

## 大丸有地域における安全街区構築に関する研究

## 環境工学—都市環境・都市設備

## 安全街区 業務継続計画 (BCP) ライフスポット

## 1. はじめに

## 1-1 研究目的

首都直下型地震の発生が懸念されている現在、大丸有(大手町・丸の内・有楽町)地域には本社機能を持つ施設が集中し、首都直下型地震で被害を受けた場合には、国内のみならず世界に甚大な被害を与えると想定されている。また、1994年度「拠点都市の都市機能確保のための安全街区の在り方に関する研究」では都市機能確保のため地域の在り方として非常時でも都市中枢機能を維持することが出来る安全街区の概念が研究されていたが、さらに業務中枢機能の確保を保证するために、企業が自主的に防災設備に投資する安全街区を新たに検討することが有効であると考えられる。

そこで本論文では、大丸有地域において企業の安全を担保する仕掛けとして、ライフスポットを活用した安全街区を提案し、ライフラインの安定供給を保证する。これにより、企業の業務継続計画(BCP)の策定を支援し、大丸有地域の安全性に貢献することを目的とする。

## 1-2 研究背景

中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会報告」によると、現在までの防災対策は想定範囲内の災害を前提に対策をしており、具体的な対策は被災後に判断するしかないという考え方が強いと報告されている。しかし、現在企業の社会的責任が問われている中、企業にはいかなる災害時でも、コアとなる重要業務を中断させず、被害を最小限に抑えるための対策として、業務継続計画の策定が求められている。

## 1-3 安全街区の概念

従来研究「拠点都市の都市機能確保のための安全街区の在り方に関する研究」では、安全街区は数haの高度都市機能集積地域において、大規模地震等の広域災害時でも、最低限必要な都市中枢機能を維持することができる安全な街区と定義されている。この地域においては、都市中枢機能を確保するために、既存の都市インフラに加えて別系統のインフラを整備することによって、地区のインフラ供給の信頼性を高めることが可能となる。

そこで、この概念を発展させ、本研究における安全街区とは、非常時において都市中枢機能の中でも特に業務中枢機能を維持することを目的とし、耐震性に優れ自立した強固なインフラ供給基盤を備え、業務活動の維持が可能な地域と定義する。対象地域は約100ha程度の業務集積地域とし、本研究では大丸有地域を対象に、具体的な検討を行う。

また、本研究では電力・熱・水をライフラインと定

準会員○入川 智行\*1 正会員 増田 幸宏\*3  
正会員 渡辺 一博\*2 同 高橋 信之\*4  
同 梶川 彩乃\*2 名誉会員 尾島 俊雄\*5

義する。

## 2. 大丸有地域の現状と問題点

## 2-1 大丸有地域の現状

## 2-1-1 対象地域

対象地域は千代田区大手町1・2丁目、丸の内1・2・3丁目、有楽町1・2丁目の地域とする。

## 2-1-2 地域の特性と問題点

大丸有地域は日本を代表する業務集積地域であり、本社機能を持つ企業が集積している地域でもある。また、全国のGDPの約20%のシェアがあり、日本の経済活動の中心地域であると言える。

また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(表1)。

大丸有地域では、建物の直接的被害も少ないと想定され、建物自体は災害後も機能する可能性が高いが、ライフラインの供給が停止すると業務が中断する危険性がある。また、本社を置く企業が集中するため、業務の中断による甚大な経済的被害を及ぼすと考えられる。

表1 23区の不燃化率(2002年度)

	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

出典 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

## 2-2 大丸有地域の企業の業務継続への取り組み

調査の結果、大丸有地域における問題点としては主に金融系、公益事業者では多くの企業がBCPを策定しているが、その他の業種の企業では策定率が低いことがわかった。

また、ビルの非常用発電機の設置率は地域の中で約3/4しか設置しておらず、稼働可能時間は2~10時間程度である。大丸有地域の就業者に対する水・食糧の必要量に関しても区や地域の企業全体の貯水量・備蓄量は、水では必要量の7.6%、食糧では必要量の8.4%しかまかなうことができない(表2)。

表2 水・食糧の必要量と貯水・備蓄量

	水(飲料水+雑用水)	食糧
必要量(3日間)	152,324m <sup>3</sup>	1,923,921食
貯水・備蓄量	11,500m <sup>3</sup> (7.6%)	161,776食(8.4%)

※大丸有地域の就業者数=213,769人

### 3. ライフスポットを活用した安全街区の提案

#### 3-1 安全街区の提案

##### 3-1-1 ライフスポットの定義

広域災害時においてもある特定の地域（業務集積地など）にライフラインの安定供給を行い、地域の業務継続を支援する施設と定義する。耐震性に優れ、既存の都市インフラに加えて別系統でライフラインを供給することが可能である。ライフスポットは、大深度地下の安全な地盤を基礎とし、地下空間に設置するものとする。

##### 3-1-2 大丸有地域における安全街区の提案

ライフスポットを設置することにより、広域災害時に地域のライフラインが全て停止した場合でも、ライフラインの安定供給を保証し、企業の業務継続を支援することができる安全街区を大丸有地域に提案する。

また、ライフスポットの運営手法として、企業が共同でライフスポット運営主体を設立し、大丸有地域の企業が運営主体に投資することによって、ライフスポット利用権を得る。そして、ライフスポット運営主体からは非常時においても大丸有地域の企業に安定したライフライン供給を行うことを保証する。また、同時に企業のBCP策定を支援する（図1）。

ライフスポットでは、大丸有地域のライフラインが全て停止した場合でも、企業が最低3日間業務を継続させることができる電力・熱・水・食糧を供給する機能を持つものとする。

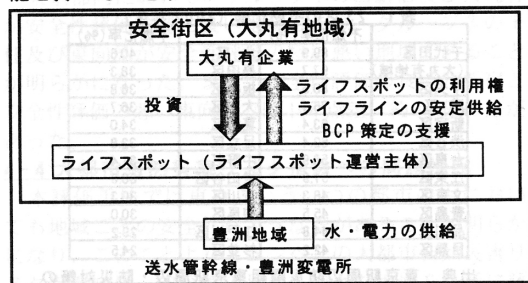


図1 安全街区の運営手法

##### 3-1-3 安全街区 caseA・caseBの提案

ライフスポット内に企業が最低限3日間業務を継続させることができる電力・熱・水・食糧を全て収めるとすると、他からの供給に頼ることなく自立してライフラインの安定供給を行うことが可能である反面、経済的に非常に大きな負担となる可能性がある。したがって、都内の中でもライフラインの主要幹線や、変電所などの拠点施設が集中している豊洲地域から安全な大深度地下空間に幹線を設置してライフライン供給を行うことによって、ライフスポットへの負担を少なくできるのではないかと考えられる。そこで、以下のcaseA、caseBについての検討を行う。

##### caseA（自立型）

ライフスポット内に全ての機能を収めるものとする。電力・熱の供給に関してはCGSを設置し、企業が3日間業務継続するために必要な燃料を備蓄する。同

じく3日分の水と食糧を備蓄するものとする（図2、図4）。

##### caseB（大深度地下利用型）

豊洲地域の送水管幹線と変電所から大深度地下空間を利用してライフスポットに水・電力の供給を行う。そのため、ライフスポット内には受変電設備・受水槽を設置する。また、情報通信回線に関しては、豊洲地域のデータセンターを介して外部と接続できるものとする。また、熱の供給に関してはライフスポット内にCGSの設置を行い、企業が3日間業務継続できる燃料を備蓄する。同じく3日分の食糧を備蓄するものとする（図3、図5）。



図2 caseA概要図



図3 caseB概要図

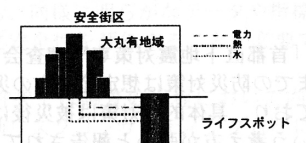


図4 caseA供給断面図

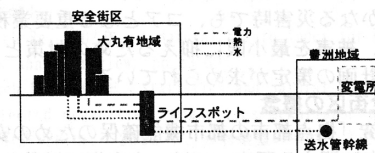


図5 caseB供給断面図

### 3-2 業務継続に必要な量の算出

#### 3-2-1 業務継続に必要な量の検討

ライフスポットの容量を設定するために、電力・熱・水の業務継続に必要な量を求める。業務継続に必要な量とは、非常時においても企業が通常通り業務を行える最低限の量とする。また、業務継続に必要な項目は『事業継続ガイドライン1版』<sup>(5)</sup>を参考に以下計算していくものとする。

また、大丸有地域のオフィスの総延床面積は5,842,906㎡であり、業務に必要な電力量・熱量・水量は原単位<sup>(3)</sup>を用いて算出した（表3）。

表3 通常時の必要量

	通常時の必要量
電力量(kWh)	185,974
熱量(MJ/h)	2,004,631
水量(㎡/日)	50,133

※それぞれピーク時の値を通常時の必要量とした

### 3-2-2 業務継続に必要な電力量

業務継続に必要な電力量の算出は以下の計算式によって算出した。また、表4に結果を示す。

$$\text{②} \left( \begin{array}{l} \text{業務継続に関わる} \\ \text{設備別電力量} \\ \times 100\% \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{業務継続に関わらない} \\ \text{設備別電力量} \\ \times \text{非常時の必要割合}^{(3)} \end{array} \right) = \text{業務継続に必要な電力量}$$

表4 業務継続に必要な電力量

設備	通常量(kWh)	非常時割合	業務継続に必要な電力量(kWh)	
空調動力	65,197	37%	41,000	
換気動力	8,741		5,500	
給排水衛生動力	9,603		6,000	
エレベーター動力	9,112		5,657	
シャッター自動閉鎖動力	1,338		800	
事務機器用動力	10,762		6,700	
通信機器用動力	3,612		2,200	
厨房用動力	2,720		1,600	
排煙用動力	3,761		2,300	
消火動力	5,188		3,100	
その他特殊警報警動力	5,589		3,400	
照明用コンセント	1,472		36%	900
空調用コンセント	1,442			870
換気用コンセント	8,574			5,100
給排水用コンセント	13,363			8,000
厨房用コンセント	1,709	1,000		
非常用コンセント	727	450		
玄関ホール	1,353	800		
役員室	18,099	11,000		
会議室		6,000		
情報交換室		6,000		
電子計算室		6,000		
待合室		6,000		
会議室		6,000		
展示室		6,000		
エレベーターホール	877	500		
廊下	251	150		
階段	123	70		
地下	1,408	850		
屋上	2,438	1,500		
植栽室	59	35		
変電室	132	80		
電気室	138	80		
非常用階段	2,274	1,400		
防火設備	1,145	700		
防犯設備	149	90		
防災警報設備	624	380		
合計	185,974		123,729(66.5%)	

### 3-2-3 業務継続に必要な熱量

業務継続に必要な熱量の算出については、以下の計算式によって算出した。表5に結果を示す。

$$\text{②} \left( \begin{array}{l} \text{業務継続に関わる} \\ \text{用途の熱量} \\ \times 100\% \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{業務継続に関わらない} \\ \text{用途の熱量} \\ \times \text{非常時の必要割合}^{(3)} \end{array} \right) = \text{業務継続に必要な熱量}$$

表5 業務継続に必要な熱量

項目(割合)	通常量MJ/h	業務継続量MJ/h(通常量に対する割合)
執務室	762,752	163,992(21.5%)
業務支援	221,492	47,621(21.5%)
情報管理	63,807	60,749(95.2%)
生活支援	70,408	15,138(21.5%)
通路	102,678	22,079(21.5%)
共有部	783,494	168,451(21.5%)
合計	2,004,631	478,026(23.8%)

### 3-2-4 水に関する業務継続に必要な量

業務継続に必要な水量の算出については、以下の計算式によって算出した。表6に結果を示す。

$$\text{②} \left( \begin{array}{l} \text{業務継続に関わる} \\ \text{用途の水量} \\ \times 100\% \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{業務継続に関わらない} \\ \text{用途の水量} \\ \times \text{非常時の必要割合}^{(3)} \end{array} \right) = \text{業務継続に必要な水量}$$

表6 業務継続に必要な水量

種別	用途(割合)	通常量m <sup>3</sup> /日	業務継続量m <sup>3</sup> /日(通常量に対する割合)
雑用系	トイレ洗浄水	15,040	7,367(49.0%)
	排水	1,504	737(49.0%)
上水系	空調	12,333	12,333(100%)
	手洗い洗面	7,520	1,950(26.0%)
合計	厨房	13,536	3,509(26.0%)
	合計	50,133	26,095(52.0%)

### 3-3 ライフスポットの容量設定

3-2で算出した業務継続に必要な電力量・熱量・水量を考慮し、ライフスポット内に設ける機器スペース、備蓄スペースを設定する。CGSの機器設定を表7に示す。caseAにおいて熱主電従型の運転方法を取ると、電力をまかなうことができないため、電主熱従型とした。caseBでは電力は大深度地下から供給するため、熱主電従運転とする。

燃料・貯水槽・食糧備蓄に関しては、caseA、caseBとも3日分の量とした。また、caseBは大深度地下を利用するため、貯水槽は設置しない。

表7 CGSの機器設定

運転方法	caseAにおけるCGS		caseBにおけるCGS	
	電主熱従型	熱主電従型	電主熱従型	熱主電従型
発電効率	33%	24%	33%	24%
排熱回収効率	42%	47%	42%	47%
総合効率	74%	71%	74%	71%

表8 ライフスポット内の機器・備蓄スペース設定(caseA) 表9 ライフスポット内の機器・備蓄スペース設定(caseB)

収容物	容積・面積
CGS(46,000kW×3台)	11,040m <sup>3</sup>
燃料	3,034m <sup>3</sup>
貯水槽	68,708m <sup>3</sup>
食糧備蓄	567m <sup>3</sup>

収容物	容積・面積
CGS(10,000kW×6台)	2,400m <sup>3</sup>
燃料	1,479m <sup>3</sup>
食糧備蓄	567m <sup>3</sup>

### 3-4 ライフスポットの設計



3-2, 3-3の算定結果よりライフスポットの設計を行う。以下にcaseA、caseBのライフスポット平面図・断面図を表す(図7、図8)。caseAでは直径99.6m、深さ85.0mであり、caseBでは直径42.0m、深さ73.0mとなった。また、大丸有地域内でライフスポットを設置する場所は、caseA・caseBとも大手町合同庁舎跡地に設置するものとする(図6)。

図6 ライフスポット配置図

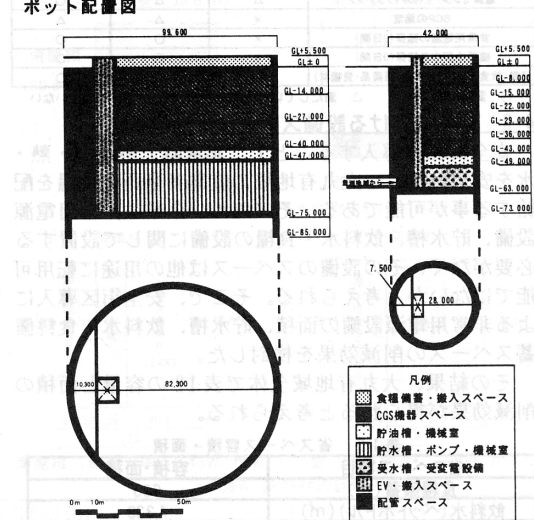


図7 平面図・断面図(caseA) 図8 平面図・断面図(caseB)

#### 4. 安全街区導入効果の検討

##### 4-1 ライフスポット容積の比較

caseA、caseBにおけるライフスポットのサイズ比較を行った。その結果、caseBによるライフスポットの容積は、caseAによる容積に比べ約84.7小さくなるのがわかった。このため、ライフスポットを建設する際、caseBのほうが省スペース効果が得られることが言える。

表10 ライフスポット容積の比較

	caseAのライフスポット	caseBのライフスポット
直径(m)	99.6	42.0
深さ(m)	85.0	73.0
面積(m <sup>2</sup> )	7,787.3	1,384.7
容積(m <sup>3</sup> )	661,922.7	101,086.0

##### 4-2 首都中枢機能確保の検討

中央防災会議によって、首都中枢施設の業務継続性確保の機能目標が掲げられているが、大丸有地域も日本の経済活動の拠点であることから、首都中枢機能の一部を担っていると考えられる。そのため、大丸有地域も首都中枢機能継続の機能目標を達成するための対策を満たすべきである。

そこで、満たすべき対策項目を中央防災会議の報告書<sup>(6)</sup>を参考にし、現在の大丸有地域と安全街区を導入した場合の大丸有地域で比較し検討を行った(表11)。

その結果、大丸有地域に安全街区を導入した場合、「ライフラインの多重化」「3日間の非常用電源と機器冷却水の確保」の対策項目が導入しない場合に比べ、これらの項目を満たす結果となった。また、「寸断しない通信連絡基盤の確保」「電算センターへのバックアップ」の項目に関してはcaseBの場合は満たすことが可能である。

表11 首都中枢機能(大丸有地域)確保の対策

対策項目	現在	安全街区caseA	安全街区caseB
建物の耐震強化	△	△	△
寸断しない通信連絡基盤の確保	△	△	○
ライフラインの多重化	△	△	○
電算センターへのバックアップ	△	△	○
BCPの策定	×	△	△
非常用電源の確保(3日間)	×	○	○
機器冷却水の確保(3日間)	×	○	○
備蓄(飲食物・生活必需品・医薬品・資機材)	△	○	○

○ 満たしている △ 満たしている(一部の企業) × 満たしていない

##### 4-3 建物における設備スペース削減の検討

安全街区を導入することで、非常時でも電力・熱・水を安定供給し、大丸有地域の就業者全員に食糧を配給する事が可能である。そのため、企業は非常用電源設備、貯水槽、飲料水・食糧の設備に関して設置する必要がなく、その設備のスペースは他の用途に転用可能ではないかと考えられる。そこで、安全街区導入による非常用電源設備の面積、貯水槽、飲料水、食料備蓄スペースの削減効果を検討した。

その結果、大丸有地域全体で表12の容量と面積の削減効果が得られると考えられる。

表12 省スペース容積・面積

省スペース項目	容積・面積
食糧備蓄(m <sup>3</sup> )	630
飲料水(ペットボトル)(m <sup>3</sup> )	4,338
貯水槽(m <sup>3</sup> )	78,285
非常用電源設備の面積(m <sup>2</sup> )	8,221

#### 5. まとめと今後の展望

##### 5-1 結論

本研究では、大丸有地域の企業の非常時における対策、また業務継続への取り組みの現状を調査した。結果、現在の対策では地域の業務活動を維持するには不十分であることがわかった。そこで、大丸有地域の企業の業務継続を担保する仕掛けとして、ライフスポットを活用した安全街区の提案を行った。

また、大丸有地域の企業が業務継続に必要な容量を推定した。その結果、通常必要量に対して、電力量では89.2%、熱量では23.8%、水量では52.0%となった。

また、業務継続に必要なライフスポットの容量を設定し、ライフスポットの設計を行った。その結果、大丸有地域が非常時でも業務継続を行うにはライフスポットはcaseAでは661,923m<sup>3</sup>、caseBでは101,086m<sup>3</sup>のライフスポットが必要である。

安全街区を導入することによって、中央防災会議によって掲げられている、首都中枢機能確保の対策を満たすことができ、また、大丸有地域の建物設備の省スペース効果が得られた。

##### 5-2 今後の課題

本研究では、企業が業務継続を行うための必要量のみ設定し、ライフスポットの検討を行ったが、大丸有地域における帰宅困難者対策を含めた総合的な検討も今後行っていく必要がある。

また、ライフスポットから各建物までに至る浅深度地下のインフラネットワークの在り方を今後検討していく必要がある。浅深度地下空間には無秩序に既存のインフラが張り巡らされており、新たにライフスポットから別系統で安全に建物へライフラインを供給する場合は、どの空間を通るかの検討も必要となってくる。

また、阪神・淡路大震災時にインフラの建物への引き込み部の脆弱性が指摘されている。そのため、ライフスポットにおける非常時のライフライン供給の信頼性が向上したとしても、その先の建物部分で供給が遮断されてしまう可能性がある。そこで、インフラの建物への引き込み部の在り方の詳細検討が必要であると考えられる。

##### 参考文献

- (1) 千代田区行政基盤資料集 平成17年度版
- (2) 日経BP 2005年 東京オフィスビル名鑑
- (3) 建築の光熱水原単位 尾島研究室
- (4) 2002年11月 帰宅困難者と企業セキュリティ 東京駅周辺・防災対策のあり方検討委員会
- (5) 2005年8月 業務継続ガイドライン第1版 民間の力を活かした防災力向上に関する専門調査会 企業評価・業務継続ワーキンググループ 内閣府防災担当
- (6) 2005年7月 首都直下地震対策専門調査会報告 中央防災会議
- (7) 1994年 拠点都市の都市機能確保のための安全街区の在り方に関する研究 尾島研究室
- (8) 藤嶋晋平 2004年 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 早稲田大学尾島研究室修士論文
- (9) 高山朝子 1993年 オフィスビルの非常時建物設備機能の重要度及び供給計画の調査分析 早稲田大学尾島研究室卒業論文
- (10) 2005年 FMベンチャー調査報告書 日本ファシリティマネジメント推進協会

- \*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助手・  
 工修 \*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