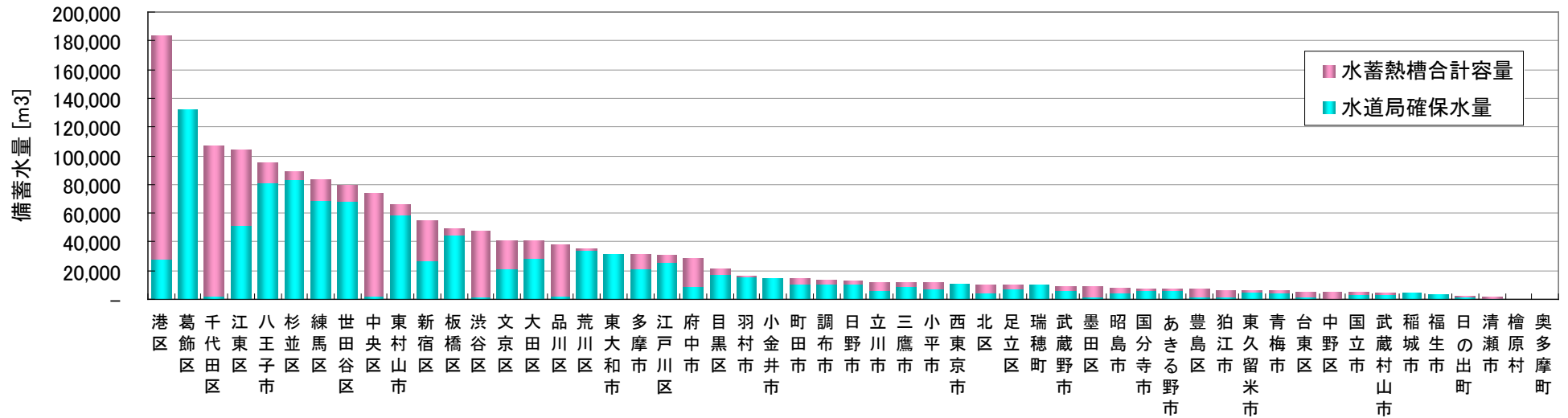


図 2.4 東京都における災害時の水道局保有水量および水蓄熱槽合計容量⁽¹³⁾

5) 災害時の水源としての機能3 (東京都防災対応指針)

平成 23 年 11 月に東京都が日本の頭脳・心臓である首都東京の防災力を高度化する目的で策定した「東京都防災対応指針」¹⁴⁾において、消防水利の確保が課題のひとつに挙げられている。首都直下地震の際、都内の木造住宅密集地域を中心に、同時多発火災や大規模市街地火災が発生する可能性が高い。しかしながら、消防水利の不足地域のほとんどが木造住宅密集地域に集中しており、この地域内では防火水槽の設置用地の確保が困難になりつつある。また、東日本大震災の被災地での断水に伴うトイレ不足などが、災害時の公衆衛生の確保に関する問題として顕在化したことも課題として捉えている。蓄熱槽の水を活用することもこれらの課題解決のための一手法となり得ることが想定される。

6) 災害時の熱源・水源としての機能 (ヒートポンプ給湯システム)

ヒートポンプ給湯器を用いる給湯システムは貯湯槽をもつため、災害によりライフラインが途絶した場合、貯湯槽内の湯を利用することが可能である。貯湯槽からは、循環ポンプまたは加圧ポンプで給湯箇所まで湯の供給が行われているのが一般的であり、これらのポンプを非常用発電機で運転を行うことで、貯湯槽内の 60～70℃の湯を利用することが可能である。貯湯槽が屋上に設置されている場合は、落差により湯を使用することが可能である。

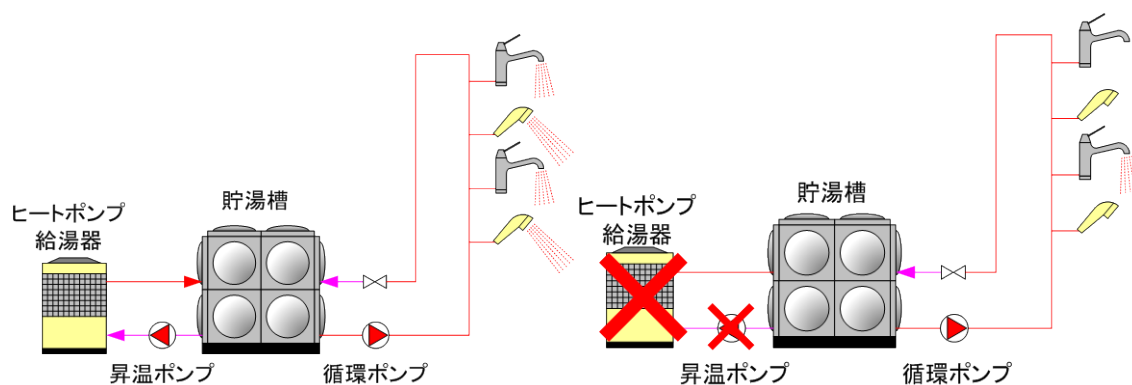


図 2.5 ヒートポンプ給湯システムの利用(左：平常時、右：停電時)

3. 蓄熱槽水の生活用水としての利用手法と改修方法

蓄熱槽水は地下ピットまたはタンクに空調用の冷温水を貯留し、その熱を利用して処理する水である。本項では、この蓄熱槽水を災害時に生活用水として活用するための方法と事前の必要な改修手法を検討する。

建物の給水系統は下記の 2 種類がある。

- a. 雑用水を利用した建物(上水・雑用水の 2 系統給水系統)
- b.. 上水のみを利用した建物(上水のみの給水系統)

また、給水システムとしては、下記の 4 種類の方式がある。

- ①直結方式 ～ 給水本管から直接供給する方式
- ②重力方式 ～ 受水槽に貯留し、揚水ポンプで高置水槽に揚水し、以降重力方式で必要箇所に供給する方式
- ③加圧給水ポンプ方式 ～ 受水槽に貯留し、加圧給水ポンプで必要箇所に圧送して供給する方式
- ④直結増圧ポンプ方式 ～ 給水本管から直接増圧ポンプを介して必要箇所に圧送して供給する方式

本項の検討では、給水本管から直接供給している、①直結方式と④直結増圧ポンプ方式はクロスコネクションの危険性があるため、今回の検討からは除外する。

そのため、本検討では、a.雑用水を利用した建物と b.上水のみを利用した建物で区分し、更に、給水システムの違いにより、蓄熱槽水利用の手法を検討するものである。前述したように直結方式は除外するため、②重力方式と③加圧給水ポンプ方式を検討する。

なお、給水系統が b.上水系統のみの場合は、蓄熱槽水を雑用水として建物全体での利用を行った場合、上水設備が復旧後の上水配管の洗浄が必須となるため、復旧後の即時利用が困難となる。そのため、上水系統配管を利用し、蓄熱槽水を雑用水として使用することに支障がある。従って、限定したエリアに単独配管を敷設し、雑用水を供給する案を提案する。

また、上記の 2 案より更に安価で容易な案として手作業による雑用水に利用案も記述する。

以上の 3 案を基に改修案を提案する。更に、3 案のなかでも既設給水方式が異なる場合が

想定されるため、次項でその手法を提案する。

- | | |
|---------------|------------------|
| 1)雑用水利用の建物 | 受水槽+揚水ポンプ+高架水槽方式 |
| 2)雑用水利用の建物 | 受水槽+加圧給水ポンプ方式 |
| 3)上水利用の建物 | (限定エリアでの雑用水利用) |
| 4)手作業による雑用水利用 | (バケツ等での利用) |

図 3.1~図 3.4 に通常時(改修前)と断水時(改修後)の運用状況を示す。

1) 雑用水利用の建物 (受水槽+揚水ポンプ+高架水槽方式) (図 3.1 参照)

図 3.1 では、左の通常時(改修前)の給水系統の運用状況を表している。

給水本管から上水系受水槽に貯留し、上水系揚水ポンプで上水系高置水槽に揚水して、以降、重力式で上水を供給している。雑用水は、中水道や井水、再生水、雨水などを雑用水系受水槽に貯留し、上水と同様に雑用水系揚水ポンプで雑用水系高置水槽に揚水して、以降、重力式で雑用水を供給している。再生水や雨水などが不足していた場合は上水で補給を行う。

蓄熱槽水は上水を補給水として貯留し、冷温水二次側ポンプで冷温水として空調機等を循環している。

図 3.1 の右側に断水時(改修後)の運用状況を示している。使用方法は蓄熱槽水を雑用水系受水槽に既設冷温水二次側ポンプで移送する。以降は、通常と同様に雑用水系揚水ポンプで雑用水系高置水槽に揚水して、以降、重力式で雑用水の供給を行う。雑用水用給水配管を使用しているのも通常の運用と変化がない。工事範囲も既設冷温水配管から分岐し、雑用水系受水槽への移送用配管のみの工事となることから、施工も簡易で安価となる。

2) 雑用水利用の建物 (受水槽+加圧給水ポンプ方式) (図 3.2 参照)

図 3.2 は、図 3.1 同様に左の通常時(改修前)、右側に断水時(改修後)の運用状況を示している。

通常時の運用状況は、給水本管から上水系受水槽に貯留し、上水系加圧給水ポンプで必要箇所に圧送し、上水を供給している。雑用水も重力方式と同様に、中水道や井水、再生水、雨水などを雑用水系受水槽に貯留し、雑用水系加圧給水ポンプで圧送し、雑用水を供給している。

断水時(改修後)の運用状況も重力方式と同様で、使用方法は蓄熱槽水を雑用水系受水槽に既設冷温水二次側ポンプで移送し、以降は、通常と同様に雑用水系加圧給水ポンプで必要箇

所に加圧給水を行う。この場合も、工事範囲は既設冷温水配管から分岐し、雑用水系受水槽への移送用配管のみの工事となることから、施工も簡易で安価となる。

3) 上水利用の建物（図 3.3 参照）

図 3.3 は前述と同様に、左の通常時(改修前)、右側に断水時(改修後)の運用状況を示している。

通常時の運用状況は、給水本管から上水系受水槽に貯留し、上水系揚水ポンプで上水系高置水槽に揚水して、以降、重力式で建物全体に上水を供給している。

図 3.3 の右側に断水時(改修後)の運用状況を示している。使用方法は新規に設置した専用の雑用水系加圧給水ポンプにより、蓄熱槽水を限定したエリアに専用水栓にて供給するものとする。本件では 1 階の男子便所の大便秘器 2 か所、女子便所の大便秘器 2 か所への供給の図としている。

前述したように上水系統のみ利用している建物で、蓄熱槽水を上水系統の配管に接続した場合、断水時は建物全体が使用可能となるものの、上水の飲用水栓に雑用水が供給され、間違って飲用の危険性がある。また、給水本管の復旧で上水系統が使用可能となっても、一時雑用水として使用した配管であるため、配管洗浄を行わなければ上水系統の使用が不可である。そのために、上水系統のみの配管には雑用水の配管接続は行わないで、限定した範囲に専用配管、専用水栓による供給が望ましい。専用水栓には「飲用禁止」の表示が不可欠である。

改修工事としては、専用の雑用水配管の敷設、加圧給水ポンプの設置とこれに伴う電源工事が必要となる。1)や2)より工事費は高価となる。

4) 手作業による蓄熱槽水利用（図 3.4 参照）

図 3.4 に手作業による蓄熱槽水を雑用水の利用する手法を示している。

蓄熱槽水をバケツなどで手作業にて汲み上げ、トイレの付近にバケツや水槽、またはゴミ用ポリバケツ等に貯水し、必要に応じてバケツ等にて大便秘器に直接放流して使用する。

改修工事は不要であるが、使用毎に人力が必要となる。

1.雑用水利用の建物（高置水槽方式）

（トイレの洗浄水に雑用水を利用している建物）

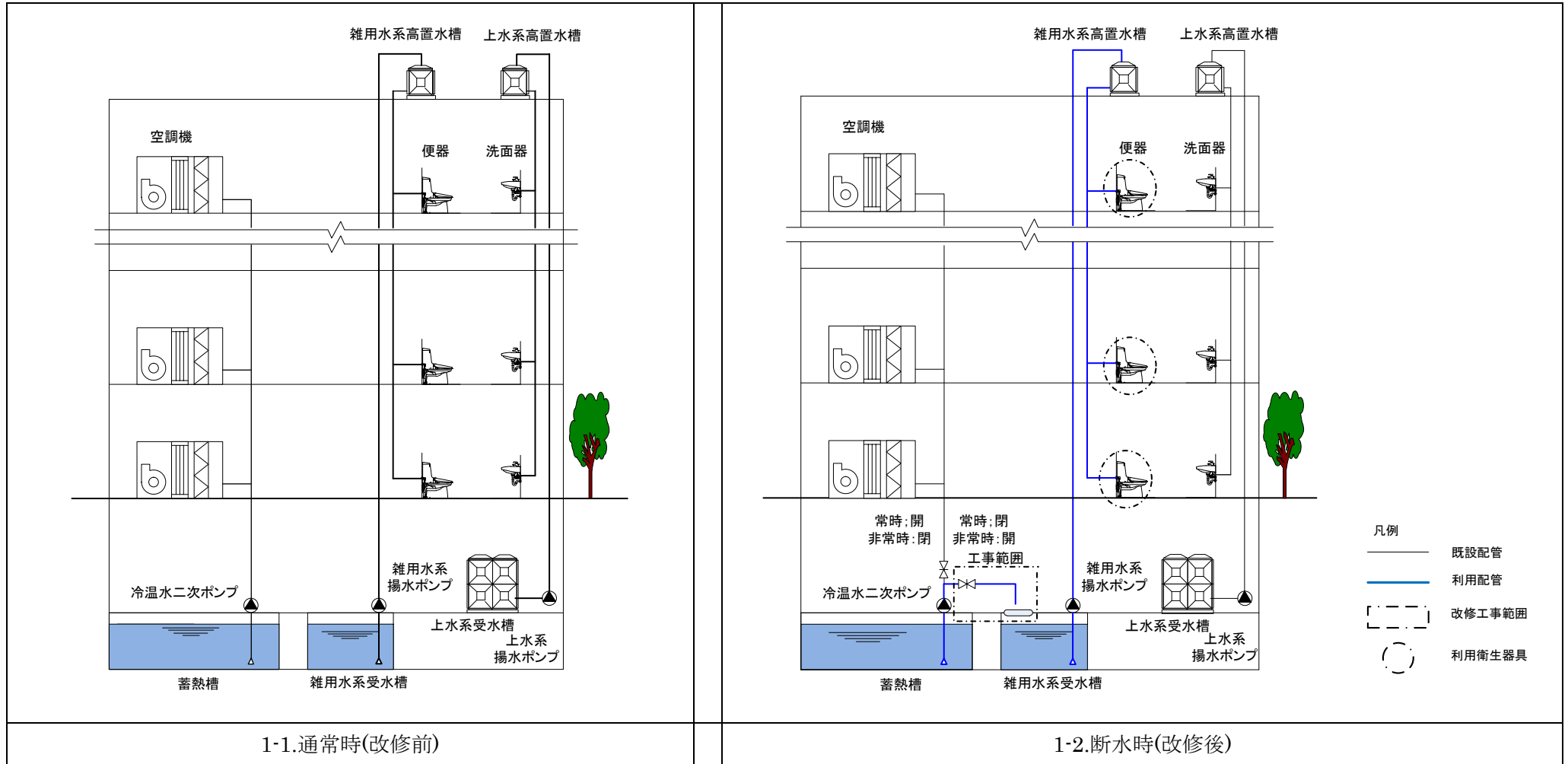


図 3.1 雑用水利用の建物(高置水槽方式)

2. 雑用水利用の(加圧給水ポンプ方式)

(トイレの洗浄水に雑用水を利用している建物)

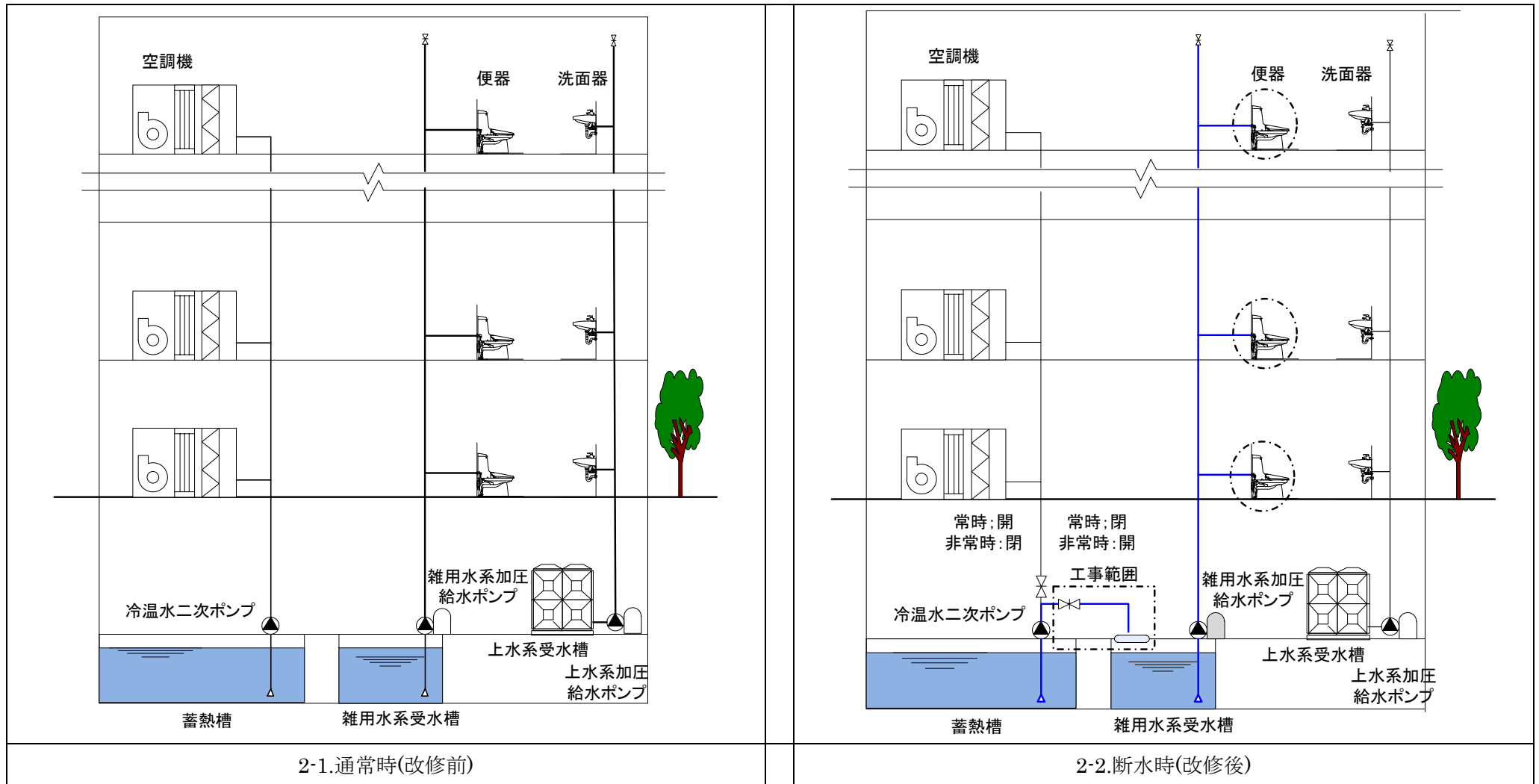


図 3.2 雑用水利用の建物(加圧給水ポンプ方式)

3.上水のみ利用の建物(高架水槽・加圧給水ポンプ方式)

(トイレの洗浄水に上水を利用している建物)

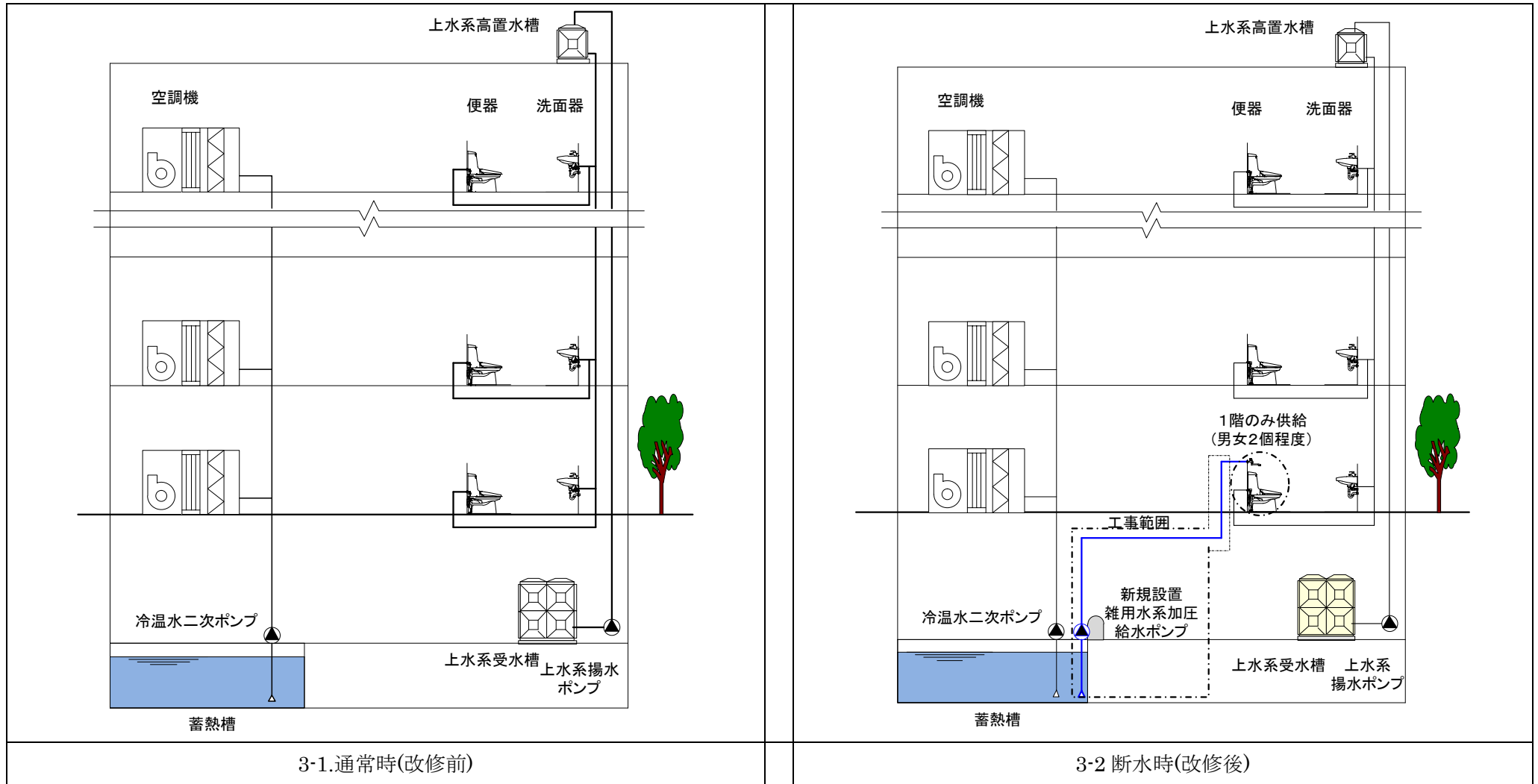


図 3.3 上水のみ利用の建物

4.手作業による対策

(バケツ・ロープを使って手作業で蓄熱槽水を利用)

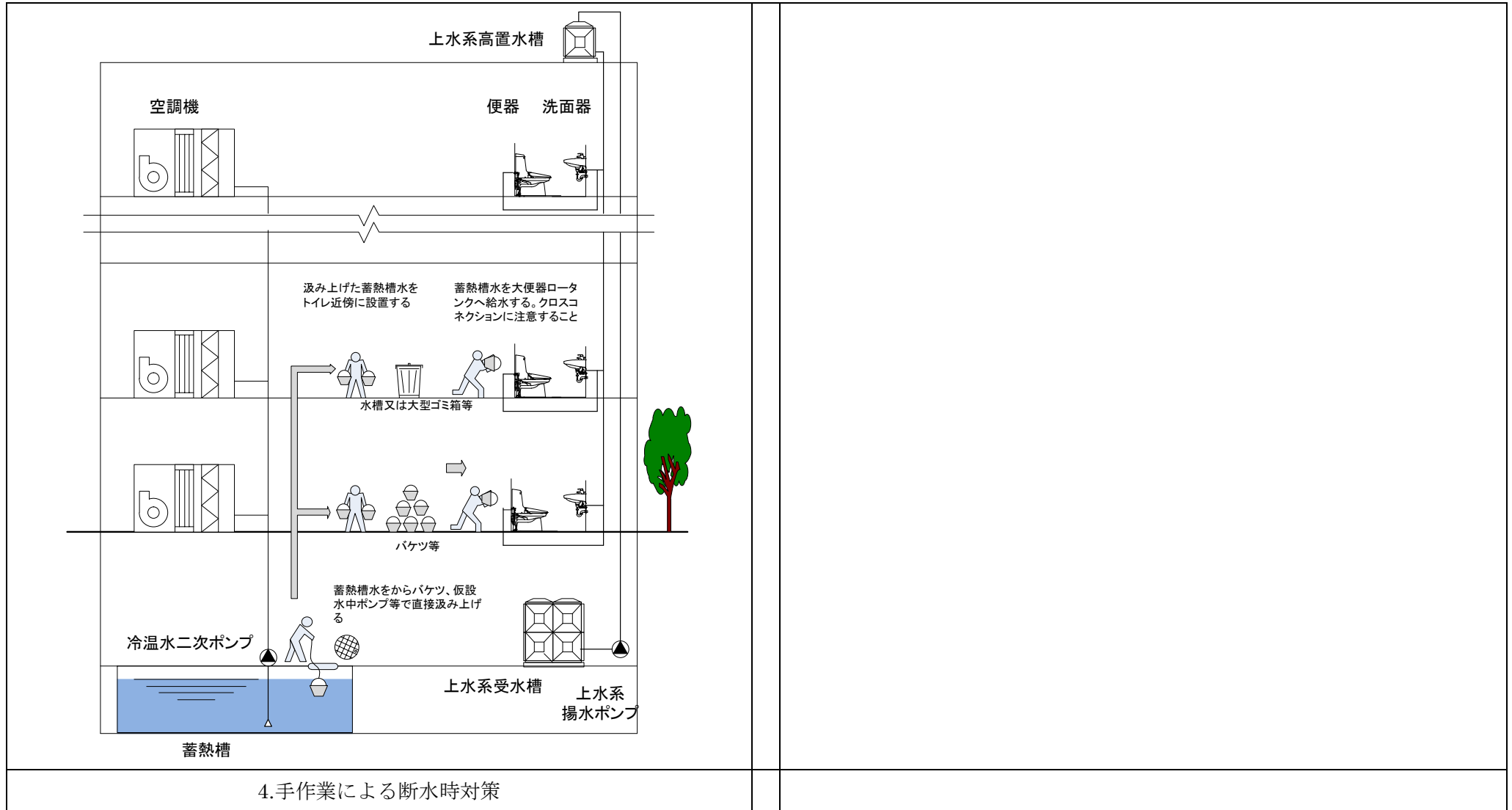


図 3.4 手作業による対策

5) その他の条件時の利用方法

ア)大便器仕様による条件

各便所に洗浄水を供給する場合、既設大便器の仕様により供給が困難な場合が想定される。下記に示す大便器仕様による適正供給の手法を表 3.1、表 3.2 に専用水栓設置と給水手法の例を示し、その内容を記述する。

- ① フラッシュバルブ方式
- ② 手洗いなしロータンク方式
- ③ 手洗い付ロータンク方式

①フラッシュバルブ方式の大便器仕様の場合、既設配管への新たな接続が困難であり、雑用水系統が既に接続されている雑用水・上水 2 系統の給水系統であれば支障なく、雑用水系統の利用で問題ない。しかし、上水系統のみの供給では配管接続による蓄熱槽水利用は難しい。上水系統の配管を利用した場合、クロスコネクションとなり、飲用系統の利用は不可であり、給水本管が復旧し、上水の利用が可能となっても、雑用水に利用したために即時の上水系統の利用が不可となり、却って建物の復旧に支障がでる。そのため、非常時においても上水系統の配管を雑用水に利用するのは避けるべきである。

ラッシュバルブ方式の大便器仕様の場合においては、上水系統のみの配管接続の場合は、蓄熱槽水の利用は専用水栓により便器へ直接放流する方式に利用に限定するべきである。

②手洗いなしのロータンク方式の場合は、手洗いがいないため、蓄熱槽水の洗浄水利用は可能である。雑用水系統が既に接続されている雑用水・上水 2 系統の給水系統であれば支障なく、雑用水系統の利用で問題ない。また、他の方式と同様であるが、上水系統のみの供給の場合の配管接続による蓄熱槽水利用は困難である。この場合においても、蓄熱槽水の利用を専用水栓により便器へ直接放流する方式では問題ない。

③手洗い付ロータンク方式の場合は、手洗いを行うため雑用水の供給は不可であり、上水を使用している。そのため、蓄熱槽水の直接の利用は難しいが、ろ過装置を設置し、水質の維持が可能であれば、使用が可能であり、ろ過装置を介さない洗浄水の使用は控えるべきである。ただし、手洗いを行わないで専用水栓からロータンクへの供給は容易であり、非常時の対応としては可能である。この場合でも飲用が不可として、「飲用禁止」の表示が必要である。

なお、ウォシュレット仕様の場合は上水使用が基本であるため、蓄熱槽水の利用は困難であるが、再生水仕様の便器使用であれば、洗浄水が専用水栓となっており、供給が可能な場合もある。しかし、ウォシュレットに関しては上水系統による利用が原則であり、蓄熱槽水利用は不可である。

イ)既設マンホール蓋の交換

通常マンホール蓋は鋳鉄製やFRP製などの材質の違いがあるものの、防臭型など密閉した蓋となっている。本検討のように断水時などに、緊急でマンホール蓋を開け、蓄熱槽水を利用する際に、空いたマンホール穴に人や物が落下する恐れがある。そのため、表3.3に示すマンホール蓋に交換することで落下の防止となる。

①の防臭型トイレ機能付きマンホール蓋は、本来、災害時用トイレのマンホール蓋である。通常時は鋳鉄製の蓋がついており、災害時に軽量の蓋に交換し、中央部の長方形型の蓋が開くようになっている。この穴を利用して給水用の配管やホースを差し込み、吸水を行う。これにより、吸水時でも人などの落下の防止が可能である。

②の落下防止網用マンホール蓋は、マンホール蓋の内側に落下防止用のスチール製網がついている。落下防止用のスチール製網は100kg程度の耐荷があり、人が誤って踏んでも支障はない。開いた隙間にホース等で吸水が可能である。

これらの緊急時に使用勝手の良いマンホール蓋を、蓄熱槽のマンホール蓋と事前に交換しておくことで、断水時に容易に使用が可能となる。

表 3.1 大便器の仕様による利用の差異

大便器仕様		①フラッシュバルブ方式	②手洗い無ロータンク方式	③手洗い有ロータンク方式	備考
参考図					
雑用水利用	雑用水利用建物	蓄熱槽水利用に支障はない。			
	ウォシュレットの使用	ウォシュレット給水と洗浄水が分岐供給しているため支障はない。			
上水利用	上水利用建物	配管接続による利用は困難である。専用水栓による使用は可能である。			
	ウォシュレットの使用	ウォシュレット給水の使用は不可である。			
摘要		再生水仕様のフラッシュバルブが望ましい。			

■専用止水栓による使用例

表 3.2 専用止水栓設置使用例

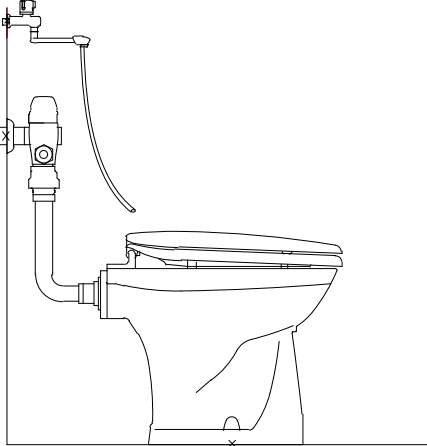
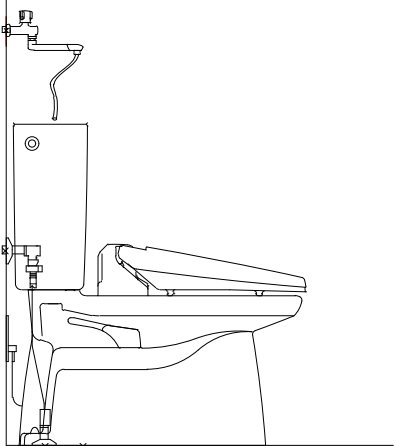
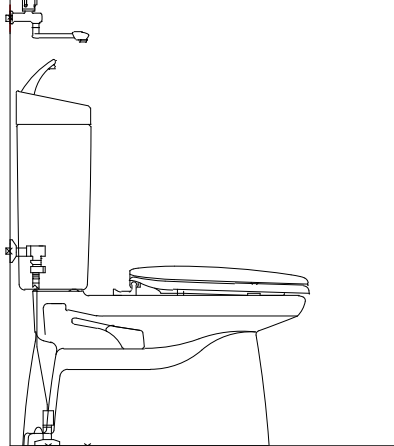
大便器仕様	①フラッシュバルブ方式	②手洗い付ロータンク方式	③手洗い無ロータンク方式	備考
参考図				
専用止水栓	専用止水栓は壁付とし、ホース等を利用して便器へ給水する。	専用止水栓は壁付とし、ロータンク蓋を取り、水栓直接かホース等で給水を行う。	専用止水栓は壁付とし、水栓直接かホース等で給水を行う。	
摘要	専用止水栓の止水栓を設置し、専用止水栓には飲用禁止の表示が必要である。			

表 3.3 蓄熱槽水利用対応マンホール

	①防臭型トイレ機能付マンホール蓋	②落下防止網付マンホール蓋
形式		
使用方法	<ul style="list-style-type: none"> ・平常時はマンホール蓋として使用し、災害緊急時に中央部に長方形の蓋が開く構造となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・铸铁製マンホール蓋を外すとスチール製転落防止用網が内側にあり、人や物の転落を防止する。
仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・铸铁製蓋の中央部の長方形蓋をステンレス製カバーに交換し、災害時のトイレ用蓋として使用するのが本来の使用法である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・マンホール蓋の内側に転落防止用のスチール製網があり、人や物の落下を防止する。転落防止用網の荷重は100kg程度である。
材質	<ul style="list-style-type: none"> ・マンホール蓋は铸铁製 ・取り替えトイレ蓋はステンレス製 	<ul style="list-style-type: none"> ・マンホール蓋は铸铁製 ・転落防止網はスチール製でステンレス製の交換も可。
価格(定価)	<ul style="list-style-type: none"> ・伊藤鉄工(株) 600φ 86,200円(伊藤鉄工、工具共) 	<ul style="list-style-type: none"> ・600φ 中耐重仕様 53,000円((株)中部コーポレーション) 22,500円(カネソウ(株)、転落防止網のみ)
摘要	<ul style="list-style-type: none"> ・既設マンホール蓋との交換可。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既設マンホールの交換や転落防止網のみの追加も可能。

4. 蓄熱槽による BCP への対応事例

1) 放送局での事例

放送局の多くは、災害対策基本法の指定公共機関や指定地方公共機関に指定されており、災害時に放送を継続することで、直接的被害の軽減や社会の混乱などの2次災害を防止し、被災者の援護や被災地の復興に貢献する役割をもつ。

NHK 放送会館では、構造体、建築非構造部材、建築設備について、大地震後の人命の安全確保および二次災害の防止を図り、大きな補修をすることなく、必要な設備機能を相当期間継続できる耐震計画を行っている。近年、建替えられている放送会館は免震構造とする場合が多く、蓄熱槽や雑用水槽などの水槽類も免震側に設置している。¹⁰⁾

また、熱源には蓄熱システムを採用し、電力のピークカットや災害などによる停電時に応急的な冷水供給を可能としている。図 4.1 および図 4.2 に NHK 放送会館における空調熱源システムおよび災害時の空調熱源の対応を示す。また、表 4.1 に放送会館における蓄熱槽容量の事例を示す。

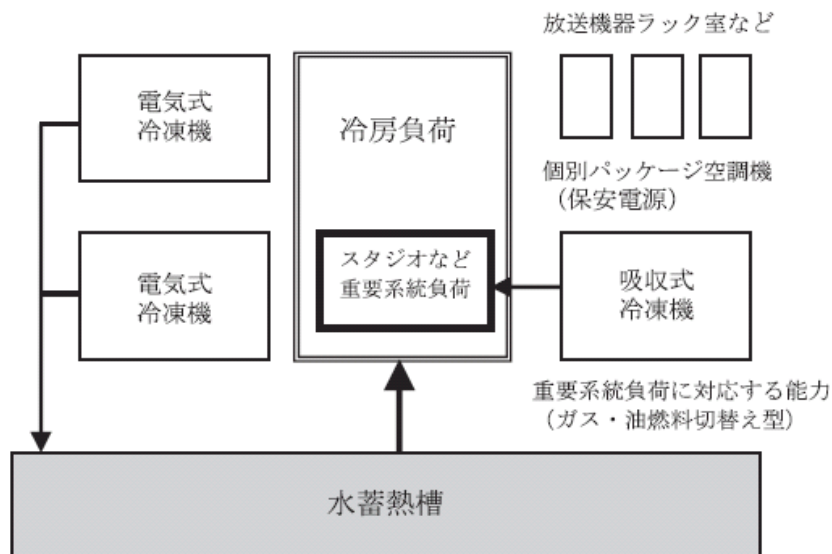


図 4.1 NHK 放送会館における空調熱源システム¹⁰⁾

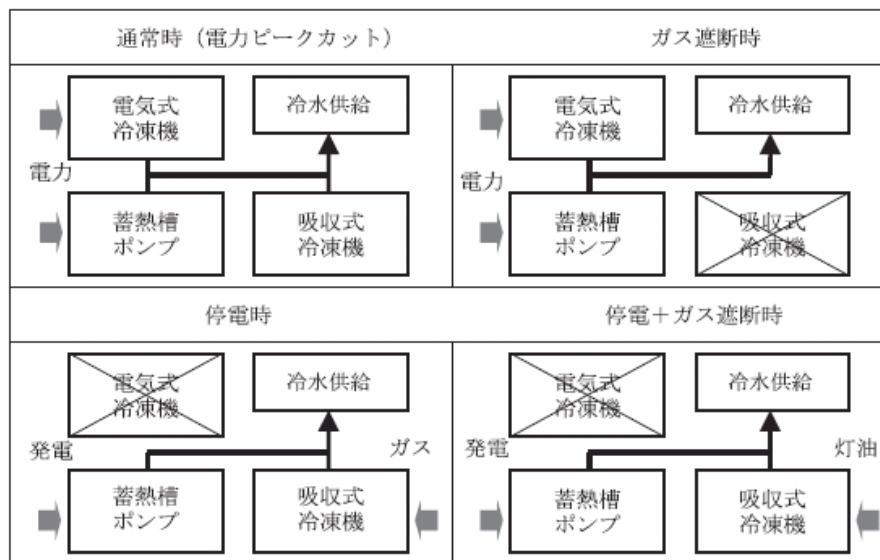


図 4.2 NHK 放送会館における災害時の空調熱源の対応¹⁰⁾

表 4.1 NHK 放送会館における蓄熱槽容量の事例¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

	延床面積 (m ²)	完成 (年)	蓄熱槽容量(MJ)		備考
			冷水槽	冷温水槽	
神戸放送会館	5,226	2004	5,000	5,000	※1
福島放送会館	5,800	2005	8,600	—	※1
横浜放送会館	24,744	2010	10,440	10,440	神奈川芸術劇場と併設

※1：蓄熱槽容量は槽容積から有効温度差 5℃で算定

2) 病院での事例

京都大学医学部附属病院積貞棟では、災害時の迅速な復旧に配慮し、高効率モジュールチラーと氷蓄熱ユニットを組み合わせた電気による熱源システムを採用するとともに、夜間電力利用によるランニングコスト低減、ピークシフト運転による負荷平準化を図っている。氷蓄熱槽は、災害による停電時に無菌病室の空調機能が盛暑時に1日確保可能な蓄熱容量としている。図4.3に熱源システムフローを示す。

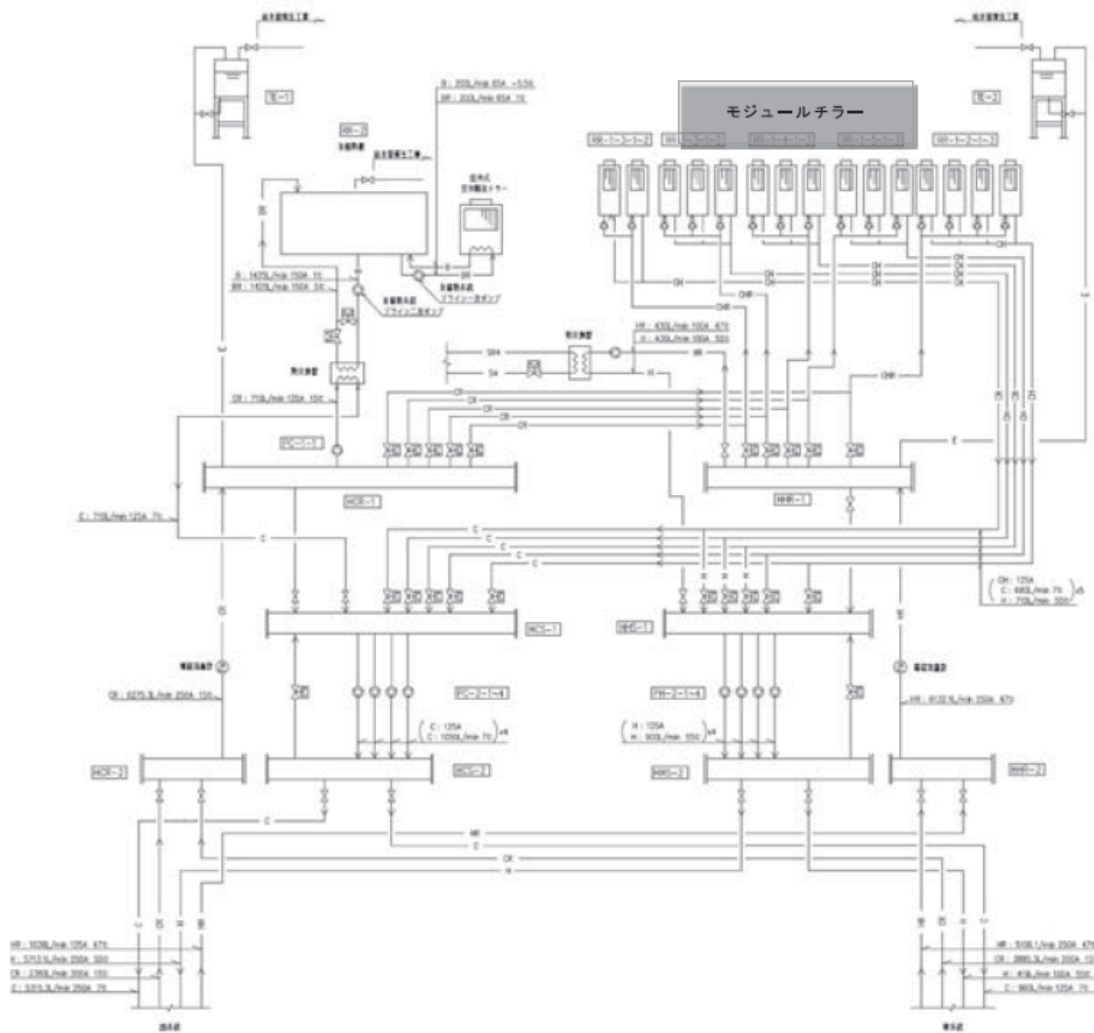


図 4.3 京都大学医学部附属病院積貞棟における熱源フロー¹⁸⁾

岩手県立中部病院では、高効率インバーターターボ冷凍機と組合せた水蓄熱槽(3,000m³)を採用している。災害時の対応として、蓄熱槽からの冷水の直接供給を行うとともに、雑用水や飲料水として利用可能な計画としている。図4.4に熱源フローを示す。

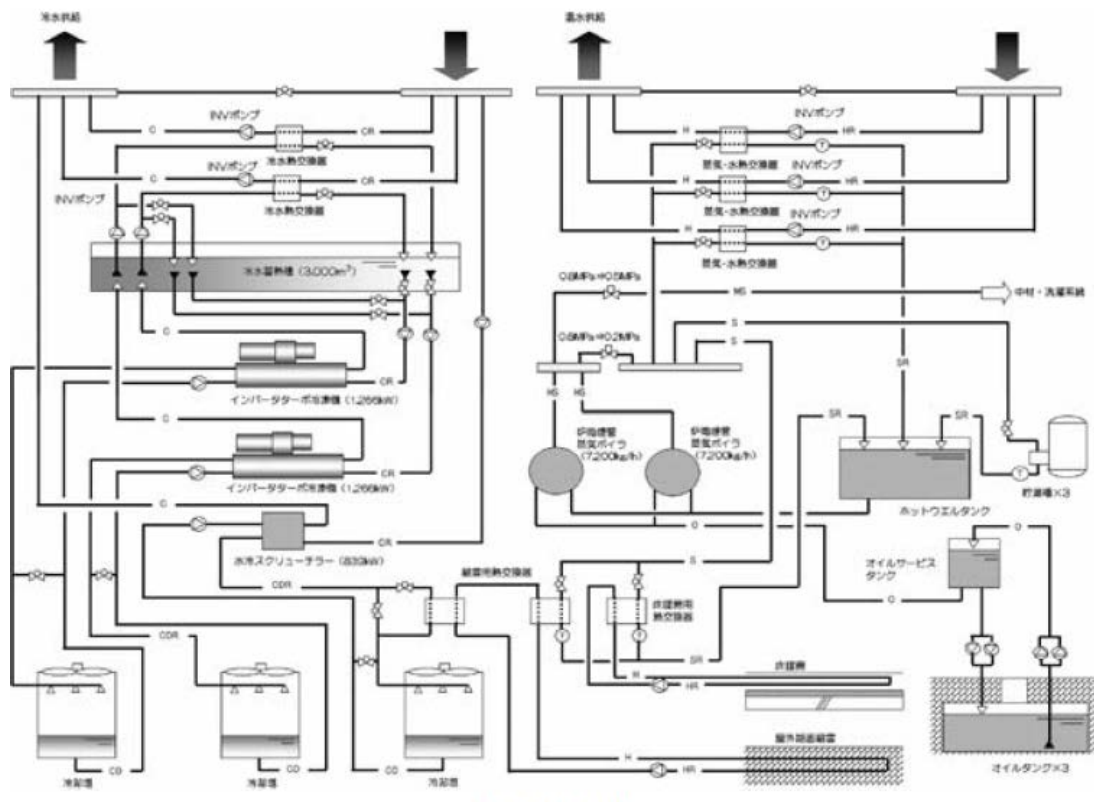


図 4.4 岩手県立中部病院における熱源フロー¹⁹⁾

東京都立多摩総合医療センター・小児総合医療センターでは、水蓄熱を用いた熱源システムを構築しており、計 4,000m³ の温度成層型冷水蓄熱槽を設け、ピークカットを行っている。また、災害による断水への対応として、蓄熱槽の貯留水を雑用水槽に移送する配管を設け、便所洗浄水を確保する計画としている。図 4.5 および図 4.6 に熱源フローおよび災害時における給水フローを示す。

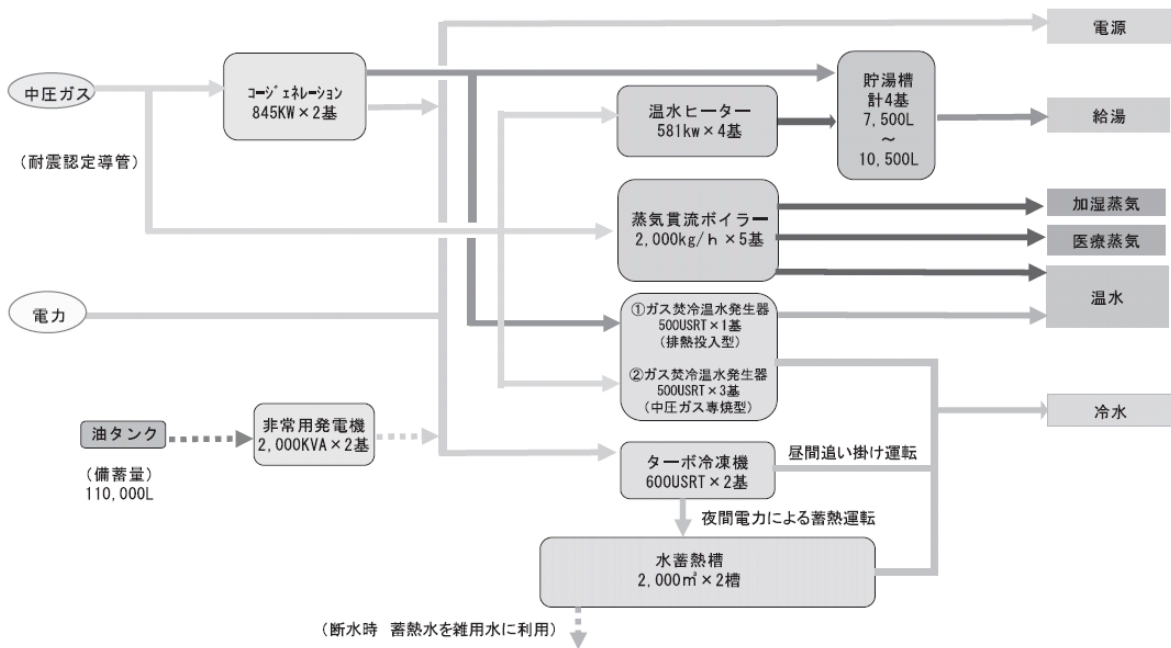


図 4.5 東京都立多摩総合医療センター・小児総合センターにおける熱源フロー²⁰⁾

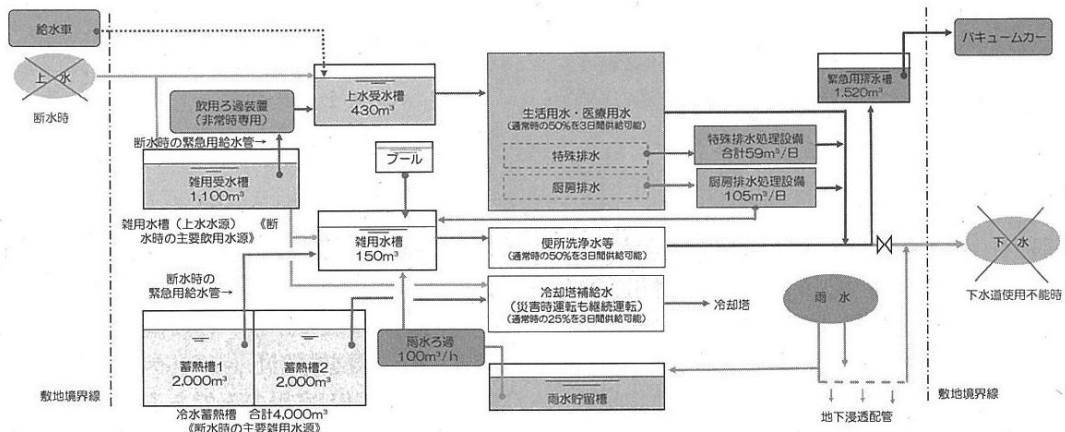


図 4.6 東京都立多摩総合医療センター・小児総合センターにおける災害時給水フロー²⁰⁾

3) 事務所ビルでの事例

神戸関電ビルディングでは、氷蓄熱による全蓄熱方式を採用し、電力の負荷平準化とピーク電力低減を図っている。全蓄熱方式により昼間停止している熱源を利用してバックアップ熱源として位置づけ、通信機器への冷房設備の冗長性を確保している。さらに、蓄熱槽の保有水を非常時・災害時の消防用水や生活用水としても活用可能なよう専用の採水ポンプを設置した計画としている。図 4.7 に省エネルギー・負荷平準化の取組概要、表 4.2 に保有水の用途別使用可能量を示す。

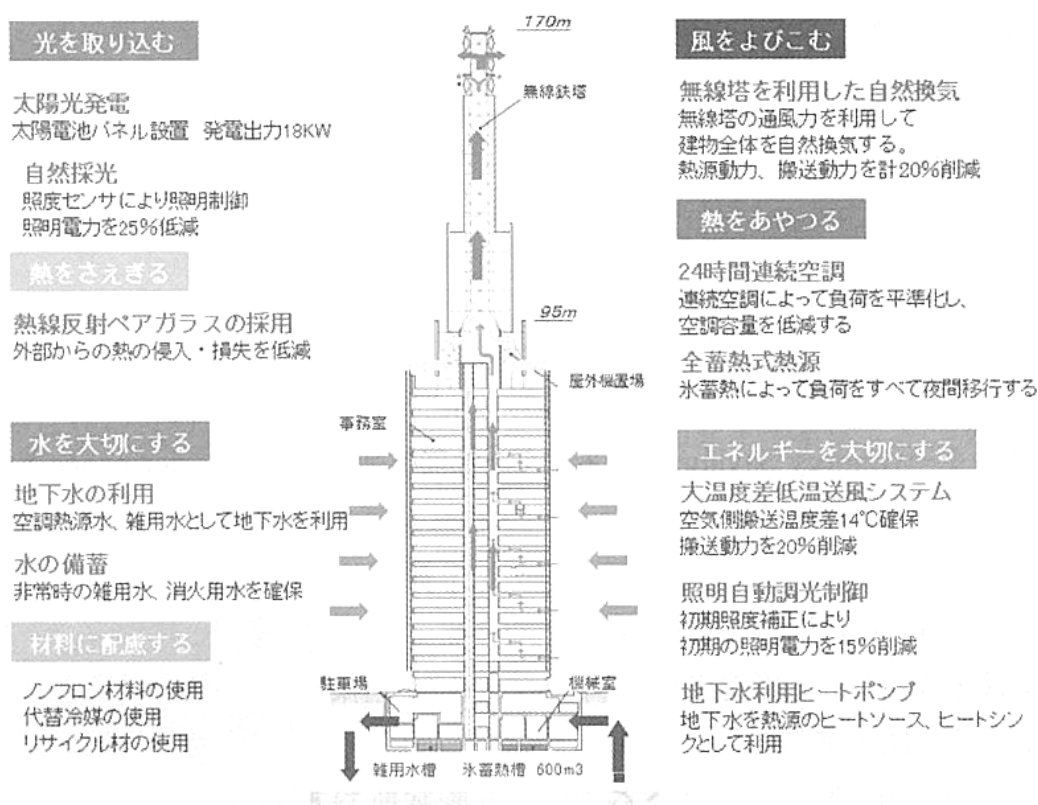


図 4.7 神戸関電ビルディングにおける省エネルギー・負荷平準化の取組概要²¹⁾

表 4.2 神戸関電ビルディングにおける蓄熱槽保有水の用途別使用可能量²²⁾

保有水量(m ³)	消火活動使用可能時間(h)	生活用水使用可能量(人・日)
600	10	20,000

まとめ

非常災害時におけるヒートポンプ・蓄熱システムの役割について、事業継続計画(BCP)の観点から整理を行った。

蓄熱システムを導入することは、平常時の熱源として、電力のピークカットや電力消費の平準化を図ることができるだけでなく、災害などによる停電時に応急的な熱供給を迅速に行うことが可能であることがわかった。さらに、熱を使い切った後の蓄熱槽の保有水を消防用水や生活用水としても使用することも可能であり、保有水量が大きいほど、その波及効果も大きいと言える。

【参考文献】

- 1) 「事業継続ガイドライン第二版—わが国企業の減殺と災害対応の向上のために—」事業継続計画策定促進方策に関する検討会、内閣府防災担当、平成 21 年 11 月
- 2) 「企業の事業継続及び防災の取組に関する実態調査—概要—」内閣府、平成 22 年 3 月
- 3) 「業務継続のための官庁施設の機能確保に関する指針」国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課・環境課、平成 22 年 3 月
- 4) 「建築設備設計基準—平成 21 年度版」国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課・環境課監修、平成 21 年 10 月
- 5) 「官庁施設の総合耐震計画基準」国土交通省大臣官房官庁営繕部計画課、平成 19 年 12 月
- 6) 「仙台市ガス事業震災復興プラン」仙台市ガス局、平成 23 年 9 月
- 7) 「空気調和衛生工学—2011・3・11 東北地方太平洋沖地震建築設備被害に関する調査報告」空気調和・衛生工学会、平成 23 年 10 月
- 8) 「阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について」兵庫県、平成 23 年 12 月
- 9) 「新潟県中越沖地震によるライフライン被害・復旧状況」新潟県、平成 20 年 1 月
- 10) 建築設備士—事業継続計画(BCP)特集—建築設備の災害対策」建築設備技術者協会、平成 22 年 10 月
- 11) 「災害時の水利用—飲める水・使える水」空気調和・衛生工学会、平成 14 年 11 月
- 12) 「空調用蓄熱槽水を消防用水として使用する場合の取扱いについて」消防庁予防課長、平成 9 年 3 月
- 13) 「首都直下地震に備える蓄熱システム」東京電力株式会社、平成 24 年 5 月
- 14) 「東京都防災対応指針」東京都総務局総合防災部防災管理課、平成 23 年 11 月
- 15) 「NHK 神戸放送局におけるエネルギー消費特性と省エネルギー効果の分析」空気調和・衛生工学会大会学術論文集、平成 18 年 9 月
- 16) 「建築設備士—NHK 福島放送会館」建築設備技術者協会、平成 17 年 11 月
- 17) 「建築設備士—神奈川芸術劇場・NHK 横浜放送会館」建築設備技術者協会、平成 23 年 6 月
- 18) 「建築設備士—京都大学医学部附属病院積貞棟」建築設備技術者協会、平成 22 年 9 月
- 19) 「建築設備士—岩手県立中部病院」建築設備技術者協会、平成 21 年 9 月
- 20) 「建築設備士—東京都立多摩総合医療センター・小児総合センター」建築設備技術者協会、平成 23 年 1 月
- 21) 「空気調和衛生工学—第 11 回特別賞”10 年賞”」空気調和・衛生工学会、平成 23 年 7 月
- 22) 「建築設備士—神戸関電ビルディング」建築設備士技術者協会、平成 12 年 6 月