

地震災害時の公的施設に対する 電力バックアップシステム

庄司学¹・松島郁美²

¹博士（工学）筑波大学 講師 大学院システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻
(〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail:gshoji@kz.tsukuba.ac.jp

²筑波大学大学院 システム情報工学研究科 リスク工学専攻
(〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail:imatsu@kz.tsukuba.ac.jp

地震時において電力供給ネットワークシステムが寸断したり、これらに対するバックアップシステムが適切に作動しない場合には、社会・経済活動に多大な影響が及ぶ。特に災害時においても機能維持が求められる病院、消防署、役所等の公的施設に対する電力の確保は極めて重要である。以上を踏まえ、本研究では公的施設の中でも医療機関を対象として取り挙げ、2003年宮城県沖地震および宮城県北部地震で被災した医療機関に対して、これらの施設の地震時における電力供給の実態調査を行うとともに、それらの結果を踏まえて公的施設に対する電力供給形態のモデル概念を提案した。

Key Words : *Seismic disaster, energy supply networks, backup power devices, 2003 Miyagi-Oki earthquake, 2003 Northern Miyagi earthquake*

1. はじめに

行政施設や警察署、消防署、医療機関等は地震時においても機能保持が求められる重要な公的施設である。このような施設の機能を保持するためには建造物の被害等の物理的な損傷を抑える必要があると同時に、電力、ガス、上下水道、通信等のライフラインネットワークシステムの機能を保持する必要がある。

このようなライフラインネットワークの信頼性の問題の中でも、地震災害時における施設に対する電力供給の問題は極めて重要である。したがって、電力供給ネットワークシステムの地震災害時における信頼性の問題に関しては、数多くの研究者によって研究が進められている。例えば、秦・目黒¹⁾は地震後の電力供給量の落ち込み具合を基にした建物被害評価を行っており、また、朱牟田ら^{2), 3)}は電力基幹系統や電力2次系統の地震時における供給信頼度の定量的評価を行っている。Shinozuka et al.⁴⁾は地震時における配電設備の性能評価を行うとともに、配電エリアにおける電力供給が寸断した場合の損失評価を試みている。これらの研究は基本的に電力供給ネットワークシステムの供給者サイドに立った研究と言える。しかし、一方で電力供給の需要家サイドに立った研究は少なく、電力供給の途絶や寸断により、

どのようなかたちで施設の機能不全が生じ、これらの機能不全に対処すべく電力供給のバックアップシステムをどのような形態にすべきか等の問題は依然として明らかになっていないままである。

以上より、本研究では、公的施設に対する地震時における電力供給形態に着目し、2003年5月26日に発生した宮城県沖地震および同年7月26日に発生した宮城県北部地震によって被災した医療機関の電力供給に関する実態調査を行うとともに、それらの結果を踏まえて、公的施設に対する電力供給形態のモデル化を試みるものである。なお、宮城県沖地震および宮城県北部地震における医療機関の被害に関しては郭ら⁵⁾、佐藤ら⁶⁾により調査が行われているが、ここでは医療機関に対する電力供給に着目した上で、地震時においてこれらの電力供給が停止・寸断した場合のバックアップシステムの形態に焦点を当てて分析を行うものである。

2. 医療機関の電力供給に対する実態調査

(1) 対象とする地震および調査方法

ここで対象とする地震は、2003年5月26日に発生した宮城県沖地震 ($M_f=7.0$) および同年7月26日に発生した宮城県北部地震 ($M_f=6.4$) である。特

表-1 医療機関の病床数に対する非常用電源の設置状況ならびに停電状況

非常用電源の設置状況	地震の発生時期	停電状況	非常用電源の稼働状況	病床数				計[棟]
				0	～20	21～80	81～	
設置していない				61	12	2	0	75
設置している	5月	停電していない		4	6	3	14	27
			稼働	0	2	1	0	3
		停電した	稼働	0	0	0	0	0
			不具合	0	0	0	0	0
	7月	停電していない		4	5	2	9	20
			稼働	0	3	2	4	9
		停電した	不具合	0	0	0	1	1



図-1 対象地域 (文献 8 に加筆して示す)

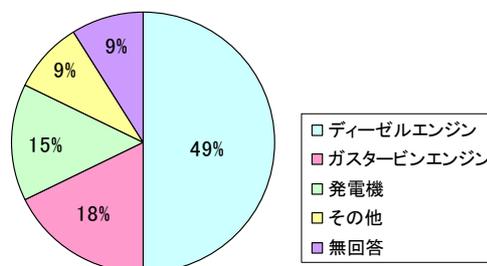


図-2 バックアップシステムの機械的種別

よび図-2 によれば、回答が得られた 105 の医療機関の中で非常用電源を設置している機関は 30 施設 (29%) であり、複数設置している医療機関もあった。非常用電源の機械的な種別としてはディーゼルエンジンが 17 機と最も多く、次いでガスタービンエンジンが 6 機、発電装置が 5 機であることがわかる。また、非常用電源を設置していない医療機関の多くは病床数が 0、または 20 以下の小規模な医療機関である。さらに表-1 によれば、停電した医療機関は 5 月の地震で 3 棟、7 月の地震で 10 棟にのぼった。その中で病床数が 81 以上の規模の大きな医療機関で、7 月の地震により 1 機の非常用電源に不具合が生じたことがわかる。

b) 医療機関の地震被害と停電状況および非常用電源の稼働状況の関係

表-2 は、医療機関の被害状況と停電状況を震度に対してまとめた結果である。なお、表-2 で参照した震度は気象庁より発表されている計測震度である⁹⁾。ここではさらに、表-1, 2 の状況をわかりやすく示す観点から、気象庁⁹⁾、K-NET および KiK-net¹⁰⁾ の観測データから計測震度を算出して地図に示し⁷⁾、それらに医療機関の停電状況およびバックアップシステムの稼働状況を重ね合わせて図-3、図-4 のように示した。

表-2 および図-3, 4 によれば、非常用電源を設置していた医療機関において、5 月の地震で停電した 3 棟の医療機関は震度 5 弱～5 強、さらに、7 月の地震で停電した 10 棟の中の 2 棟が震度 6 強、1 棟が震度 6 弱、5 棟が震度 5 強、残りの 2 棟が震度 4 の地域に位置していたことがわかる。このように震度 4 や 5 においても停電が生じている。また、7 月の地震で停電した医療機関の 10 棟の中の 1 棟に非常用電源の稼働に支障が生じた。この医療機関 (表-2 における医療機関 21-2) は、非常用電源の能力の限界によって、停電が生じた 2 時間後より非常用電

に、宮城県北部地震では、宮城県鳴瀬町、矢本町、南郷町の 3 地点で震度 6 強を観測するとともに、鹿島台町、河南町を含む 5 町を中心として大きな被害が生じた⁷⁾。本研究では、宮城県北部地震の激震地域 (図-1) に立地する 320 の医療機関に対して、1) 宮城県沖地震および宮城県北部地震による施設の被害状況、2) 停電状況、3) 電力バックアップシステムの稼働状況、4) 停電による医療活動への影響の 4 項目に対してアンケート調査を地震発生後 6 ヶ月程度が経過した 2004 年 1 月に実施した。アンケートの有効回答は 105 の医療機関から得られた (有効回答率 33.3%)。また、ここで取り挙げた電力バックアップシステムの具体的な形態は非常用電源である。なお、電力バックアップシステムとしては第 3 章で示すように非常用電源の他にも予備的な引込線の付与、電源供給車の活用、分散型電源の設置などの方策が考えられるが、ここでは公的施設で通常一般的に使用されている非常用電源に焦点を当てたものである。

(2) アンケート調査結果

a) 停電状況および非常用電源の稼働状況

表-1 には、医療機関の病床数に応じた非常用電源の設置状況、地震時における停電状況および非常用電源の稼働状況を示す。また、図-2 には設置されている非常用電源の機械的種別を示す。表-1 お

表-2 医療機関における被害状況および停電時間

(表中、医療機関に関しては識別番号を示す。設置状況の○印は非常用電源を設置している医療機関、×印は設置していない医療機関を示す。停電状況の○印は停電した医療機関、×印は停電しなかった医療機関、空欄は回答なしの医療機関を示す。稼働状況の○印は非常用電源が正常稼働した医療機関、×印は稼働に不具合が生じた医療機関を示す。)

2003年5月26日宮城県沖地震						2003年7月26日宮城県北部地震							
震度	医療機関	被害状況	設置状況	停電状況	停電時間	稼働状況	震度	医療機関	被害状況	設置状況	停電状況	停電時間	稼働状況
6弱	12-1	無	○	×			6強	14-1	医療機器の故障、浄化槽損傷、内装の損傷	○	×		
	12-2	医薬棚の転倒	○	×				15-1	浄化槽周囲の地盤沈下、貯湯槽・受水層損傷、棚の転倒	○	×		
	12-3	医療機器の故障、カルテ棚転倒	×	○	不明			15-2	浄化槽周囲のアスファルトが陥没	○	×		
	12-4	カルテ棚転倒、薬品棚の転倒	×					15-3	構造躯体の損傷、内装の損傷	○	○	3時間強	○
	21-1	日差しの一部が落下	○	×				15-4	内装の損傷、棚等の転倒	○	○	1時間弱	○
	21-2	内壁の損傷、ブロック塀の損傷	○	×				15-5	内装に多数のひび割れ、棚の転倒	×			
	21-3	エレベータの停止	○	×				15-7	内装の損傷、棚の転倒	×			
	21-8	棚の転倒、物品落下損傷、内装の損傷	×					15-6	内壁にひび	×			
	21-18	建物周囲の舗装、内壁にひび割れ	×					10-3	天井裏の柱に亀裂	×			
	21-21	物品落下	×					12-1	構造躯体の損傷、内装の損傷	○	×		
5強	6-1	外部柱・壁・床部分亀裂、内装亀裂、天井内給水管破損	○	×			6弱	12-3	カルテ棚転倒、駐車場アスファルトの亀裂	×	○	不明	
	6-2	無	○	×				16-1	構造躯体の損傷、内装の損傷、医薬棚の転倒、医療機器の転倒・故障	○	○	1時間半程度	○
	6-3	棚の物品落下	○	×				16-2	構造物のひび拡大	×			
	6-5	無	○	×				10-1	カルテ棚転倒	○	×		
	6-6	無	○	×				10-6	棚の上の物品落下	×			
	6-7	テレビ破損	○	○	5分程度	○		12-2	医薬棚の転倒	○	×		
	6-8	無	○	×				12-4	外壁にひび割れ、家具、薬品棚等の移動	×			
	6-9	無	○	×				6-1	5月の地震の亀裂拡大、スプリンクラー配管破損	○	×		
	6-11	医療機器の故障	×					6-3	棚の物品落下	○	×		
	6-15	壁面の亀裂	×					6-7	公衆電話の落下による破損	○	×		
5弱	6-17	備品の転倒、カルテ落下	×				6-11	医療機器の故障	×				
	11-1	無	○	×			6-15	壁面の亀裂	×				
	11-2	病院建物周りに亀裂	×				6-17	備品の転倒、カルテ落下	×				
	14-1	無	○	×			8-1	ブロック塀のひび割れ、タイルの一部損傷	×	○	短時間		
	15-1	浄化槽周囲の地盤沈下	○	×			21-1	内壁にひび	○	○	1時間程度	○	
	15-2	壁にひび	○	×			21-2	内壁の損傷、ブロック塀の倒壊	○	○	7時間程度	×	
	15-3	棚の転倒	○	×			21-3	エレベータ停止、医療機器の故障、物品落下	○	○	3時間程度	○	
	15-4	内装の損傷	○	○	10分程度	○	21-4	内装の損傷	○	○	2時間半程度	○	
	15-5	内装に多数のひび割れ、本棚の転倒	×				21-8	棚の転倒、物品落下損傷、内装の損傷	×				
	15-6	無	×				21-13	食器類の破損	×	○	30分程度		
4	15-7	内装の損傷	×				21-18	建物周囲の舗装、内壁にひび割れ	×				
	16-1	内装の損傷、医療機器の転倒、故障	○	×			6-2	無	○	×			
	16-2	構造物にひび	×				6-5	無	○	×			
	10-1	カルテ棚転倒	○	×			6-6	無	○	×			
	10-6	棚の上の物品落下	×				6-8	無	○	×			
	18-1	壁タイル表面にひび	×				6-9	無	○	×			
	23-1	無	○	○	2時間半程度	○	11-1	無	○	×			
	2-1	内装の損傷	○	×			21-1	無	○	○	1時間半程度	○	
	2-2	棚からカルテ落下	×				21-5	無	×	○	3時間程度		
	2-5	テレビの落下	×				21-20	無	×	○	2時間程度		
4	3-1	無	○	×			21-21	無	×	○	2時間程度		
	3-2	天井設置エアコンの移動	×				6-4	回答なし	○	×			
	5-1	内装の損傷	×				21-16	回答なし	×	○	30分程度		
	7-1	回答なし	○	×			5弱	7-1	回答なし	○	×		
	22-1	棚の中の物品の移動	○	×			1-2	エレベータ、ガス配管停止	○	×			
	1-1	配管破損	○	×			1-3	窓ガラスの破損	×				
	1-2	エレベータ、ガス配管停止	○	×			22-1	医療機器の故障	○	○	1時間半程度	○	
	1-3	内装の損傷	×				2-1	内装の損傷	○	×			
	1-5	内装の損傷	×				5-1	内装の損傷	×				
	20-1	回答なし	×	○	2時間程度		1-1	本の散乱	○	×			
						3-1	無	○	×				
						23-1	無	○	○	4時間程度	○		
						20-1	回答なし	×	○	2時間程度			

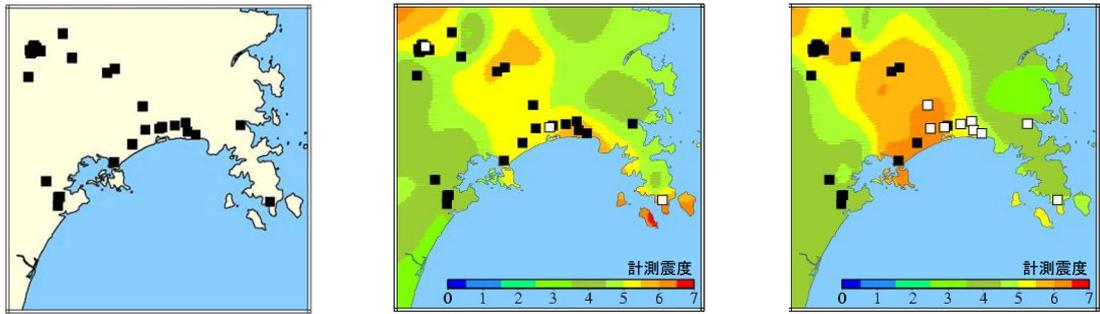


図-3 非常用電源を設置している医療機関の停電状況 (図中、■印は停電しなかった医療機関、□印は停電した医療機関)

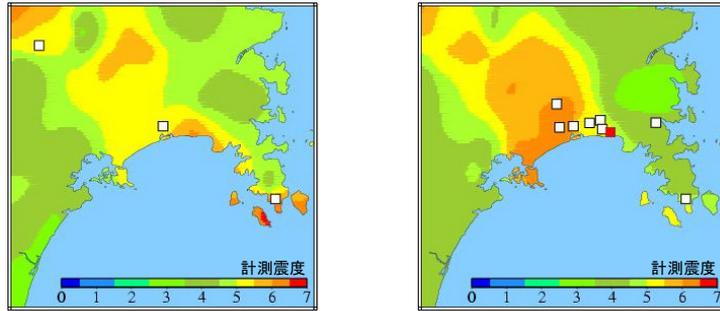


図-4 停電時における非常用電源の稼働状況

(図中、□印は非常用電源が正常に稼働した医療機関、■印は非常用電源の稼働に不具合が生じた医療機関)

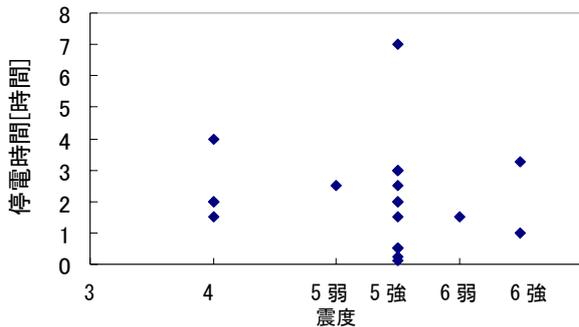


図-5 震度と停電時間の関係

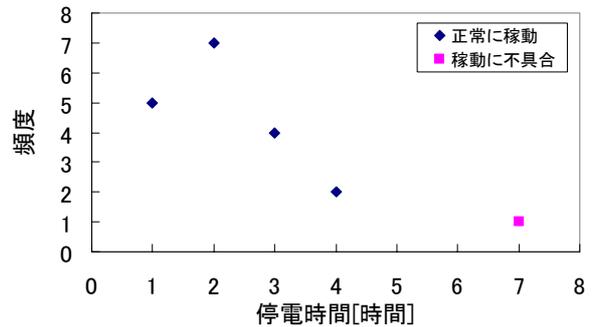


図-6 停電時間の頻度分布

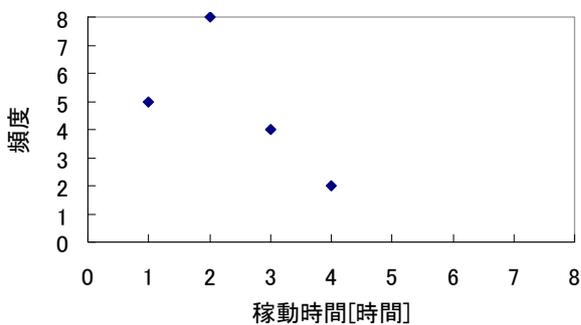


図-7 非常用電源の稼働時間に関する頻度分布

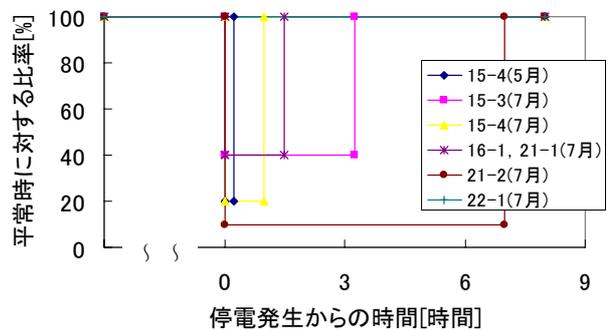


図-8 停電時に確保できた電力量 (図中の数字は表-2 に示す医療機関の識別番号を示す)

源の稼働に支障が生じ、その対応策としては電源供給車を活用している。

次に、5月、7月の地震時における医療機関の停電時間と震度との関係を図-5 に示す。また、図-6

には停電時間の頻度分布、図-7 には非常用電源の稼働時間に関する頻度分布を示す。図-5 より、震度 5 強の地域で停電した医療機関が多く、停電時間が最長の 7 時間を記録した医療機関も震度 5 強

表-3 地震の停電による医療活動への影響

医療機関	病床数	停電時間	非常用電源の設置および稼働状況	医療活動への影響
12-3	6	不明	設置していない	外来診療の休診
15-3	19	3時間程度	正常に稼働	エレベータ停止
15-4	19	1時間程度	正常に稼働	心電図モニタの使用不能
16-1	196	1時間半程度	正常に稼働	エレベータの停止により患者の搬送を段階で行う
21-2	130	7時間	停電発生から2時間後までは正常に稼働	<ul style="list-style-type: none"> 受水槽ポンプの停止で、入院患者の飲料水の懸念 吸引器が使用できず、入院患者の朝食時の誤嚥の懸念

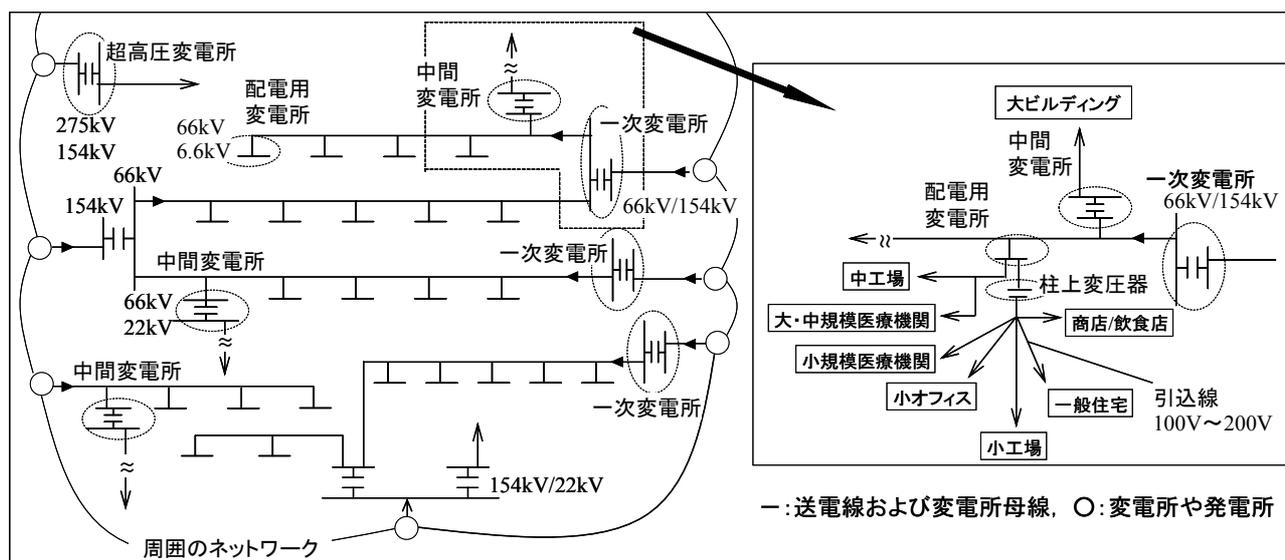


図-9 電力供給ネットワークシステム

の地域に位置している。また、前述したように、震度4の地域に関しても1.5時間から4時間の停電が生じており、停電時間と施設が立地している地域の震度との関係には大きなばらつきがある。また、図-6、図-7によると、停電時間に関しては1~2時間の停電が最も多く、非常用電源の稼働時間もそれに付随して多くなっている。図-6において停電時間が7時間となった医療機関は、非常用電源に不具合の生じた医療機関であり、前述したように非常用電源は2時間まで正常に稼働していたとの回答が得られている。図-7によれば、1時間正常に稼働した非常用電源が5機、2時間正常に稼働した非常用電源が8機、3時間正常に稼働した非常用電源が4機、4時間正常に稼働した非常用電源が2機である。これらの結果から停電時間が1~2時間あるいは2~3時間までであれば、非常用電源の稼働に関する信頼性は高く、最大4時間まで非常用電源の稼働が保障される結果となっている。

図-8は停電時における電力確保量を平常時に対する比率で示したものである。これは停電時に非常用電源が稼働した医療機関に対して、非常用電源によって確保できた電力量が平常時のおよそ何%に相当するか回答してもらった結果である。図-8によれば、医療機関22-1は、停電時においても平常時と変わらず電力を確保できたことがわかる。残りの医療機関については、平常時と比べて10%~40%の

電力量しか確保できなかったことがわかる。特に、医療機関16-1については、非常用電源を3機設置しているにもかかわらず40%程度の電力量しか確保できなかった。これらの詳細な原因についてはアンケートの回答が得られていないため不明であるが、2004年新潟県中越地震および2005年福岡県西方沖地震の地震被害と絡めて今後、追跡調査を進めていく予定である。一方で、一般的に医療機関においては、非常用電源により確保する電力量は平常時の30%程度を目安としているが¹¹⁾、この数値を念頭に置いた上でアンケートの記述を分析すると非常用電源の稼働により最低限必要な医療活動は行うことができたものと推測する。医療活動への具体的な影響については次項で詳述する。

大規模災害や長時間に及ぶ停電、もしくは稀に発生する停電に備えてバックアップシステムを導入することを考えると、低コストかつ高機能のシステムを導入することが経済的であることから、第3章では施設に導入可能な電力バックアップシステムの形態に関する分析を行う。

c) 停電に対する医療活動への影響

表-3には停電による医療活動への影響を示す。医療活動への影響としては、外来の休診や心電図モニタの使用停止、エレベータの停止等が挙げられ、また、エレベータの停止により患者の搬送を段階で行った医療機関があった。エレベータは医療活動に

表-4 電力供給のバックアップシステムに関するモデル
 (- : 停電前後の電力供給量 Q^c, \dots : 電力需要量 Q^d ,
 - · - : 制御電力量 Q^r, Q^b, Q^o, Q^{dc} ,)

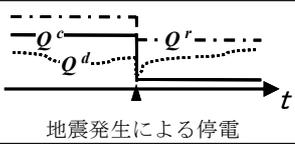
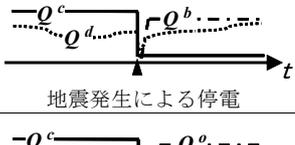
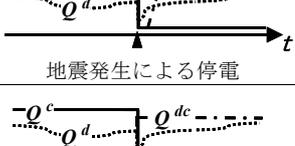
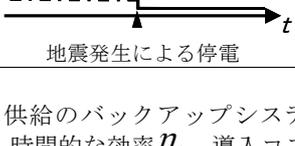
Case	電力需要と供給の時系列的な変化	バックアップシステム
I		受電の引込線を複数付与
II		非常用システムを付与
III		電源供給車等により外部から電力を確保
IV		分散型電源により電力を確保

表-5 電力供給のバックアップシステムの効率 η , 力率 η_p , 時間的な効率 η_t , 導入コスト C_I およびランニングコスト C_R

Case	η	η_p	η_t	C_I [万円/kW]	C_R [円/kWh]
I	0.85	0.85	24/24	20	17
II	0.13	0.80	4/24	30	10
III	0.60	0.80	18/24	0.96	10
IV	0.80	0.80	24/24	24	3

において非常に大きな役割を担っているため、これらの停止は医療活動に大きな影響を与える結果となった。前述したように、7時間停電していた医療機関は病床数が130の大規模な施設であり、入院患者の飲料水の確保の問題、具体的には食事の際に異物を口にした場合に使用する吸引器が停電により使用できない等の問題が生じた。

このように、災害時においても施設の機能が求められている重要な施設では、停電による機能損失を抑えることが不可欠であり、そのためには、地震災害リスクに見合ったバックアップシステムを設置することが必要となる。このような事例を踏まえ、第3章では重要な公的施設における電力供給ネットワークのバックアップシステムに関するモデル概念を示す。

3. 電力供給形態のモデル化

本章では、図-9に示す規模の電力供給ネットワークを想定して、前章で示した公的施設の地震災害時における電力需要を反映させた電力供給形態のモデル概念を示す。

図-9は人口数十万人規模の都市に電力供給する電力供給ネットワークの一例を示しており、この中でも一次変電所を介して66kV以下の電力供給エリ

アに着目する。大規模な公的施設に対しては中間変電所を経て22kVで配電されるが、中規模の施設に対しては配電用変電所を経て6.6kVで配電される。また、一般住宅をはじめとする小規模施設には、柱上変圧器を介し、100V~200Vに変圧されて配電される。ここで対象とする公的施設においては主として後者の100V~200Vに変圧されて配電される状況を想定する。

表-4には、公的施設における電力供給のバックアップのモデル概念を示す。なお、前章からの流れから地震発生による停電を想定しているが、地震以外の自然災害や事故による停電に対するバックアップシステムとして考えても問題の本質に変わりはないと考える。

表-4では、停電時に施設の必要な電力量を現状の電力供給量とバックアップシステムによる電力供給量の和で満たすものとする。Case Iは当該施設に対して受電の引込線を複数付与するモデル、Case IIは停電時に非常用電源を稼働させるモデルである。また、Case IIIは停電時に電源供給車等により外部から電力を供給するモデル、Case IVは太陽光発電、風力発電等の自然エネルギーや燃料電池等の分散型電源によって電力供給を図るモデルである。なお、Case Iのモデルについては上位のネットワークの障害による停電については考慮しない。

Case IからCase IIIまでは既往の電力バックアップシステムに該当するものであり、特に災害を想定した場合にはCase II、Case IIIが適用される場合がほとんどである。一方、Case IVは新しい電力供給形態として注目され、実用化の取り組みが精力的に進められている技術である^{12), 13)}。分散型電源は当然、非災害時(常時)を想定して開発されているが、さらに分散型という特性を活かして災害時に対しても頑強なシステムとして、技術としての付加価値を高める方向性を模索している^{12), 13)}。

表-5にはCase IからCase IVにおける効率 η 、力率 η_p 、時間的な効率 η_t 、導入コスト C_I およびランニングコスト C_R を示す。バックアップシステムの効率 η は力率 η_p と時間的な効率 η_t を掛け合わせたもので次式で求められる。

$$\eta = \eta_p \times \eta_t \quad (1)$$

力率 η_p に関しては、Case Iでは電力会社の基本料金の基準力率である0.85の数値を用い¹⁴⁾、Case IIでは第2章で行った非常用電源に関するアンケート調査の結果からこれらの製造メーカーを特定した上で、これらの仕様に基づいて平均値を算出し、0.80と設定した¹⁵⁾。また、Case IIIの力率 η_p に関しては、電源供給車をレンタルサービスしている企業の提供している性能データに基づいて0.80とし¹⁶⁾、Case IVの力率 η_p に関してはガスエンジン、ディーゼルエンジン、ガスタービンの3種類のコージェネレーションシステムを製造している企業の性能データに基

づいて平均値を算出し、0.80と設定した¹⁷⁾。

時間的な効率 η_t に関しては図-8の結果に基づいて停電後の24時間内に対するバックアップシステムの稼働時間の割合とした。具体的には、Case IおよびCase IVの場合には停電後も寸断することなく電力供給が行われると仮定し、24時間中24時間稼働すると仮定した。Case IIに関しては、第2章で得られた図-7の考察結果より停電後4時間までは正常に稼働すると仮定した。また、Case IIIに関しては電源供給車が到着するまで6時間かかり、その後18時間は稼働するものと仮定した。

なお、Case IIに関しては第2章のアンケート結果より得られた19のデータに基づいて、非常用電源の稼働時間より時間的な効率 η_t を導いている。非常用電源の稼働に関する信頼性を考える上で、データ数の不足を補う観点から2004年新潟県中越地震や2005年福岡県西方沖地震の地震被害の調査を今後行う予定である。

導入コスト C_I に関しては、Case Iでは引込線を付与する際に必要となる工事費を文献18に基づいて設定した。Case IIでは、力率 η_p と同様に第2章で行った非常用電源のアンケート結果からこれらの製造メーカを特定した上で15万円/kWと設定した。Case IIIおよびCase IVの C_I に関しては、力率 η_p の導出の場合と同様に文献16および文献19に基づいて数値を設定した。

ランニングコスト C_R に関しては、Case Iでは業務用高圧電力契約の基本料金1500円/月および使用料金15円/kWhを適用して、1日1000kWで10時間稼働し、298日間使用すると仮定した上で、17円/kWhと設定した。Case IIの C_R に関しては、重油価格(円/l)に燃料消費量(l/kWh)を掛け合わせた上でメンテナンス費用(円/kWh)を足し合わせて算出した。具体的には文献20に基づき、重油価格を30円/l、燃料消費量を0.25l/kWh、メンテナンス費用を3円/kWhと設定し、これより10円/kWhとした。Case IIIの C_R に関してはCase IIと同じ値を設定し、Case IVの C_R に関しては C_I の導出の場合と同様に文献19に基づき設定した。

表-4および表-5によれば、バックアップシステムの形態により、施設の必要な電力量を満たすまでの時間が異なることがわかる。

以上のように、公的施設の立場に立って電力供給ネットワークを想定した上で、災害時の電力需要を反映させたバックアップシステムの導入を図る必要がある。この際には災害時においても施設の機能保持が満足できるようにバックアップシステムの効率やコストを考慮した上で最適化する必要がある。今後はこのような電力供給のバックアップシステムの導入に関するシステム最適化の理論的な検討を進めていく予定である。

4. 結論

本研究では、2003年5月、7月に宮城県で発生した一連の地震で影響を受けた医療機関に、施設の被害状況を含め非常用電源の稼働状況および停電状況に関するアンケート調査を行った。それらを踏まえ、災害時に拠点となる公的施設の電力供給のバックアップシステムに関するモデル概念を提案した。得られた知見をまとめると以下の通りである。

- 1) 非常用電源を設置している医療機関の中で、5月の地震で停電した機関は3棟、7月の地震では10棟であった。7月の地震において停電した医療機関の中の1棟では、非常用電源の燃料切れにより非常用電源の稼働に不具合が生じた。対応策として電源供給車を活用している。
- 2) 非常用電源の稼働については1~2時間あるいは2~3時間までの信頼性は高いと言える。
- 3) 長時間の停電および非常用電源の不稼働によって、エレベータの停止等の医療活動に大きな影響が及ぶ。
- 4) 災害時における電力需要を考慮した電力バックアップシステムの形態のモデル概念を示した。バックアップシステムとしては、予備的な受電の引込線の付与、非常用システムの付与、電源供給車等による外部からの電力供給の形態、分散型電源による電力供給の4つの形態を提案し、バックアップシステムの効率やコストに関する分析を行った。

謝辞：本研究では、気象庁ならびに(独)防災科学技術研究所のデータを使用させて頂きました。宮城県医師会総務部長の福田正俊氏をはじめ、宮城県医師会の皆様方にアンケート調査にご協力頂きました。筑波大学の境有紀先生、広島大学の神野達夫先生には、2003年に宮城県で発生した一連の地震時の震度データを提供して頂きました。電力供給形態については、(独)防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センターの秦康範氏、東京電力(株)の花村信氏、飯塚一樹氏に貴重なご意見を賜りました。筑波大学の内山洋司先生、石田政義先生には、エネルギー供給モデルに関してご教授を賜りました。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 秦康範, 目黒公郎: 電力供給量の変化に着目した建物被害評価に関する基礎研究, 土木学会論文集 No.696/I-58, 185-195, 2002.1
- 2) 朱牟田善治, 竹中清, 桃井直美, 石田勝彦: 地震時における電力基幹系統の信頼性評価法, 土木学会論文集 No.507/I-30, 243-253, 1995.1
- 3) 朱牟田善治, 桃井直美, 石田勝彦: 地震時における電力2次系統の信頼性評価法, 土木学会論文集 No.549/I-37, 249-260, 1996.10
- 4) Shinozuka, M., Cheng, T.C., Jin, X., Dong, X., and Penn, D.: System Performance Analysis of Power Networks, Proceedings of the Seventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering(7NCEE), Boston,

Massachusetts, July 21-25, 2002

- 5) 郭耕杖, 林康裕, 神原浩: 2003 年宮城県沖・宮城県北部地震における地震動強さと病院被害の関係, 日本地震工学会・大会-2003 梗概集, 特 138-139, 2003
- 6) 佐藤健, 鏡味洋史, 宮村正光, 源栄正人: 2003 年 7 月 26 日宮城県北部地震における医療機関の被害, 日本地震工学会・大会-2003 梗概集, 特 132-133, 2003
- 7) 境有紀, 瀧瀬一起, 坂上実, 神野達夫: 2003 年宮城県沖・宮城県北部の地震による建物被害と震度との対応性, 日本地震工学会講演予稿集, 2003
- 8) マピオン: <http://www.mapion.co.jp/index.html>
- 9) 気象庁: 気象庁ホームページ, <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/index.html>,
- 10) (独) 防災科学技術研究所: (独) 防災科学技術研究所ホームページ, <http://www.bosai.go.jp/index.html>
- 11) 石原哲: 中小病院災害対策マニュアル, 日本医療企画, 1996,
- 12) (社) 日本電気工業会: 分散型電源技術専門委員会, 分散型電源の普及促進のための調査報告書, 2003
- 13) 橋本幸彦: 分散型電源を用いた電力供給システムの構築-我が国の地域特性に応じたシステムの構築を目指して-, 文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター科学技術動向, 特集 2, 2003.4
- 14) 東京電力株式会社: 東京電力株式会社ホームページ, <http://www.tepco.co.jp/>
- 15) 例えば, 株式会社日立製作所: 株式会社日立製作所ホームページ, <http://www.hitachi.co.jp/>
- 16) サガレンタリース会社: サガレンタリース会社ホームページ, <http://www.sgp.co.jp/cine/index.html>
- 17) 例えば, ヤンマーエネルギーシステム株式会社: ヤンマーエネルギーシステム株式会社ホームページ, <http://www.yanmar.co.jp/index-mgasc.htm>
- 18) 出水電器: 出水電器ホームページ, <http://www.fast-japan.com/index.htm>
- 19) 日本コージェネレーションセンター: 日本コージェネレーションセンターホームページ, http://www.cgc-japan.com/japanese/j_top.html
- 20) ヤンマー株式会社: ヤンマー株式会社ホームページ, <http://www.yanmar.co.jp/index.htm>

(2005. 3. 15 受付)

ANALYSIS OF POWER BACKUP SYSTEM TO PUBLIC FACILITIES DURING A SEISMIC EVENT

Gaku SHOJI and Ikumi MATSUSHIMA

This paper describes analysis of power supply to public facilities during a seismic event. Supply of electric power to public facilities such as medical institutions, fire stations and administrative institutions is crucial issue during a seismic event. A questionnaire survey to medical institutions in the Miyagi Prefecture was conducted to assess the shut-down of power supply and execution status of backup power devices in the 2003 Miyagi-Oki Earthquake and Northern Miyagi Earthquake. Based on the results of questionnaire survey, the conceptual model of effective system of the power supply is proposed.