

3.3.6 自律分散型拠点構築による地域防災力向上

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

本研究テーマでは、ライフライン被害対策のうち、自律分散型拠点構築による地域防災力向上を担当する。自律分散型拠点の対象となる施設、その集積地区のライフラインの実態、BCP、そのために必要なライフライン機能に関する需要を実態調査等により把握し、課題・計画要件を整理する。対象となる施設、およびその集積地区の自律分散型拠点構築のための計画・評価を行い、被害波及モデルを用いたシミュレーションにより、「広域連携」とのベストミックスとしての「自律分散型拠点」が備えるべきライフライン機能を明らかにする。

(b) 平成19年度業務目的

首都直下地震の想定被災地域の自律分散型拠点となる施設（官公庁，病院，企業本社，コンピュータ関係など）、およびその集積地区を抽出する。それらの一部を対象に、エネルギー供給系（電気，ガス，自家発電設備，情報通信用エネルギー設備を含む）、水供給処理系（上下水道）の設備の状況、BCPおよび非常時のニーズについて実態調査、ヒアリングを行う。その結果に基づき、非常時に各拠点施設に求められる活動内容と必要なライフライン機能・需要量を明らかにし、非常時のライフライン機能の課題と自律分散型拠点の計画要件を整理する。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
横浜国立大学大学院環境情報研究院	教授	佐土原聡	
横浜国立大学大学院環境情報研究院	准教授	吉田 聡	
横浜国立大学大学院環境情報研究院 横浜国立大学	特別研究教員	稲垣景子	
安心・安全の科学研究教育センター	講師	古屋貴司	
横浜国立大学大学院環境情報研究院	産学連携研究員	岡西 靖	

(2) 平成19年度の成果

(a) 業務の要約

本研究テーマでは、ライフライン被害対策のうち、自律分散型拠点構築による地域防災力向上を担当した。自律分散型拠点施設として、ライフライン機能が停止した場合にも災害対策本部を設置し災害応急対策を推進する必要がある8都県市（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、さいたま市、千葉市、横浜市、川崎市）の庁舎建物を取り上げた。これらの施設に対し、エネルギー供給系（電気、ガス、自家発電設備、情報通信用エネルギー設備を含む）、水供給処理系（上下水道）の設備の状況、BCPおよび非常時のニーズについて実態調査、ヒアリングを実施した。併せて、太陽光・風力発電設備の導入状況や雨水、井水等の利用状況、空調用蓄熱槽水量を調査し、災害時の活用可能性について検討した。

その結果に基づき、非常時に各施設において必要なライフライン機能・需要量を試算し、非常時のライフライン機能の課題と自律分散型拠点の計画要件を整理した。

(b) 業務の成果

1) 研究の背景

首都直下地震対策大綱において「首都中枢機能は、特に発災後3日間程度の応急対策活動期においても、途絶することなく、継続性が確保されることが求められる」とされており、首都中枢機能の継続性確保に不可欠なライフライン・インフラとして「電力（非常電源用燃料を含む）、上水等、通信・情報、道路、航空、港湾」が挙げられている。¹⁾

また、官庁施設の建築設備は、官庁施設の総合耐震計画基準において「大地震動の人命の安全及び二次災害の防災が図られているとともに、大きな補修をすることなく、必要な設備機能を相当時間継続できること」が目標とされている。²⁾

阪神・淡路大震災では、ライフライン復旧までに時間を要し（表1）³⁾、神戸市では電気の復旧に1週間、上水道の復旧に1ヶ月を要した区役所があった（表2）⁴⁾。阪神・淡路大震災の実態等をふまえ設定された首都直下地震のライフライン復旧目標日数（首都地域における政策目標）³⁾（表1）からも、応急対策活動期にライフラインが途絶する可能性もあり、ライフライン機能が停止した場合にも、自律的に機能できる拠点の構築が必要である。

本研究では、今回、行政機能の継続性確保を目的とし、首都圏の主要な地方公共団体の庁舎を調査対象とし、自律分散型拠点構築の計画のための基礎的分析と評価を行う。

表1. 首都直下地震のライフライン復旧目標日数と阪神・淡路大震災の実態²⁾

	首都直下地震 の復旧目標日数	阪神・淡路大震災 の実態
電力	6日	6日
通信	14日	14日
ガス	55日（東京湾北部） 54日（都心西部）	85日
上水道	30日	42日
下水道	30日	

※ライフライン復旧目標日数：ライフライン機能支障実態数の95%が回復するまでの日数

表2. 阪神・淡路大震災における神戸市9区役所の復旧状況³⁾

	電気の復旧状況	上水道の復旧状況
東灘区	1/23 夕方	2/16
灘区	1/20 夕方	2/16
中央区	1/17 午前中	2月中旬
兵庫区	1/17 午前中	2/1
長田区	1/22 午後	2月初旬
須磨区	1/19 夕方	2月初旬
垂水区	1/17 午前中	1/22
西区	1/17 午前中	1/31
北区	1/17 午前中	1/20

2) 研究の手法

自律分散型拠点施設として、首都直下地震によりライフライン機能が停止した場合にも行政機能を維持する必要がある首都圏の8都県市の庁舎建物を対象とし、エネルギー供給系、水供給処理系の設備の状況、BCPおよび非常時のニーズについてアンケートおよびヒアリング調査を行った。調査概要は以下の通りである。さらに、非常時のライフライン機能の課題を抽出し、自律分散型拠点の計画要件を整理するため、調査結果に基づき、電力供給・水供給の自律性評価と非常用発電設備の兼用化による効果の検証を行った。

調査対象施設	8都県市庁舎建物 (埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、さいたま市、千葉市、横浜市、川崎市)
調査期間	平成19年10月～11月
調査方法	アンケート調査：電話で担当部署に依頼後、電子メールにて配布 ヒアリング調査：アンケート調査後、庁舎を訪問し対面にて実施
回収数 および 対応部署	8団体（回収率100%） <ul style="list-style-type: none"> ・ 埼玉県 総務部 管財課 ・ 千葉県 総務部 管財課 庁舎管理室 ・ 東京都 財務局 建築保全部 庁舎管理課 ・ 神奈川県 総務部 庁舎管理課 ・ さいたま市 財政局 財政部 庁舎管理課 ・ 千葉市 財政局 管財課 庁舎管理係 ・ 横浜市 行政運営調整局 総務課 管理係 ・ 川崎市 総務局 総務部 庁舎管理課

3) アンケート調査概要

アンケート調査は、平成19年10～11月に実施し、8都県市の担当部署に電話にて調査を依頼後、電子メールにて配布・回収した（回収率100%）。また、埼玉県、東京都、神奈川県、川崎市からは、複数ある庁舎別に回答を得た。主な調査項目を表3に示す。

表3. アンケート質問項目

調査対象	関東8都県市庁舎建物 (埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、さいたま市、千葉市横浜市、川崎市、)
調査期間	2007年10月～11月
調査項目	a) 建物概要 所在地、竣工年月、建物構造、建物回数、建物面積、延床面積、建物階数
	b) 建物のエネルギー設備 <ul style="list-style-type: none"> ● 電力・ガス：契約電力、受電電圧、受電方式、都市ガス受け入れ、月間受電量 ● 熱源設備：使用機器、使用用途、容量・台数、導入年数、月間上水利用量 ● 水：給水方式、水槽容量、水槽耐震化、非常時の給水可能日、蓄熱槽の有無、容量
	c) 自家発電設備 使用原動機、導入年月、使用形態、冷却法、発電容量・台数、設置場所 備蓄燃料(種類、量)、運転継続可能時間、冷却水貯蔵量、試運転の実施間隔
	d) 非常時のエネルギー供給 系統電力停電時の電力バックアップ範囲、バックアップ可能時間 バックアップする部屋、機器、UPS設置の有無、UPSの設置場所 建物の防災性を高めるための対策の有無
	e) 環境負荷低減システム 環境負荷低減システムの有無、災害時の活用法 (太陽光発電、風力発電、燃料電池、地下水利用、中水利用、雨水利用、蓄熱槽)

a) 建物概要

建物規模は東京都が最大で、第一・第二本庁舎と議事堂を合わせた延床面積は38万㎡を超える。政令指定都市は約2～5万㎡である。建物の竣工年は1928～2003年とばらついている。いくつかの庁舎から成る自治体も多く、周辺の民間施設等に入居しているケースもあるが、本研究では、主要な庁舎建物を対象とし調査を実施した。

b) 電気・ガス・給水設備

電気、ガスおよび給水設備の概要を以下に述べる。

契約電力は、410～13,000KWと施設によって様々で、建物毎に受電するケース（川崎市）と、電力を一括受電し各建物へ配電するケース（神奈川県他）がある。受電方式は、「2回線受電」が最も多く、一部「1回線受電」もある。これらの方式より停電リスクが少ないとされる「ループ受電」は、千葉県と神奈川県で採用されている。

ガスは、中圧Bや低圧が多く、一部、中圧Aを導入している。東京都は、地域冷暖房プラント（新宿地域冷暖房センター）より冷暖房用の冷水・温水・蒸気を受けているため、都市ガスの引き込みはない。

給水方式は、大規模建物に適している高置水槽方式を採用している建物が多数を占める（千葉市のみポンプ直送方式を採用）。高置水槽容量は10～100KL、受水槽容量は8～680KLと施設により様々である。断水時は受水槽と高置水槽内に残っている水量が利用でき、発電機を設置すれば停電時の給水も可能である。また、蓄熱式空調システム^{※1}を導入している場合は、災害時に蓄熱槽水を利用できる可能性がある。4自治体で蓄熱式空調システムを導入しており、蓄熱槽（水蓄熱）がある。容量は400～1470KLで、給水用の水槽に比べ容量が大きい。なお、東京都、さいたま市では、飲料水用と雑用水用で水槽を分けている。

c) 自家発電設備

8都県市の庁舎建物全てに自家発電設備が1～3台設置されている。いずれも「非常用」で、「常用」や「常用非常用兼用」の自家発電設備はない。容量は56～2500KWと様々である。導入年は、1970～2008年まで、ばらついている。原動機のうち約8割が補給水の不要な空冷式ガスタービンを採用している。他は、水冷式のディーゼルエンジンであり、断水時の運転継続に支障が出るものと考えられる。

燃料は、灯油、軽油、A重油とそれぞれ異なる。備蓄燃料量による運転継続可能時間は、6～90時間とばらつきがある。発電容量の大きい施設においても、備蓄燃料量が十分でないケースがあり、運用面の検討が必要である。

※1 蓄熱式空調システム：夏は冷水または氷を冬は温水を夜間に蓄え、昼間の冷暖房空調に利用するシステム。料金の安い夜間電力を使い機器運転させる事ができ、ランニングコストの削減や、化石燃料比率の低い夜間電力を利用することによる環境負荷低減、さらに電力の負荷平準化に寄与するといった利点が挙げられる。平常時は経済性及び環境性に優れた機能を有し、災害時には、防火用水や消火用水、生活用水、ろ過装置を設置することで飲料水としての利用が可能になる。

自家用発電設備は、地震による影響が少なく、建物の半壊時における燃料などの搬入や、メンテナンス等を考えて下層階に設置するのが望ましいとされるが、約8割は地下に、他は屋上および屋外に設置されている。ただし、地下に設置する際は発電設備が水による影響を受けるので、防水、浸水対策を十分に行う必要がある。

d) 非常時の電力供給

停電時に自家発電設備により配電される範囲と機能、UPS（無停電電源装置）^{※2}設置状況を以下に述べる。

自家発電設備による供給範囲を部屋別に見ると、7自治体の災害対策室、6自治体のサーバー室、5自治体の無線室はバックアップ対象となっている。他に、知事室や防災端末のある部屋、事務室を配電先としている自治体もある。災害時にも発電設備により建物全体の電力を賄うことが可能^{※3}とする自治体（さいたま市）がある一方、保安電力のみに限定している自治体もある。

設備機器別では、全自治体を概観すると、およそ、防火設備、消火ポンプ、スプリンクラーポンプ、給水動力、エレベーター設備、機械室動力、事務室照明、一般用コンセント、空調用動力、防犯設備、換気用動力の順で供給される計画となっている。

UPSについては、全ての自治体で情報通信にかかわる機器に設置されている。具体的には、防災室や危機管理室で災害対策を行うための機器や、無線機室やサーバー室のコンピュータ、電話交換機室のサーバーや放送設備、電機室の機器等に設置されている。

e) 環境負荷低減システム

近年、多くの公共施設において、環境負荷低減に寄与する設備として、太陽光・風力発電、燃料電池が導入され、また、地下水・中水・雨水等の利用が進められている。調査対象庁舎のうち東京都、さいたま市においてもこのようなシステムが導入されている。

蓄熱式空調システムは、4自治体で導入されている。夜間に夏は冷水または氷を冬は温水を蓄え、昼間の冷暖房空調に利用するシステムで、ランニングコストの削減とともに環境負荷の低減にも寄与する。蓄熱式空調システムを導入している自治体の多くは、災害時に蓄熱槽水を消火用水や生活雑用水等として利用することを考えている。

以上の様に、環境負荷低減システムは、停電・断水発生時にも供給を継続できる可能性を有しており、災害時の自律性向上に寄与するものと考えられる。

※2 UPS（無停電電源装置）：Uninterruptible Power Systems の略。停電や電源変動などの電源トラブルが発生した場合、内部バッテリーを電源として、コンピュータや周辺機器等の負荷に電源を供給する装置。平常時にバッテリーに電力を蓄え、停電時にバッテリーに蓄えられた電力を交流に変換し重要負荷に電力を供給する。

※3 夏期における停電では、総消費電力の約35%（照明と動力の一部）の削減協力を依頼し、冷房設備50%の除湿運転をした上で、全庁舎への配電が可能としている。

4) ヒアリング調査

アンケート調査結果を踏まえ、その内容を補足するため、調査票回収後に庁舎を訪問し、非常時のライフライン機能についてヒアリング調査を実施した。

多くの自治体から得られた意見は以下のとおりある。

- 自家発電設備は停電を感知して自動起動するように設定されている。
- 非常時に自家発電設備により供給するエリアはあらかじめ設定されている。
- 冷暖房・給湯に関しては、ガス供給が停止するか否かに依存する。ガス供給が停止すれば、冷暖房・給湯供給も停止する。災害時には冷暖房よりも人命救助が重要である。
- サーバー室など、重要な設備を備えている部屋には、自家発電により空調を行う。
- 耐震性の向上が庁舎建物の自律性構築のためにはまず必要である。

災害時の空調機能はそれほど重要とは考えておらず、衣服量の調節で寒暖へ対応すると考えている自治体がほとんどであった。また、建物構造の耐震性が、ライフライン機能維持より重要とする意見は非常に多かった。なお、6自治体がアンケートで「建物の耐震性に不安を持っている」と回答している。エネルギー自律性向上の前提条件として、建築構造の耐震性の向上が重要と認識していることがわかる。阪神・淡路大震災では、神戸市役所の第2庁舎6階部分で層崩壊が発生した。本研究において拠点の自律性を検討する際、耐震性の確保を前提条件として考慮すべきである。一方で、非常時のライフライン機能維持が、施設管理者により重要事項と捉えられていない現状が明らかになったとも言える。非常時の拠点施設の機能維持のために「ライフライン機能維持」の視点も重視されることが望まれる。

他に得られた特徴的な意見を以下に整理する。

- 自家発電設備を屋外に有している。メンテナンスに手間がかからず、建物の外に立地しているので建物の被害状況に左右されずに始動でき、機器損壊による起動不能というリスクを軽減できる。(埼玉県)
- 災害時には自家発電によりチラー設備を稼働させ、重要施設（総合防災部関係室、中央コンピュータ室等）の空調を行う。(東京都)
- 災害用の飲料水を備蓄している。(東京都)
- 新庁舎の自家発電設備用の燃料を第二分庁舎で使えるよう計画してある。(神奈川県)
- 現在保有する蓄熱槽を災害時に用水として利用する計画はない。(神奈川県)
- 灯油を燃料にすれば、自家発電設備の燃料としてだけでなく、ストーブなどの燃料としても使えるなど、使用方法に汎用性があると考えられる。(さいたま市)
- 蓄熱槽の水は、防火用水、生活用水としては使うが、さびによる汚れなどがあるため、飲料水としての使用は難しい。(さいたま市)
- 災害発生時は、人力によりブレーカーを落とすなどして供給エリアに電気を供給する予定。自動切換え機能はない。(横浜市)
- 通常1ヶ月に1回行っている試運転以外に、建物の停電により自家発電設備を実際に運転させた事がある。運転時間は1～2時間で、特に問題なく運転を行った。(川崎市)

また、BCP（事業継続計画）は策定中または策定予定の段階であり、追跡調査を実施する必要がある。さらに、次節以降の検討評価のため「受水槽と高置水槽の貯水率」や「平常時庁舎において業務に従事する職員数」、「時刻別電力消費量」等データを別途入手した。

5) 自律性評価

アンケート・ヒアリング調査結果に基づき、電力供給と水供給の自律性評価を行った。

a) 電力供給機能の自律性評価

契約電力に対する自家発電設備容量の割合を自治体別に図1に示す（A～Dは都県、E～Hは政令指定都市）。なお、複数の自家発電設備を有している自治体は、各設備容量を総和し、契約電力に対する割合を算出した。契約電力に対する自家発電容量の割合は24～90%であった。役所では平常時の電力需要の54%が高品質電力（停電時間1分以下）として求められるとする調査結果⁵⁾より、庁舎建物における災害時の電力需要の目安を、54%とすると、8割以上の自治体は条件を満たしている。

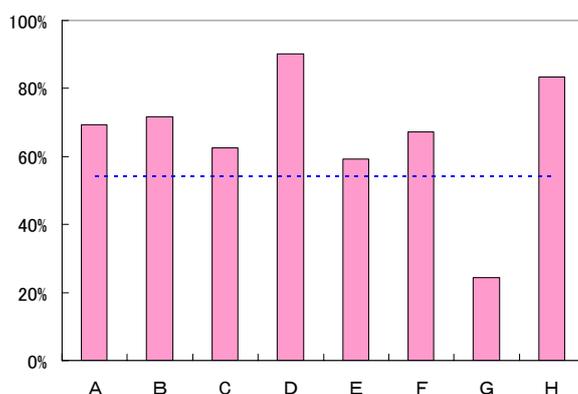


図1. 自家発電設備容量の契約電力に対する割合

官庁施設に設置される非常用自家発電設備の運転可能時間は72時間以上あるよう備蓄燃料を確保する⁶⁾ことが求められている。また、前述のとおり、庁舎建物における災害時の電力需要の目安を54%とし、「契約電力×54%×72(時間)」を、災害時に庁舎建物の機能を72時間維持するために必要な電力量として算定した。さらに、この電力量に対する自家発電設備発電容量と備蓄燃料から求めた充足率を図2に示す。

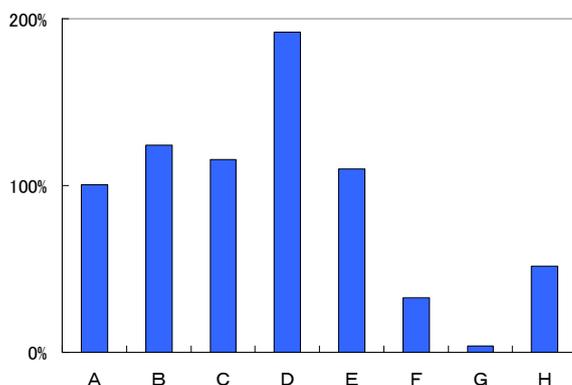


図2. 庁舎建物機能維持に必要な電力量に対する充足率

3自治体では、充足率100%未満であり、災害時に必要な電力量を確保できない可能性がある。うち2自治体は、自家発電設備の容量は十分に確保されていることから、備蓄燃料量が少なく運転を継続できないものと考えられる。発電容量の大きい施設においても、備蓄燃料量が十分でないケースがあり、運用面の検討が必要であることがわかった。

b) 水供給機能の自律性評価

ここでは、各庁舎に設置されている水槽と蓄熱槽内の貯留水による水供給自律性を評価する。庁舎建物にある高置水槽や受水槽（および蓄熱槽）により給水可能な期間を「給水可能日数」とし（式1）、各自治体において試算した。

給水可能日数＝

$$\frac{(\text{高置水槽容量 (L)} + \text{受水槽容量 (L)}) \times \text{貯水率} + \text{蓄熱槽容量 (L)}}{\text{必要水量 (L/人・日)} \times \text{参集職員数}} \dots (式1)$$

貯水率は、水槽容量に対する実際に貯められている水の割合で、水槽の水量は常に変化しているため、ヒアリング調査結果をふまえ60～80%とした。

参集職員数は、「平常時庁舎で業務に従事する職員数×参集率」とした。平常時庁舎において業務に従事する職員数は、ヒアリング調査結果を用いた。参集率は、業務時間外に地震が発生した場合として、国土交通省業務継続計画⁷⁾における参集率の推移（表4）を用い、業務時間内に地震が発生し、職員が庁舎に留まり業務を継続した場合、として参集率100%を設定した。

表4. 参集率（国土交通省業務継続計画⁷⁾より）

	理由	1時間	3時間	12時間	1日	3日	1週間	2週間
参集不可能	公共交通途絶	98%	75%	50%	50%	50%	38%	25%
	職員被災	0%	3%	5%	5%	5%	6%	8%
	救出救助活動	1%	7%	14%	14%	14%	0%	0%
参集可能		1%	16%	32%	32%	32%	56%	68%

以上をふまえ、給水可能期間が最短となるケース（貯水率60%、参集率100%）と最長となるケース（貯水率80%、国土交通省業務継続計画に基づく参集率）、さらに最長となるケースにおいて蓄熱槽水を利用した場合、の3種類の給水可能日数を算定した。

必要水量は、2パターン設定した。まず、阪神・淡路大震災時における被災市民の平均使用水量⁸⁾（表5）に基づき、各期の合計値を必要水量とした。飲料系と雑用系で水槽を分けて設置している自治体では、飲料系水槽は表5の「飲料系」使用水量を、雑用系水槽は表5の「生活系+雑用系」使用推量を、1日1人当たりの使用水量とした。結果を図3に示す（A～Dは都道府県、E～Hは政令指定都市）。

次に、庁舎建物では地震発生後から平常時と同じ水量を必要とすると仮定し、通常の庁舎建物における1日1人当たりの使用水量とされる127L/人・日⁹⁾を用い算定した。なお、飲料水量は、3L/日・人とした。結果を図4に示す。

表 5. 阪神・淡路時の被災市民の平均使用水量⁸⁾

	混乱期 (～約 1 週間)	緊急救援期 (～約 2 週間)	安定救援期 (～約 6 週間)
飲料系 (L/人・日)	7	10	13
生活系 (L/人・日)	2	4	7
雑用系 (L/人・日)	7	9	12
合計 (L/人・日)	16	23	32

表 6. 「給水可能日数」検討パターン

使用水量		貯水率	参集率	蓄熱槽水
阪神・淡路大震災時の平均水使用量	■最大(蓄熱槽あり)	80%	国交省BCP	利用する
	◆最大(蓄熱槽なし)	80%	国交省BCP	使用しない
	▲最小	60%	100%	使用しない
通常の使用水量 (127L/人・日)	■最大(蓄熱槽あり)	80%	国交省BCP	利用する
	◆最大(蓄熱槽なし)	80%	国交省BCP	利用しない
	▲最小	60%	100%	利用しない

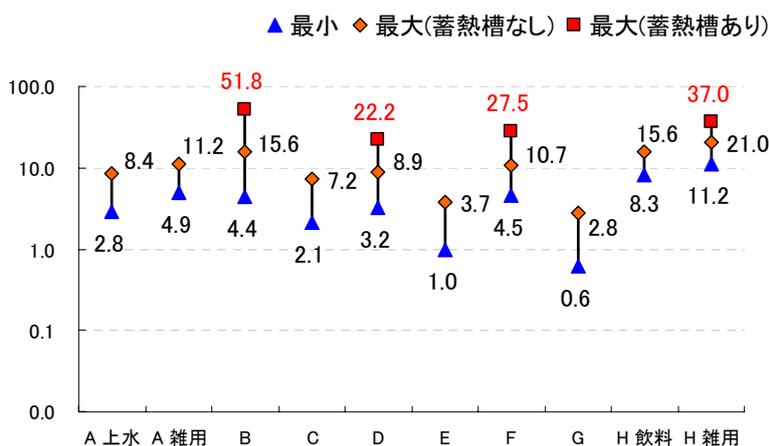


図 3. 給水可能日数 (阪神・淡路大震災被災市民の使用平均水量の場合)

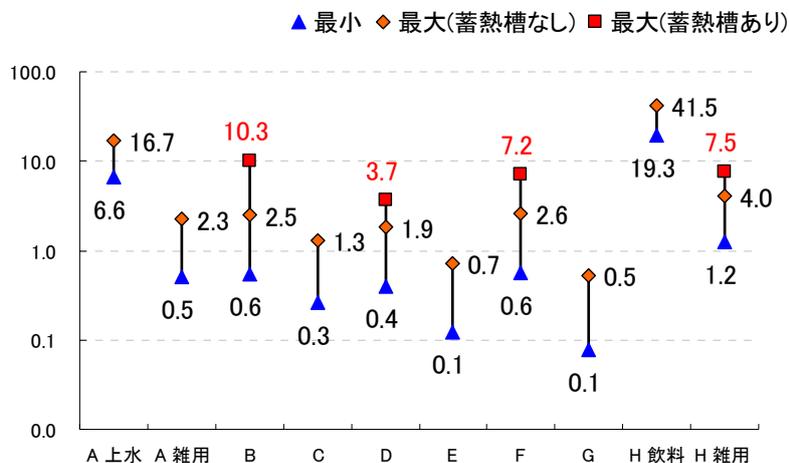


図 4. 給水可能日数 (通常の使用水量 127L/人・日の場合)

蓄熱槽水を使用しない場合、多くの自治体が1～2日程度、最長で4日しか給水できない結果となった。蓄熱槽を考慮した場合でも10日程度が最長である。貯水率6割程度で、庁舎内に職員が留まり平常時通りに業務を継続した場合は、最長1.2日となった。水槽の貯水率、発生時間によっては1日未滿で給水が停止する可能性が大きい。

今回の検討では、蓄熱槽水を利用することで給水可能日数は大幅に増大した。現状では、災害時に給水設備を通して蓄熱槽水を利用できないが、蓄熱槽は受水槽や高置水槽に比べ容量が大きく、蓄熱槽水の災害時の活用は庁舎の自律性向上に大きく寄与する。蓄熱槽は、省エネ性、経済性だけでなく、防災性からも評価される。

本検討において給水可能量を試算した結果、給水槽に加え空調用蓄熱槽水の活用が有効であり、蓄熱槽水を利用できる設備計画が必要であることがわかった。なお、阪神・淡路大震災では上水道復旧までの間、神戸市の各区役所で近くの河川水や地下水、給水車の水などを利用して、首都直下地震においても、建物の各種水槽とあわせて、このような水源の活用や広域応援による給水車等と連係した給水計画を立てる必要がある。

6) 非常用発電設備の兼用化

現在、非常時と点検時のみに稼動する非常用発電設備を、非常用・常用発電設備に変更（兼用化）した場合の省エネルギー効果を検証する。常用と非常用電源を兼ね備えたコージェネレーションシステム（以下CGS）は、熱電併給によるエネルギーの利用効率の向上や、CO₂排出量の削減、電力需要の平準化など、環境負荷低減に寄与する。また、多くの自治体は1ヶ月毎に非常用発電設備の試運転を実施しているが、常時連続運転することで運転信頼性の向上が期待される。

ケーススタディで取り上げる自治体の現状の設備概要を表7に、システムフローを図5に示す。本スタディで導入を検討した機器効率を表8に、システムフローを図6に示す。

表7. 建物・設備概要

延床面積	30,358 m ²	
契約電力	1,350 KW	
使用熱源機器	吸収冷温水器	5,712MJ/h × 2 台
		1,268MJ/h × 1 台
自家発電設備	ガスタービン	800KW×1 台

表8. 機器効率

機器	機器効率	
CGS(GT)	発電	0.25
	排熱	0.4
吸収冷温水器	冷熱	1.2
	温熱	0.8
吸収式冷凍機	1.2	
熱交換器	1	
受電端効率	0.366	

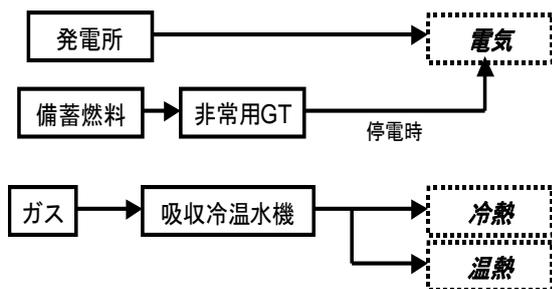


図5. 現在のシステムフロー

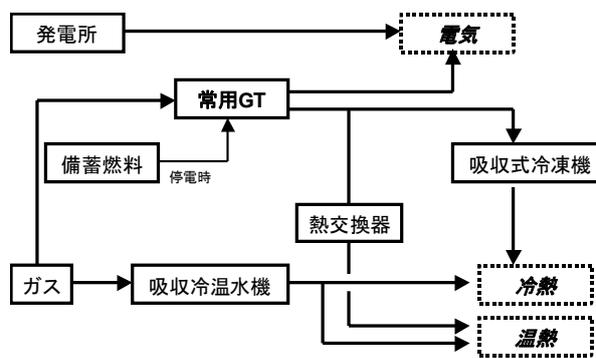


図6. 検討したシステムフロー

常用ガスタービン（以下GT）を導入し、発電排熱を熱交換機と吸収式冷凍機により冷暖房需要に充てる。運転パターンは、①平日6時～18時と、②平日24時間に対し、(i)電力需要に合わせて運転する電主熱従運転（電主）と、(ii)熱需要に合わせて運転する熱主電従運転（熱主）の計4パターンを設定した。冷暖房需要は「業務施設におけるエネルギー消費原単位」¹⁰⁾に基づき算出し、電力需要は2自治体より入手した時刻別電力消費量データをもとに原単位を作成し算出した。

評価指標は、投入1次エネルギー削減率とCO₂排出削減率とする。また、庁舎建物における休日と平日のエネルギー消費量の差を考慮した。結果を図7、図8に示す。いずれの運転方法でもGT容量を上げることで省エネ効果が期待できる。また、電主、熱主ともに6～18時運転の方が24時間運転よりも省エネ効果が高い。冷暖房需要の少ない夜間運転を行うとGTの発電排熱が効率的に利用されないためと考えられる。庁舎建物の高品質電力要求⁹⁾の目安である契約電力54%容量のCGSを導入した場合、6～18時に電主運転した場合で効果は最大となり、投入1次エネルギー消費削減率が5.8%、CO₂排出削減率が13.7%となった。また、54%容量のCGSにおいて、各月4パターンの運転の中で最も省エネ効果が高い運転パターンでは、1次エネルギー消費削減率が6.5%、CO₂排出削減率14.2%となり、省エネルギー効果が確認できた。

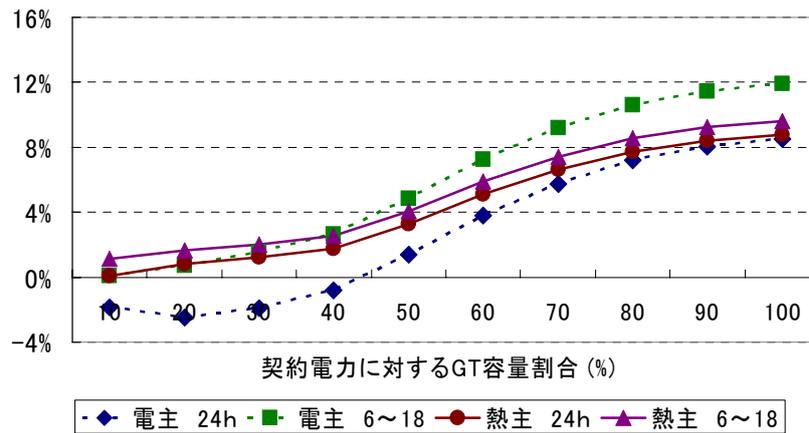


図7. 1次エネルギー消費量削減率

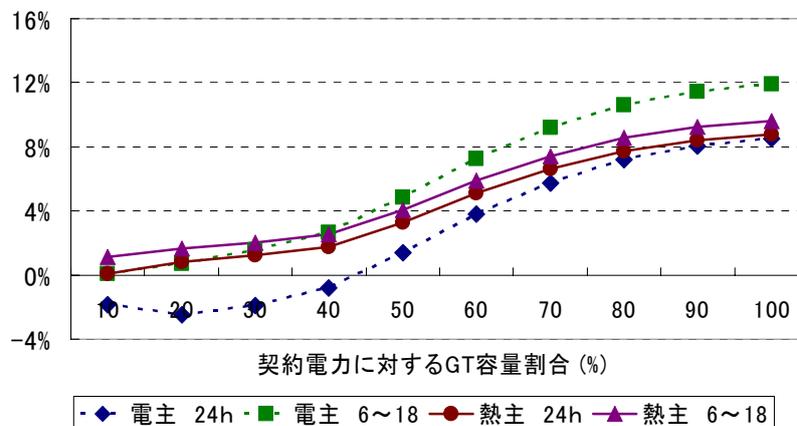


図8. CO₂ 排出削減率

以上より、本ケーススタディにおいて、庁舎建物へのCGS導入効果が定量的に確認され、非常用発電設備の兼用化による省エネルギー効果が明らかになった。また、CGSから排出される熱等を隣接する建物で利用するなど、周辺建物と設備を共用することで、さらに省エネルギー性の向上が期待できる。設備機器の更新を街区・地区毎に計画的に実施するなど、エネルギーを面的に利用することも有用と考えられる。2001年の北米大停電では、CGS等により電力供給が継続され周辺地域のライフスポットとして機能した施設がある¹¹⁾。災害時には高機能設備を有し自律的に機能できる施設が、地域のライフスポットとしての役割を担うことが期待される。近年、環境的配慮から公共施設での太陽光・風力発電設備の導入や雨水、井水等の活用が進んでおり、これらの災害時における利用可能性も高い。前出のとおり、省エネルギー性の高い蓄熱式空調システムの蓄熱槽水を災害時に活用することも可能である。このように、防災性だけでなく、平常時の省エネルギー性と経済性を兼ね備えた拠点が果たす意義は大きく、拠点施設の管理・更新面を考慮した場合、その実現可能性や持続可能性も高いと考えられる。

(c) 結論ならびに今後の課題

自律分散型拠点施設として、8都府市の庁舎建物を対象とし、エネルギー供給系、水供給処理系の設備の状況、BCPおよび非常時のニーズについてアンケートおよびヒアリング調査を行った結果、以下のような非常時のライフライン機能の課題と自律分散型拠点の計画要件が明らかになった。エネルギー供給系については、全庁舎に自家発電設備が設置されているものの容量にばらつきがあり、契約電力に対する自家発電容量の割合は24～90%であった。発電容量の大きい施設においても、備蓄燃料量が十分でないケースがあり、運用面の検討が必要であることがわかった。水供給処理系については、給水可能量を試算した結果、給水可能日数は0.1～51.8日であった。給水槽に加え空調用蓄熱槽水の活用が有効であり、蓄熱槽水を利用できるような設備計画が必要であることがわかった。

また、太陽光・風力発電設備や雨水、井水等の災害時利用可能性を検討するとともに、非常用発電設備の兼用化による省エネルギー効果も明らかにした。BCPは、策定中または策定予定の段階であり、次年度以降も追跡調査を実施する必要がある。今後、さらに対象施設を加えて調査を継続し、非常時に各拠点施設・地域に求められる活動内容と必要なライフライン機能・需要量を明らかにし、非常時のライフライン機能の課題と自律分散型拠点の計画要件を整理する予定である。

(d) 引用文献

- 1) 中央防災会議：首都直下地震対策大綱, 2005.9
- 2) 内閣府（防災担当）：首都直下地震に係る被害想定手法について,
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/15/shiryoku3.pdf>
- 3) 阪神・淡路大震災神戸市災害対策本部：阪神・淡路大震災—神戸市の記録 1995年一, (財)神戸都市問題研究所, 平成8年1月17日
- 4) 国土交通省：官庁施設の総合耐震計画基準, 平成19年12月
- 5) 公共建築協会（発行）・国土交通省大臣官房官庁営繕部（監修）：官庁施設の基本的性能基準及び同解説 平成18年度, 豊文堂, 2006.
- 6) 元アンナ, 吉田聡, 佐土原聡：各種建築物のエネルギー設備の現状・ニーズに関する調査に基づく分析—供給信頼性を考慮した地域エネルギーシステムの構築に関する基礎的研究—, 地域安全学会論文集, No.8, pp.235-242, 2006.
- 7) 国土交通省：国土交通省業務継続計画, 2007.6
- 8) 京都市消防局：京都市防災水利構想, 2007.11
- 9) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧<第13版>4 給排水衛生設備設計編, p.107, 2001.12
- 10) 日本工業出版：天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2005, 2005.
- 11) 稲垣景子, 吉田聡, 佐土原聡：建築物における保安電力の確保に関する考察 北米大停電における自家発電設備の稼働実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp.783-784, 2004.
- 12) 角田晃司, 岡西靖, 佐土原聡, 村上處直：建築物における保安電力の確保に関する研究 (兵庫県南部地震における自家用発電設備の稼働実態調査に基づく考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp.637-638, 1996.
- 13) 角田晃司, 岡西靖, 佐土原聡, 村上處直：建築物（医療施設）における保安電力の確保に関する研究 (兵庫県南部地震における停電に対する医療施設の対応状況調査に基づく考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp.639-640, 1996.
- 14) 日本内燃力発電設備協会：阪神大震災における自家用発電設備調査報告書, 1996.3

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果	発表者氏名	発表場所	発表時期	国内・外の別
既存建物間熱融通による地域冷暖房の新しい展開（口頭発表）	佐土原聡	日本建築学会大会 （学術講演梗概集D-1, p.877-878）	平成19年8月	国内
停電が生活行動に与える影響調査 長崎市における2006年台風13号災害を対象として（口頭発表）	稲垣景子, 吉田聡, 佐土原聡	日本建築学会大会 （学術講演梗概集D-1, p.841-842）	平成19年8月	国内

分散型エネルギーシステムの面的利用による街区のサステナビリティ向上に関する研究（その1）街区計画／建築計画の方策に関わる枠組み（口頭発表）	工月良太, 村上周三, 佐土原聡, ほか3名	日本建築学会大会 （学術講演梗概集D-1, p.889-890）	平成19年8月	国内
分散型エネルギーシステムの面的利用による街区のサステナビリティ向上に関する研究（その2）導入のための評価モデル（口頭発表）	長谷川巖, 村上周三, 佐土原聡, ほか3名	日本建築学会大会 （学術講演梗概集D-1, p.891-892）	平成19年8月	国内
分散型エネルギーシステムの面的利用による街区のサステナビリティ向上に関する研究（その4）事例研究2：都心区における導入ポテンシャル（口頭発表）	元アンナ, 佐土原聡, 村上周三, ほか4名	日本建築学会大会 （学術講演梗概集D-1, p.895-896）	平成19年8月	国内
横浜市金沢区でのエネルギーの地産地消に関する研究（口頭発表）	釜賀将博 吉田聡 佐土原聡	日本建築学会大会 （学術講演梗概集D-1, p.919-920）	平成19年8月	国内
Establishing Relationship between Disasters and Global Environmental Problems for Sustainable Communities（口頭発表）	Satoru Sadohara	2 nd International Conference on Urban Disaster Reduction (CD, 6 pages)	平成19年11月	海外
講演「エネルギー、水の面から見るDCPの意味」（口頭発表）	佐土原聡	DCP（District Continuity Plan）シンポジウム, 主催：（財）都市防災研究所 東京都DCP構想モデル地区検討委員会	平成20年3月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文	発表者氏名	発表場所	発表時期	国内・外の別
「地球環境」と「防災」の体系的整理と統合化の試み	佐土原聡	日本建築学会総合論文誌第6号 地球環境と防災のフロンティア, p.5-8	平成20年	国内

「エネルギーの面的利用」と地域冷暖房の新しい展開	佐土原聡	省エネルギー, Vol.59, No.9, p.18-22	平成19年	国内
災害に備える大都市のエネルギーシステムのあり方	佐土原聡	セイフティエンジニアリング, No.147, p.13-17	平成19年	国内
地震災害に備える大都市のエネルギーシステム	佐土原聡	都市計画, Vol.56, No.3, p.9-12	平成19年	国内

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果	対応者氏名	報道・掲載機関	発表時期	国内・外の別
特になし				

(f) 特許出願, ソフトウェア開発, 仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成20年度業務計画案

首都直下地震の想定被災地域の自律分散型拠点となる施設（官公庁，病院，企業本社，コンピュータ関係など）、よびその集積地区を抽出する。それらを対象に、エネルギー供給系（電気，ガス，自家発電設備，情報通信用エネルギー設備を含む）、水供給処理系（上下水道）の設備の状況、BCPおよび非常時のニーズについて実態調査、ヒアリングを行う。その結果に基づき、非常時に各拠点施設に求められる活動内容と必要なライフライン機能・需要量を明らかにし、非常時のライフライン機能の課題と自律分散型拠点の計画要件を整理する。