

東京駅周辺地域における業務継続のための電力確保に関する調査研究

準会員○藤原 裕大*¹ 正会員 増田 幸宏*³
 正会員 入川 智行*² 同 中嶋 浩三*³
 同 井口 奈津紀*² 同 高橋 信之*⁴
 同 杉浦 隆之*² 名誉会員 尾島 俊雄*⁵

環境工学—都市設備・環境管理

非常用電源 業務継続計画 地区インフラ

1. 研究概要

1-1 研究目的

ミュンヘンレポート発表以降、東京の都市機能における安全性や信頼性に関し危機感が持たれている。現在、国際的に業務継続計画の必要性が高まっており、今後国際市場での評価指標となることを考えると、早急な業務継続計画の策定が必要である。業務継続を推進していく上で、非常時の電力確保は最重要項目であるが、現状でその対策は十分でないとされている。そのため、各建物における非常時電力対策の現状を把握し、新たに対策を講じる必要があると考えられる。

そこで本論文では、大手町・丸の内・有楽町・内幸町地域（以後、大丸有・内幸町地域と表記）の建物を対象として、非常用電源設備の調査を行い、現状の非常時電力対策の把握を行う。調査結果の分析により、業務継続のための必要電力の算定を行い、非常時における不足電力を補う地区インフラの提案を行う。そしてその地区インフラを用いた非常時電力対策の検討・評価を行う。

これにより、企業の電力ライフライン対策を堅固にし、業務継続計画の策定推進に貢献することを目的とする。

1-2 大丸有・内幸町地域の概要

大丸有・内幸町地域は日本を代表する業務集積地域であり、企業本社の集中する地域でもある。日本のGDPの約20%をシェアし、日本経済の中核的機能を担っている地域であるため、業務継続の必要性は高い。

表1より、当地域の不燃化率は東京23区と比較しても97.7%と最も高く、火災延焼や建物倒壊の危険性は他の地域と比較しても低いため、災害後も建築自体は機能する可能性が高い。しかし、インフラ供給が停止すると、業務が中断する危険性がある。そのため、当地域においては、インフラ供給の停止を考慮したライフライン対策を優先的に考えていく必要がある。

表1 23区の不燃化率¹⁾

	不燃化率(%)		不燃化率(%)
千代田区	89.9	北区	40.6
(大丸有地域)	97.7	墨田区	38.3
中央区	80.5	板橋区	36.8
港区	76.4	大田区	36.7
新宿区	63.4	葛飾区	34.0
渋谷区	62.4	足立区	32.8
台東区	53.9	中野区	31.4
江東区	51.9	世田谷区	30.6
文京区	48.3	荒川区	30.3
豊島区	45.5	練馬区	30.0
品川区	44.8	江戸川区	29.2
目黒区	42.2	杉並区	24.5

2. 非常用電源設備に関する現状調査

2-1 調査概要

非常時電力対策の現状を把握するため、2006年7月～9月に非常用電源設備の調査を行った。

調査対象は、千代田区大手町1・2丁目、丸の内1・2・3丁目、有楽町1・2丁目、内幸町1・2丁目の地域の119棟の建物とする（図1）。

調査方法は、各建物の直接訪問によるアンケート配布である。アンケートの回答は電気設備管理者等に依頼した。アンケート用紙の回収は原則としてFAXによる返信であるが、アンケートの不明瞭な箇所については電話によるヒアリングの追加調査を行った。

調査項目を表2に記す。

表2 調査項目

電力契約概要	建築種別
	電力契約種別
	受電方式
	契約電力(kW)
自家発電機	受電責任(kV)
	電力使用量(kWh)
	原動機種別
	容量(kVA)
蓄電池	用途
	防災負荷(kW)
	電池種別
備蓄燃料	容量(Ah)
	燃料種別
	備蓄容量(L)
	稼働可能時間(h)
	備蓄場所

図1 調査対象地域

2-2 アンケート回収状況

表3はアンケートの回収状況を示しており、アンケート対象119棟のうち47棟から回収できた。

表3 アンケートの回収状況

業務種別	該当数	回収数	回収率
一般	57	23	40%
金融	31	11	35%
情報・通信	7	1	14%
IDC・IX	4	2	50%
官庁	6	4	67%
商業・ホテル	14	6	43%
総計	119	47	39%

2-3 集計結果

2-3-1 自家発電機有効電力

図2は業種別に各建物の契約電力に対する保有自家発電機有効電力の割合を示したものである。

まず、データセンター（情報・通信）と防災拠点（官庁）は自家発電機有効電力が契約電力の約90%を占めており、非常時においても平常時とほぼ同様の業務活動が可能であることがわかった。一方、一般、防災拠点以外の官庁施設、商業・ホテルのビルに関しては20～30%の値を示した。

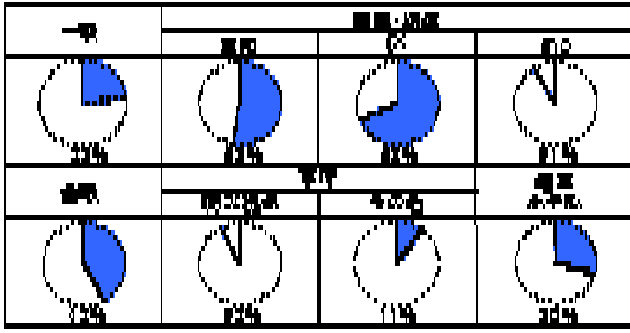


図4 大手町の業務継続計画策定率

2-3-2 自家発電機の稼働可能時間

図3に業種別に自家発電機の稼働可能時間を示した。稼働可能時間は各建物の備蓄燃料によって、どの程度運転可能かを示したものである。

防災拠点（官庁）の建物に関しては、官公庁の総合耐震設計基準に準拠しており72時間と高い値を示しているが、それ以外の業種の建物に関しては、おおよそ20時間前後であった。また、稼働時間の集計により、非常時において1日以上電力の自給が可能な建物は全体の約30%程度であることがわかった。

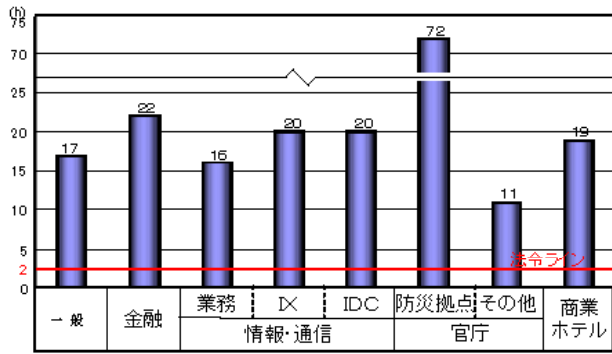


図3 自家発電機の稼働可能時間

3. 調査結果の分析

3-1 業務継続に必要な電力

調査結果をもとに業務継続のために必要な電力の算定を行う。表4は現在業務継続計画を策定している企業の割合を示している。現在業務継続計画を策定している建物は高い設備水準にあると考えられるので、一般の建物に関しては、表4の割合の値を用いて上位19%の建物の自家発電機有効電力の平均値を算定し、業務継続に必要な電力とする。金融、商業・ホテルの建物に関しても同様に算定を行う。

次に、情報・通信、官庁の建物に関しては、今回得られたサンプル数が少なかったものの、それぞれにおいて高い数値を示したことから、サンプルデータの値を必要量として用いる。

業種別の算定数値を表5に記した。以上電力の自給が

表4 大手町の業務継続計画策定率

一般	金融	商業
19.0%	62.2%	18.2%

表5 業務継続のための必要電力

一般	(契約電力) × (46%)	
金融	(契約電力) × (50%)	
情報通信	(業務)	(契約電力) × (53%)
	(IX)	(契約電力) × (68%)
	(IDC)	(契約電力) × (91%)
官庁	(防災拠点)	(契約電力) × (91%)
	(その他)	(契約電力) × (11%)
商業・ホテル	(契約電力) × (53%)	

3-2 業務継続に必要な自家発電機稼働時間

官公庁施設の総合耐震設計基準においては、自家発電機稼働時間の基準として、重要施設は72時間が必要最低ラインであると定められている（表6）。

そのため、業務中枢機能を担う当地域の建物に関しては、すべて72時間を必要時間とする。

表6 官公庁施設の自家発電機稼働時間の基準³⁾

甲種	防災拠点	72時間
乙種	その他	108時間

4. 非常用電力対策の検討

4-1 地域全体の推定

以上までのデータは調査サンプルのみを用いたデータであるが、以後は地域全体での必要電力量の算定を行うため、サンプルが得られなかった建物に関しては推測値を用いる。推測値は、各建物の延床面積に単位延床面積あたりの業種別平均値（表7）を乗じて算出する。

表7 単位延床面積あたりの業種別平均値

業種別平均値	契約電力 (W/m ²)	自発有効電力 (W/m ²)	備蓄燃料容量 (L/m ²)	防災負荷 (W/m ²)	保安負荷 (W/m ²)	
一般	36	13	0.10	6	7	
金融	61	26	0.12	13	13	
情報通信	業務	66	33	0.16	8	26
	IX	96	63	0.66	17	47
	IDC	313	286	3.62	10	276
官庁	防災拠点	39	32	1.71	6	46
	その他	82	14	0.07	9	3
商業ホテル	57	17	0.09	8	9	

4-2 非常時3日間のシミュレーションの設定

まず、非常時電力対策の検討をする上で、非常時3日間における電力需要の変動を把握する必要があるため、シミュレーションを行う。

平常時の電力需要の変動は、尾島研究室「光熱水原単位」の夏期平日の時刻別使用電力比率を用いて算定を行った。なお、算定の際に、(ピーク電力)=(契約電力×90%)として設定した。また、非常時の電力需要の変動は、原則として平常時の変動に準じ、ピーク時電力のみ表5の業務継続のための必要電力まで低減するものとして設定した。一般オフィスビルにおける、平常時と非常時の電力需要の推移を図4に示す。他の業種についても同様の設定を行った。

自家発電機の運転方法は、日中ピーク時（電力需要>発電機出力）は定格運転、夜間（電力需要<発電機出力）は部分負荷運転とし、部分負荷運転時の燃料消費量は原動機別に部分負荷特性曲線を考慮して算定を行った。

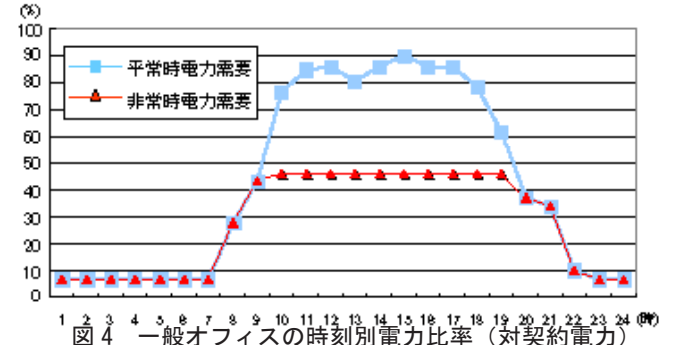


図4 一般オフィスの時刻別電力比率（対契約電力）

4-3 シミュレーション結果

図5にシミュレーション結果を示す。非常時3日間の設定は、日中ピーク時(13時)に震災発生とした。自家発電機の供給電力の推移を見ると、20時間前後を境に急激に供給量が下がり、以後はほとんどの建物において供給が停止することが分かる。

表7はシミュレーションによる最大電力と3日間の電力量の算定結果であり、現状設備では非常時3日間において820万kWh分の電力量が不足すると考えられる。この不足電力を補うために、地区インフラの提案を行う。

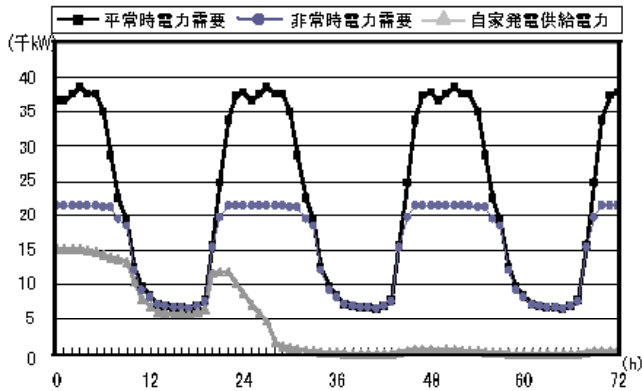


表8 最大電力と3日間の電力量

	最大電力(kW)	3日間電力量(kWh)
平常時3日間の電力需要	39万	1900万
非常時3日間の電力需要	22万	1100万
自家発電機の供給電力	15万	280万
非常時3日間の不足電力量	-	820万

4-4 地区インフラの提案

本論文では、地区インフラを「対象地域の電力供給を補佐する集中型エネルギープラント」として定義する。供給経路は、現状の地下配電線とする。

設置発電機容量の設定の方針であるが、従来尾島研究室では、平常時のエネルギー効率や環境性能向上を主な目的として地区インフラ導入の研究がされているが、本論文では、非常時における重要な電力供給源としても活用するためにはどの程度の容量が必要であるかという点に着目して設定を行う。図6に受電システム図を示す。

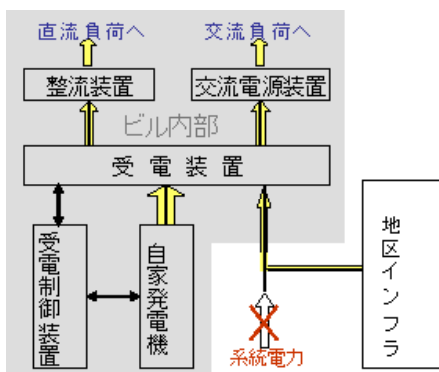


図6 受電システム図

4-5 対策パターンの検討

今後の非常時電力対策に伴う新規設備導入の負担をどのように各ビルと地区インフラで分担するか検討するために、対策パターンとして以下3つに分類した。それぞれの特徴としては、case1は地区インフラがすべて負担し、case2は各ビルと地区インフラ両方が負担、case3は地区インフラを導入せずに各ビルで全て負担する、というものである。それぞれにおいて、対策後の発電機室と燃料庫の増分面積の算定を行う。

CASE 1	各ビルは現状の自家発電機と備蓄燃料のままで地区インフラから不足分の電力供給を受ける
CASE 2	各ビルは現状の自家発電機と72時間分の備蓄燃料の増設により地区インフラから不足分の電力供給を受ける
CASE 3	各ビルで必要量の自家発電機と72時間分の燃料を備蓄することにより、非常時電力を全て自家発電する

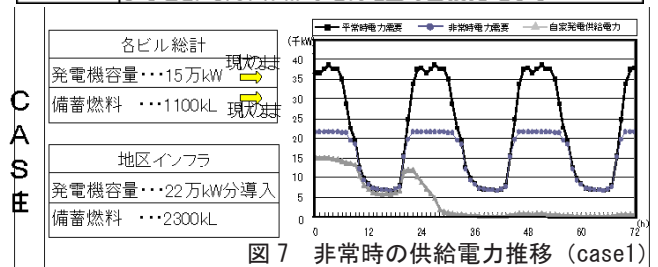


図7 非常時の供給電力推移 (case1)

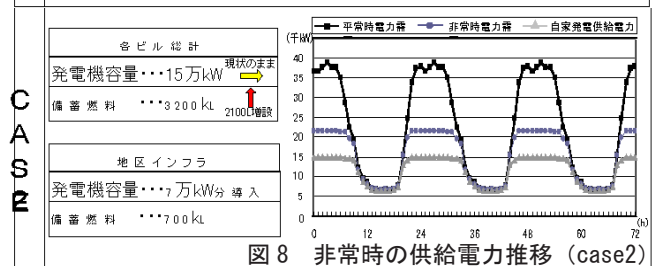
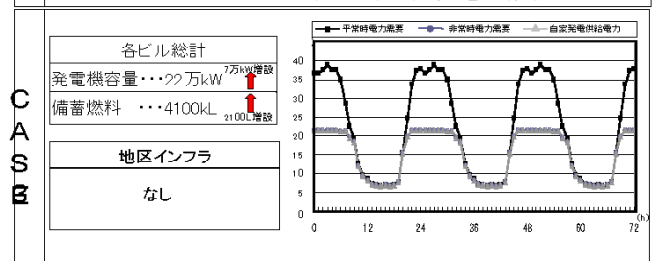


図8 非常時の供給電力推移 (case2)



4-6 増分面積の算定法

まず発電機室面積は、表9の発電機出力と発電機室面積の関係を用いて、各建物ごとに保有する自家発電機出力より算定を行った。

燃料庫面積に関しては、東京都火災予防条例を考慮した上で、燃料を正方立方形に充填していくものとして、面積の算定を行った(表10)。

表9 発電機出力と発電機室面積の一覧⁵⁾

ディーゼルエンジン		ガスタービンエンジン	
出力(kVA)	面積(m ²)	出力(kVA)	面積(m ²)
~ 100	19	250 ~ 300	45
200 ~ 300	33	400 ~ 500	53
300 ~ 500	38	625 ~ 700	56
500 ~ 1000	54	875 ~ 1000	60
1000 ~ 2000	70	1250 ~ 1500	90
2000 ~ 2500	111	2000 ~ 3500	112
3000 ~	150	3750 ~	170

表10 危険物保有に関する規制⁶⁾

燃料と壁面の保有距離	0.5m以上
危険物の積載高さ	4m以下

4-5 増分面積の算定結果

図 10 に各 case 対策後の各ビルと地区インフラの発電機室と燃料この総面積、表 10 に増分面積を示した。表 11 より、case2 が最も発電機室と燃料この増分面積が少なく対策が取れることが分かった。

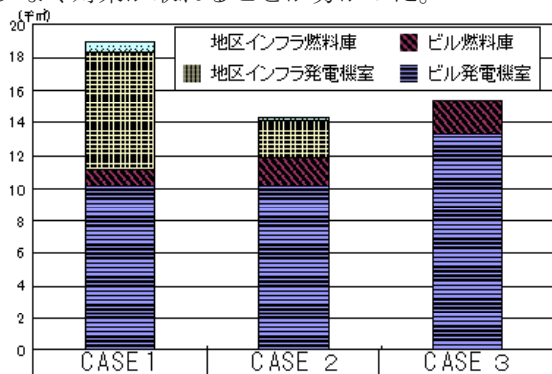


図 10 発電機室と燃料庫の総面積

表 11 各 case の増分面積

項目	Case 1	Case 2	Case 3
ビル	7,910	7,910	7,910
地区インフラ	887	1,719	887
燃料庫	7,018	8,018	-
発電機室	10,800	10,800	-
合計	16,615	18,447	8,800
増分	7,910	3,100	4,211

5. 非常時の電力対策の評価

case1 ~ case3 に対策パターンを、増分スペース、投資コスト、信頼性の項目で評価を行う。

まず、表 11 の増分面積は、発電機室と燃料庫のみの値となるが、この値に比例して、関連機器容量・機械室・電気室面積等も増加すると考えられるので、相対順位としては変わらず、最も case2 が小スペースで済むと考えられる。

投資コストに関しては、各ビルのみでの対応でよい case3 が最もコストが少なく、case2 は地区インフラの建設費用が必要であるため割高になり、case 1 は地区インフラの発電機が二重投資になってしまうため、最も投資効率が悪いと考えられる。

信頼性に関しては、非常用電源が 1 系統（各ビルの自家発電機）である case3 に対し、2 系統化（各ビルの自家発電機+地区インフラ）される case1 と case2 が相対的に高いと考えられる。

以上より、非常時電力対策としては case2 の『各建物は、72 時間分の燃料の備蓄をして、不足電力を地区インフラより供給を受ける』という対策が最も妥当だと考えられる。

表 12 各 case の総合評価

	CASE 1	CASE 2	CASE 3
増分スペース	C	A	B
投資コスト	C	B	A
信頼性	A	A	B
(相対評価) ⇒ (劣) C < B < A (優)			

6. まとめと今後の展望

6-1 結論

本研究では、非常時に各建物の非常用電源によってどの程度電力供給できるかを把握するために、東京駅周辺地域の建物を対象として非常用電源の調査を行った。本論文ではその調査をもとに、非常用電源設備の現状の把握・分析、非常時電力対策の検討・評価を行い、以下の結論を得た。

- ・大丸有・内幸町地域の建物の自家発電機の発電有効電力は、地域総計で契約電力に対し 36% (15 万 kW) であり、備蓄燃料による稼働可能時間は平均で 21 時間であることが分かった。
- ・業務継続に必要な電力は、地域総計で契約電力に対し 55% (22 万 kW) と算定され、現状設備では非常時 3 日間において 820 万 kWh の電力量が不足すると考えられる。
- ・今後の非常時電力対策としては、各ビルで 72 時間分の燃料を備蓄し、不足分の電力を補うために、地区インフラを導入するのが妥当だと考えられる。

6-2 今後の課題

本研究では、業務継続のためのライフライン対策として電力に特化して、調査・考察を行ったが、非常時には他のライフラインも重要性が高く、今後検討が必要である。

ライフライン全体で連携して安定供給することによって、業務継続の安定性を確立することができると考えられるため、各ライフライン敬老の現状をそれぞれ把握し、総合的なライフライン対策を検討していく必要があると考えられる。

また、今回算定された地区インフラの発電機容量は、非常時における必要最低ラインである。そのため、今後地区インフラの常時運転について検討する際には、この非常時の必要最低ラインを満たした上で、システム設計・環境性能評価を行う必要があると考えられる。

謝辞

本研究にあたり、非常用電源設備に関するアンケート調査にご協力いただいた大丸有・内幸町地域の企業ならびに官庁施設の皆様方にこの場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 「東京駅周辺防災隣組」東京駅周辺・防災対策の在り方検討委員会
- (2) 「事業継続計画 (BCP) と IT 防災に関するアンケート調査結果」三菱総合研究所
- (3) 「官公庁施設の総合耐震計画基準」官公庁営繕部
- (4) 「建築の光熱水原単位」尾島研究室
- (5) 「建築設備設計マニュアル (電気設備編)」社団法人建築設備技術者協会
- (6) 「東京都火災予防条例」東京都

*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・工博

*4 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博