

大阪御堂筋における安全街区構築に伴うエネルギー供給システムに関する調査研究

環境工学—都市環境・都市設備

安全街区 地区インフラ 常時防災兼用ガス CGS

1. 研究概要

1-1 研究目的

日本列島は世界有数の地震国であり大都市圏で地震が発生すると、日常生活のみならず経済、行政機能に大きな被害が及ぶと考えられる。本研究対象地区である大阪御堂筋においても、日本有数の業務集積地として安全性が求められる為、災害時においても自立的に機能する地区であることが望まれる。

尾島研究室では、従来研究として既存のインフラとは異なる新たなライフラインを保有した安全街区の考え方が提案がされている。

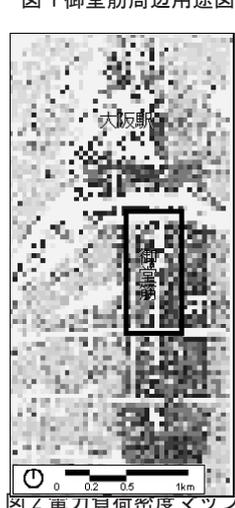
そこで本論文では、大阪御堂筋のオフィスビルを対象として、企業の事業継続という観点から非常時に供給可能となる地域エネルギーシステムについて考える。平常時についてもその有効性を示すことにより、大阪御堂筋地区に平常時利用の可能なライフラインを敷設した地区を提案し、安全性及び環境性に優れた地区づくりに貢献することを目的とする。

1-2 研究背景

大阪御堂筋地区は、キタと呼ばれる大阪駅や梅田駅、ミナミと呼ばれる難波の商業地域との中間に位置し、業務施設が地区の大部分を占める重要な地域であると言える(図1)。御堂筋周辺の電力需要を把握するために、50m×50mのメッシュで電力負荷密度マップを作成した(図2)。その結果、御堂筋に沿って高い電力需要を示していることが分かった。

また、この地区は都市再生緊急整備地域に定められており、都市再生の拠点として緊急かつ重点的に市街地の整備を推進する必要がある。そのため、当地区における今後の課題としては、老朽化した建築物の更新、企業集積やIT化による高度化に向けた中枢都市機能集積地の形成などが挙げられる。

このような点からも、企業の事業継続維持のために、非常時においても安定的に都市機能を維持し得る安全街区として提案を行う。



準会員 ○ 則武 賢成*¹ 正会員 渡辺 一博*²
 正会員 井口 奈津紀*² 同 増田 幸宏*³
 同 入川 智行*² 同 高橋 信之*⁴
 同 杉浦 隆之*² 名誉会員 尾島 俊雄*⁵

1-3 安全街区に関する従来研究

既往の研究²⁾より安全街区とは、高度都市機能集積地区において、非常時(大規模地震等により都市インフラ機能が停止した場合)においても必要な中枢機能を維持する事ができる安全な街区と定義されている。その機能とは、①エネルギー供給の信頼性確保、②情報通信機能の継続、③行政・経済中枢機能の継続、④業務の継続(重要業務機関)、⑤帰宅困難者対策、⑥要人の宿泊機能を可能とすることである。信頼性の高い街区とする仕掛けは地区インフラと呼ばれる都市インフラから自立したライフラインを保有することにある。非常時のエネルギー供給システムを構築することにより、地区のエネルギー供給手段を確保し、企業の業務継続を可能とする。

2. アンケートによる実態調査

2-1 調査概要

非常時のエネルギー供給システム構築に先立ち、現状の建築設備を把握するため実態調査を行った。

調査対象は図3に示す大阪市中央区の御堂筋に隣接した47棟の業務施設である。調査期間は2006年8月2・3日の両日に訪問によるアンケート調査を実施し、後日郵送又はFAXにより返信を頂いた。表1が調査項目であり、最終的な回収結果は表2のようになった。

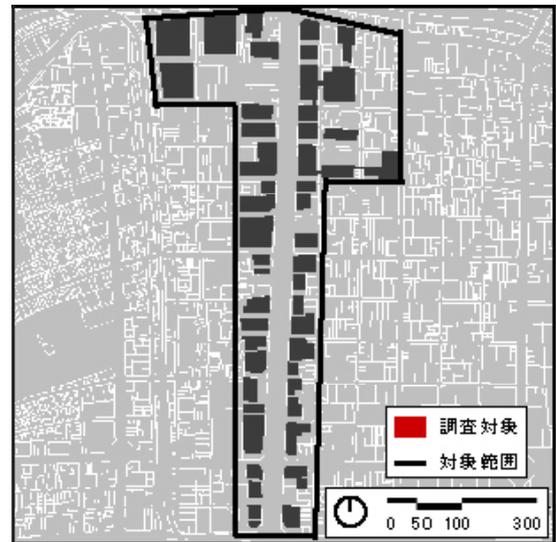


表1 調査項目

<建物概要>	竣工年
	延床面積 [m ²]
<電気設備概要>	受電方式
	契約電力 [kW]
	自家発電電機容量 [kVA]
	備蓄燃料(稼働時間) [L(時間)]
<冷暖房設備概要>	空調方式
	熱源機器

表2 回収結果

	業務施設
配布数	47棟
回収数	22棟
回収率	47%

2-2 調査結果

2-2-1 建築概要について

大阪御堂筋には、古いもので50年前に竣工された建物が依然残っており、建築基準法施行令大改正が行われた1981年以降に竣工された建物は4棟であるという調査結果が得られた(図4)。また、各建物の延床面積を集計した結果、延床面積が20,000~30,000㎡の建物が数多く見られることが分かった(図5)。この地区の建物高さは、1995年以前は百尺(31m)に制限されていたため、現在でも高さの揃った建物を見ることが出来る。1995年以降、壁面後退等を条件として50m制限に緩和されたことで容積率も上昇し、地区景観に変化が起きている。

2-2-2 電気設備概要について

図6に各受電方式の割合を示す。一回線受電、本・予備線受電を採用している建物が18棟あり、地域で主に利用されている方式であることが分かる。

図7に契約電力に対する自家発電機容量の割合を示す。これにより、ピーク時の電力負荷に対して、各建物の自家発電機ではどの程度の割合まで電力を自活供給できるかを把握することができる。図7より、契約電力に対する自家発電機容量の割合は、一般業務建物は平均で36%、本社機能を持つ本社業務建物は平均で60%、金融建物は平均で64%となり、一般業務建物の平均値が他に比べて低いことが分かった。

また、自家発電機の稼働時間は、各建物の備蓄燃料の量によって異なり、稼働時間が24時間未満の建物が13棟、24時間以上48時間未満の建物が2棟、48時間以上の建物が4棟という結果になった(表3)。

2-2-3 熱源機器概要について

空調方式については、熱源中央方式を採用する建物が20棟と大部分を占め、個別熱源分散方式を採用する建物が2棟と数少ない(表4)。

さらに現在利用する熱源機器について調査した結果、給湯機器、暖房機器、冷房機器の建物別内訳は図8のようになった。図8より、冷温水発生器を利用する建物数が多く、給湯、暖房、冷房各機器全てに利用が見られることから、この地域では都市ガスを利用した熱源方式が多く採用されていることが分かる。

2-3 分析とまとめ

■問題点

- ・スポットネットワーク受電を採用している建物の設備は信頼性が高いが、当地区での利用は少ない。
- ・一般業務建物の契約電力に対する自家発電機容量の割合は、他の業務建物に比べて低い。
- ・中央防災会議では、非常時に危機的な状態が続くのは、最初の72時間であるとされており、その72時間稼働分の燃料を持つ建物は22棟中2棟である。

■安全街区指導に向けての着目点

- ・この地域では冷温水発生器等、都市ガスを利用する熱源機器を多数用いている。
- ・熱源中央方式を採用している建物が多く、建物内では熱源機器を一括管理することが可能である。

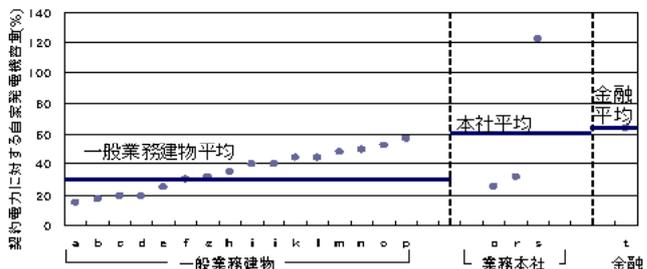
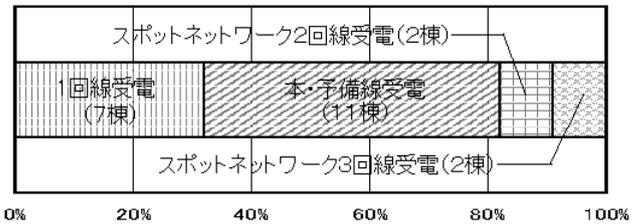
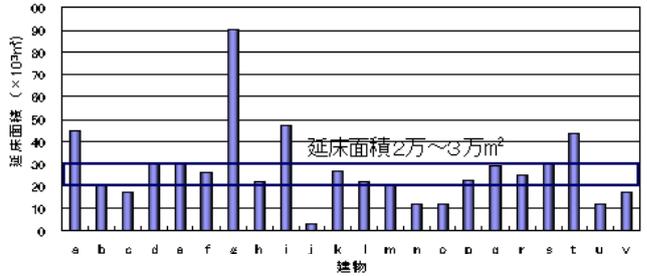
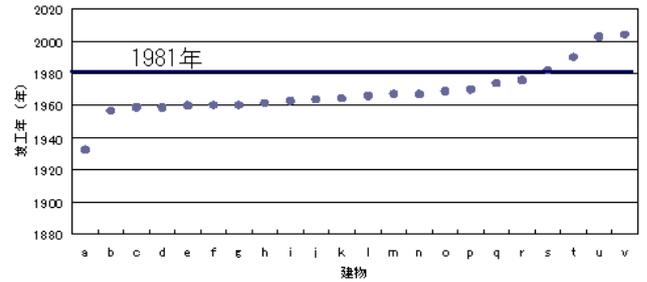


図7 契約電力に対する自家発電機容量の割合 (有効回答数: 20)

表3 自家発電機の稼働時間 (有効回答数: 19)

時間(h)	棟数(棟)
~24	13
24~48	2
48~72	2
72~	2
無回答	3
合計	22

表4 空調方式 (有効回答数: 22)

空調方式	棟数(棟)
熱源中央方式	20
熱源分散方式	2
合計	22

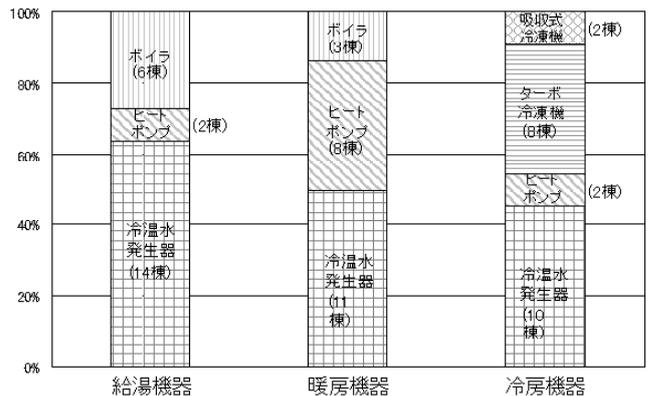


図8 熱源機器の内訳 (有効回答数: 22)

3. 地域エネルギー供給システムの提案

3-1 提案概要

提案に際し、「非常時における各建物の電力需要を満たし、且つ72時間の業務継続を可能にすること」を地域エネルギー供給システムの基本方針として定める。設置する非常用発電機の容量に関しては、竣工年度の新しい建物から3棟を抜き出し、それらの契約電力に対する自家発電機容量の割合の平均値49%を業務継続に必要な電力として設定する。

具体的な提案としては、現状で保有している自家発電機を契約電力に対し49%の容量を持つ発電機に置き換えるというものであるが、通常、自家発電機は非常時以外遊休化されるため、法令最低限程度の発電容量のものが設置されているケースが多い。そこで、非常時の予備電源としてだけではなく、平常時の分散電源としても利用できるシステムを提案することにより、有用性の向上を図る。そのため本提案では、非常時における電力供給の自立性向上だけでなく、平常時の自家発電機の利用による効果も検証する。

当対象地域では業務施設が密集するため、熱負荷が多く見込まれる。そこで、非常用発電機を電気・熱共に供給可能なコージェネレーションシステム（以下CGS）として設置する。既存の論文³⁾よりCGSはネットワーク化することにより負荷の平準化が行えるため、省エネ効果が期待される（図10）。

3-2 エネルギー需要量の算定

調査結果から得られた建物個々の契約電力の90%をピーク電力として設定し、電力・熱負荷原単位³⁾を用いてエネルギー需要量を算定した。

算定の結果、非常時3日間（7月平日）の電力需要量は1,076MWh、熱需要量は36GJ、平常時年間の電力需要量は136GWh、熱需要量は329TJとなった。

3-3 提案システムの設定

今回の提案で用いるCGSは、常用防災兼用の発電機としてマルチフューエルエンジンを採用する。マルチフューエルエンジンとは、平常時は都市ガス等のガス燃料を、非常時には重油等の液体燃料を用いることができるガス・ディーゼル兼用機である。

まず初めに、常用防災兼用発電機の容量設定を行う。対象建物47棟に各契約電力の49%の電力を供給できる容量の機器を設置する。その際、補機動力分を加味する。CGSの各機器効率、部分負荷効率に関しては、カタログ値¹⁾を参照し算出した（表5～7）。

次に、CGSの運転方法を設定する。非常時には電力が第一に必要なと考え、非常時の電力需要を満たすために電主熱従運転を行う（表8）。震災は夏期日中ピーク時に発生したものと設定する。負荷変動は原則平常時に準じ、ピーク時電力は契約電力の49%まで低減させた値を用いる（図11）。平常時については効率の良い運転を行うため、熱負荷に合わせた熱主電従運転を行う（表9）⁴⁾。不足熱量については既存の機器を運転させることにより、不足電力については系統電力の買電により賄うものとする。（図13～14）。

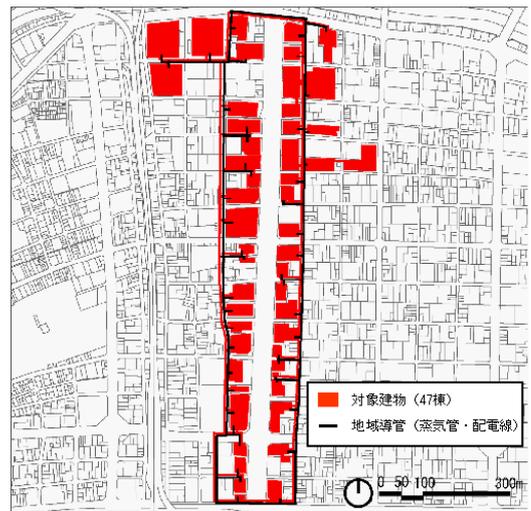


図9 CGSのネットワーク図

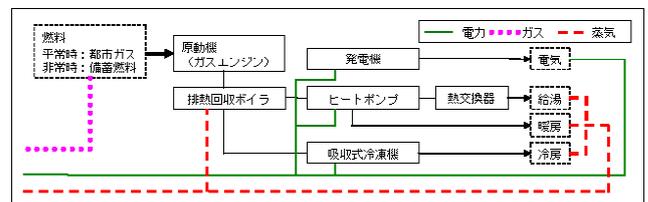


図10 CGSの模式図

表5 CGSの効率の設定

発電効率 (高位発熱時)	41% (37%)
排熱回収効率	31%

表6 機器能力

吸収式冷凍機効率	1.00
火力需要増効率	0.37
都市ガス需要増効率	1.00
送電ロス	0.05
送熱ロス	0.10

表7 CGS部分負荷効率設定

発電効率 (%)	$Y = -0.0008X^2 + 0.1998X + 25.02$
排熱回収効率 (%)	$Y = -0.0068X^2 + 0.8946X + 9.99$
使用燃料 (m ³ N/kWh)	$Y = 6E - 0.7X^2 + 0.002X + 0.0476$

表8 運転方法（非常時）

運転方法	運転潮流の有無	買電の有無	補機動力の電力消費量	負荷率20%以上の時のみ運転
電主熱従運転	逆潮流なし	買電なし	機器容量の10%	の時のみ運転

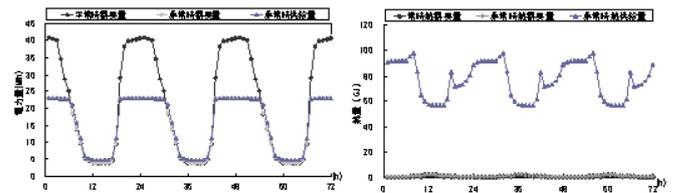


表9 運転方法（平常時）

運転方法	運転潮流の有無	買電の有無	補機動力の電力消費量	負荷率20%以上の時のみ運転
熱主電従運転	逆潮流なし	買電あり	機器容量の10%	の時のみ運転

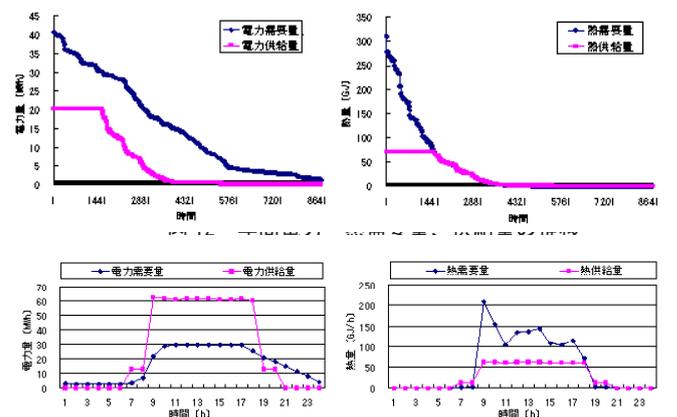


表 10 電力供給自立性評価

	現状	提案
自給率[%]	91	104

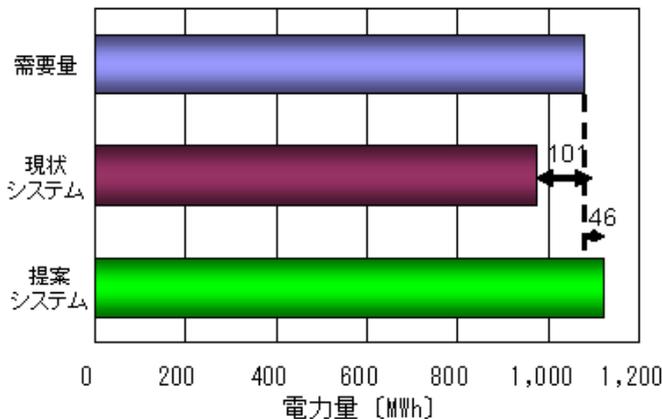


図 14 電力需要に対する日給率について

表 11 一次エネルギー換算値

一次燃料換算値	
電気	9.83MJ/kWh (大阪ガステータ)
ガス	45MJ/m ³ (大阪ガステータ)

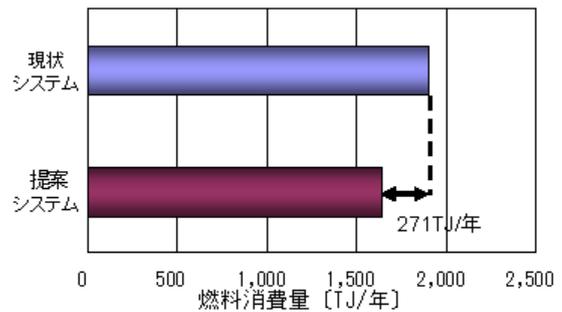
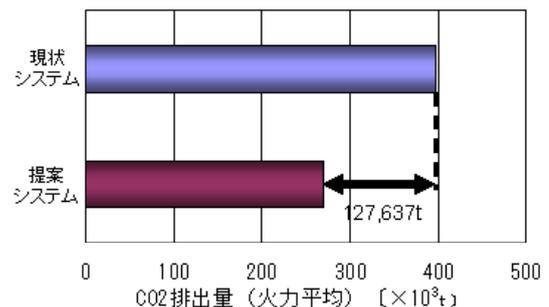


表 12 CO₂ 排出係数

火力平均排出係数	
電気	0.97kg-CO ₂ /kWh(関西電力2004年実績値)
都市ガス	0.99kg-CO ₂ /m ³ (大阪ガス2004年実績値)



4. 評価

4-1 非常時における

非常時において、都市インフラが遮断された際に、地区として電力量をどの程度確保できるかについて評価を行った。その結果、提案したシステムを用いると、非常時の104%の電力を確保できることが可能となり、自給率が高くなる為、信頼性が増す(表10、図14)。

4-2 平常時における評価

4-2-1 省エネルギー性評価

省エネルギー効果は、現行と提案システムの一次エネルギー消費量を比較することにより算定を行う。結果、一次エネルギー使用量は271TJ/年削減でき、提案システム導入による省エネルギー効果は約14%となった(表11、図15)。

4-2-2 環境性評価

環境性評価は、現行と提案システムのCO₂排出量を比較し算定を行う。今回は火力平均のCO₂排出量と比較することとした。その結果、CO₂排出量は127,637t削減でき、提案システム導入によるCO₂排出量削減効果は約32%となった(表12、図16)。

5. 結論とまとめ

本論文ではまず、対象地域の建物の設備について実態調査を行い現状を把握した。その後、常用防災兼用ガスCGSを用いたエネルギー供給システムを地域に対して提案することにより、非常時、平常時についての効果を求めた。その結果は以下の通りである。

- ・現状では、非常用発電機容量、備蓄燃料共に事業継続のための必要量には達していない。
- ・非常時の電力供給量は需要量の104%の電力を保有することができ自立性が高まるため信頼性が高い。

- ・平常時には省エネルギー効果は14%となり、CO₂排出量は32%の削減効果を得ることができた。
- ・今回設定した契約電力あたり49%の非常用発電機を各建物内に設置することは、非常時、平常時共に効果的であると考えられる。
- ・提案システムにより、地区での電力の自立性が保たれる。非常時にも最低限の業務継続を維持できる安全街区のエネルギー面での構築の一端を示すことができた。

謝辞

本研究では大阪市GISデータを利用させていただきました。また、アンケート調査に御協力頂きました皆様方にこの場を借りて深く御礼申し上げます。また、本研究では尾島研究室の渡辺一博氏、井口奈津紀氏、入川智行氏に御協力を頂きました。ここに記し、深く感謝の意を表します。

参考文献

(1)「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル2005」日本エネルギー協会

学会論文

(2)高橋信之、杉浦隆之、渡辺一博、梶川彩乃、増田幸宏、尾島俊雄(2006)

東京都心部における安全街区の構築に関する研究(その1)2006年度日本建築学会大会 学術講演梗概集D-1分冊環境工学I, p.755-756 2006年9月

(3)井口奈津紀、杉浦隆之、後藤美咲、増田幸宏、中嶋浩三、高橋信之、尾島俊雄(2006)「名古屋都市部における地域熱供給ネットワーク化の可能性に関する研究」日本建築学会 2005年度関東支部研究発表会 研究報告集I, p.405-408 2006年3月

(4)池田直樹、藤嶋晋平、増田幸宏、高橋信之、尾島俊雄(2005)

「大深度地下インフラを利用した熱・電エネルギー供給システムに関する研究」(その1)、(その2) 2005年度日本建築学会大会 学術講演梗概集D-1分冊環境工学I, p.571-574 2005年9月

*1 早稲田大学理工学部建築学科 *2 早稲田大学大学院修士課程 *3 早稲田大学理工学総合研究センター講師・博士(工学) *4 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博 *5 早稲田大学教授・工博