

2018年北海道胆振東部地震におけるライフライン機能被害が医療機能に及ぼす影響

野口 亮輔¹・宮島 昌克²

Impact of damage to lifelines on performance of hospitals in the 2018 Hokkaido Iburi-tobu Earthquake

Ryosuke NOGUCHI¹ and Masakatsu MIYAJIMA²

Abstract

Hospitals are important bases in an earthquake. Since hospitals are also affected by the earthquake, it is necessary to grasp the situation of damage to hospitals just after the earthquake in order to maintain the medical function after the earthquake. For this reason, disaster medical plans are in progress to cope with recent large-scale disasters. Therefore, we conducted a questionnaire survey on damage to hospitals by the 2018 Hokkaido Iburi-tobu Earthquake in order to clarify an important damage considered in the future disaster medical care plan. Impact of damage to lifeline on medical functions is significant and it is important to secure the capacity of alternative devices of the lifeline.

キーワード：医療機能, ライフライン, 2018年北海道胆振東部地震, アンケート

Key words: Performance of hospital, Lifeline, the 2018 Hokkaido Iburi-tobu Earthquake, Questionnaire survey

1. はじめに

日本は世界有数の地震大国であり、1995年兵庫県南部地震や2011年東北地方太平洋沖地震をはじめ、これまで多くの地震に見舞われ、その度に大きな被害が発生した。このような地震災害時において、医療機関は救命救急活動を実施する重要な拠点施設となるが、医療機関も被害を受ける。救命救急活動を迅速に行うためにも、地震直後の医

療機関における被害や医療機能の低下度合いを即座に把握することは重要である。

これまでも医療施設や医療機能に対する地震被害に関してはいくつかの研究が行われてきた。郭らの研究¹⁾では震度階に注目して被害と医療機能低下の両方について検討している。医療機能への影響、被災時の対応やシステムに焦点を当てている研究として馬場らの研究²⁾や池内らの研究³⁾が

¹ 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

² 金沢大学地球社会基盤学系
School of Geosciences and Civil Engineering, Kanazawa University

あるが、被害によりどの程度医療機能が低下するかといった研究はあまり行われていない。

そこで、本研究では北海道胆振東部地震を対象にアンケート調査を行うことで、医療機関のライフラインの機能被害やライフラインの代替設備の容量などと医療機能低下の関連を分析し、医療機能に影響を及ぼす被害の要因を明らかにすることを目的とする。

2. 北海道胆振東部地震におけるアンケート調査

2.1 調査対象機関

本研究では医療機関の被害を調査するため2018年北海道胆振東部地震を対象にアンケート調査を行った。本地震は2018年9月6日3時7分に北海道胆振地方中東部を震源とし、深さ約35kmで発生した。地震の規模はマグニチュード $M_{JMA}=6.7$ であり、最大震度7が観測された⁴⁾。

本地震では、北海道内の火力発電所が地震により緊急停止したことから大規模な停電が発生した。この停電により約1日間、200万戸以上の住宅が停電しており、医療機能への影響も同様に大きくなったと考えられる。また、断水は胆振管内厚真、安平、むかわ3町で全戸が発生し、この他に31市町村の一部でも断水が発生したため⁵⁾、広範囲に亘り医療機関に影響が生じたと考えられる。

アンケートを実施する上で有意なデータが得られるようライフライン機能被害が発生した地域と震源地域付近の震度4以上を観測した地域を調査対象とした。これらの地域における医師会に登録されている医療機関⁶⁾の中の、眼科・歯科単科病院を除く365病院全てを対象に調査を行った。

2.2 調査対象項目

地震時の被害と医療機能被害の関係として考えられる主な要因は「建物被害」、「ライフライン被害」と考えられる。また、建物における「設備被害」、診療に用いる機器被害としての「医療機器被害」を加えた4項目を取り上げた。さらに、「病院の諸元」、「被災直後の対応」を考慮した6項目について調査した。表1に項目ごとの詳細を示す。

表1 対象項目一覧

調査項目	設問内容
建物被害	構造被害(外壁・内壁・柱・梁)
	非構造部材(ガラス・床・天井・扉)
	家具・什器
ライフライン機能被害	薬品関係
	上水道の供給不能
	電気の供給不能
	ガスの供給不能
	通信関係の不能
	ライフライン代替設備
	透析治療の不能
停電による設備への制限	
設備被害	給排水設備被害
	空調・電気設備被害
	エレベーター被害
医療機器被害	診療に用いる検査機器等の被害
	設備機器制限による影響
被災時の対応	地震発生後の受け入れ制限
	転院などの対応
病院の諸元	築年数, 階数, 形式
	病床数, 医療体制

2.3 アンケート調査による病院の属性

2018年10月31日から調査票を郵送したところ、68の病院から回答が得られ、回収率は18.6%となった。アンケート回収機関の所在地を図1に示す。同図は計測震度分布も示しているが、病院が集中している札幌市周辺では計測震度が3.5~5.5であることがわかる。本研究ではアンケート回答数が必ずしも多くないことから、震度ごとの分析を行うにはサンプルが十分ではないので、震度による被害程度の違いには着目せず、被害程度が医療機能に及ぼす影響の大きさに着目して検討を行う。本研究の結果は、地震後に被害程度が明らかになった段階で医療機能の低下の度合いを推察することに活用できるものと考えられる。

病院の安全対策として、病床数により医師・看護師数・必要な医療設備・機器などが定められており、規模により地域災害拠点病院などと定められる。それら仕様は電気設備であれば「病院電気設備の安全基準」に定められるなど、病院の規模により備えられている設備等のレベルは近いものになると考えられる。そこで、病床数区分による病院割合を図2に、全国における病床数区分によ

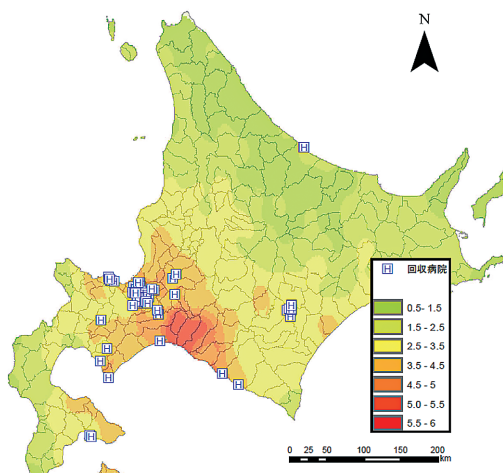


図1 アンケート回収機関所在地

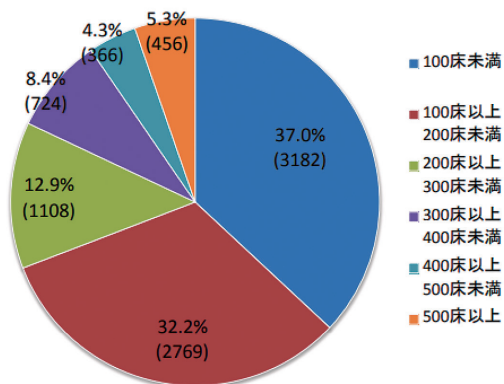


図3 全国における病床数別の割合

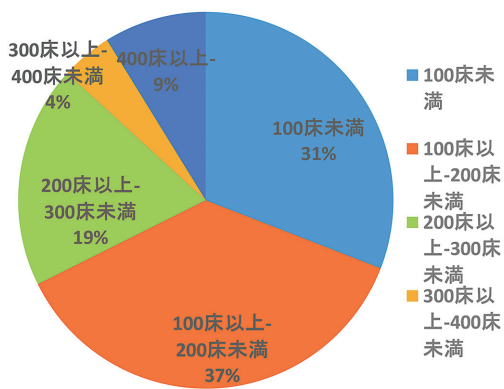


図2 病床数別の割合

る病院割合を図3に示す。これらのデータを用いて適合度の検定を行った。帰無仮説 H_0 「調査した機関の病床数の割合が全国の病床数の割合と一致する」とし、有意水準を5%とする。 χ^2 値を求めると5.6となり、統計数値表より有意水準5%で有意差はないといえる。この結果から、全国における病院割合と大きな差はなく、アンケート結果による被害結果に特別な偏りはないと考えられる。

3. 医療機関の被害要因

3.1 建物被害

アンケート調査による被害状況を整理するため、被害率、影響率を以下のように定義する。これらを用いて建物被害、ライフライン機能被害を示す。

$$\text{被害率} = (\text{被害発生機関数}) / (\text{全回答機関数}) \quad (1)$$

$$\text{影響率} = (\text{被害により医療機能への影響が生じた機関}) / (\text{被害発生機関}) \quad (2)$$

なお、ここでの「影響」とは地震により通常時の診療が出来ない、及び外来患者数の制限を行うことと定義している。

本研究では震度ごとの分析を行わないので、ここでの検討は今回の地震による被害全体の様相を表しているものである。

まず、建物被害として構造部材被害について示す。構造部材は外壁、内壁、柱、梁の4項目について調査を行った。図4に構造部材の被害率、影響率を示す。なお、本調査で回答のあった医療機関の90%以上がRC造であることから、建物の抵抗強度の違いについては特に考慮しない。図4より被害率は、外壁4.4%、内壁14.7%であることが分かる。柱・梁被害は被害がなく、影響率も内壁が10%のみとわずかであった。

非構造部材被害については窓ガラス、床、天井、

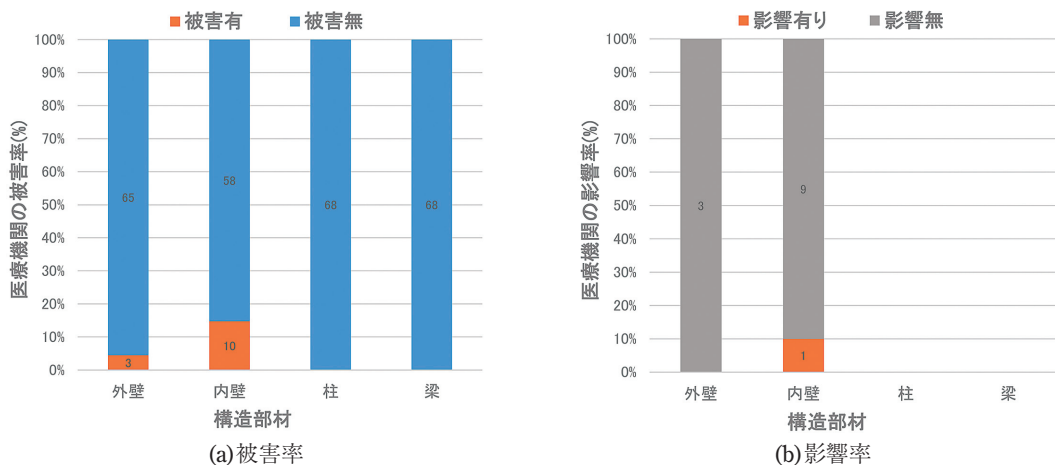


図4 構造部材被害

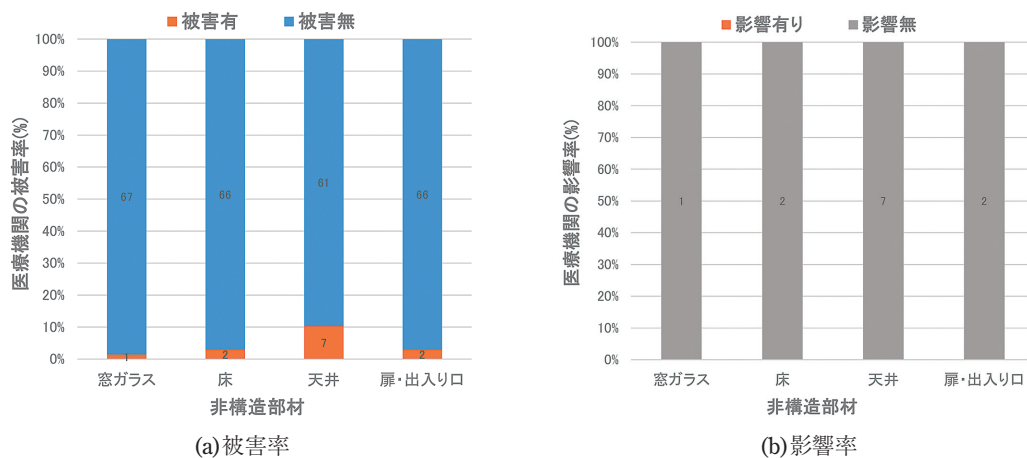


図5 非構造部材被害

扉・出入口の4項目について調査した。図5に構造部材の被害率、影響率を示す。被害率は、窓ガラス1.5%、床2.9%、天井10.3%、扉・出入口2.9%である。天井以外では3%以下となり非常に少ないといえる。また、影響率はすべての項目で0%であった。これより、調査対象の医療機関においては構造部材、非構造部材ともに建物被害の影響はほぼなかったことが明らかとなった。

3.2 供給系ライフラインの機能被害

(1) 供給系ライフラインの機能被害

供給系ライフラインの被害率、影響率を図6に示す。図6より被害率は停電が100%、断水が50.0%、断ガスが29.4%であった。さらに、影響率は停電が91.2%、断水が44.1%、断ガスが30.0%であることがわかる。ここで、断ガスに用いているガスの種別はLPガス・都市ガス共にあるが、LPガスと回答した機関がわずかに4件であり、ここでは特に区別しないものとした。また、医療ガスについては医療機器として取り上げてお

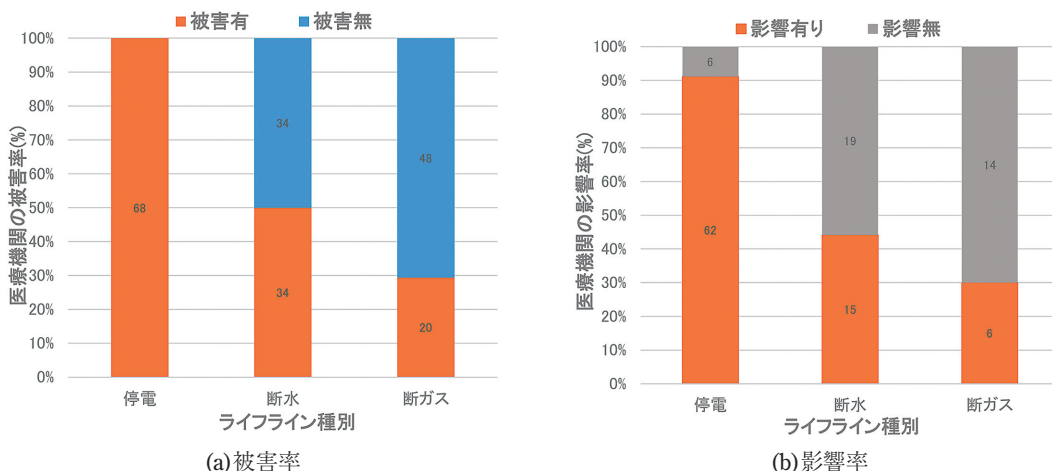


図6 供給系ライフラインの機能被害

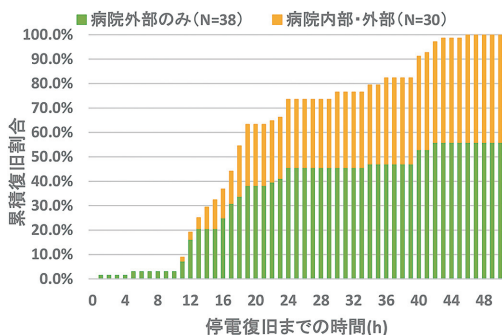


図7 被害発生個所別の停電の復旧曲線

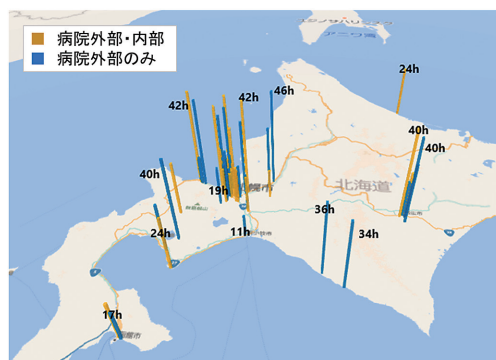


図8 病院における停電復旧時間マップ

り、断ガスには含まれていない。被害率、影響率共に停電が最も大きくなり、全病院の9割以上で医療機能への影響が生じたことが明らかとなった。また、断水、断ガスによる影響率も建物被害と比べて大きな値を示し、ライフライン機能被害による医療機能への影響の大きいことがわかる。

(2) 供給系ライフラインと発生原因箇所

供給系ライフラインが医療機能に与える要因を明らかにするために被害発生個所により考察する。被害原因の整理の為、ライフライン機能被害の発生原因が病院敷地内の場合を「病院内部」、発生原因が病院敷地外の場合「病院外部」とした。被害発生原因別の停電の復旧曲線を図7に、復旧

時間を高さに換算した復旧時間マップを図8に示す。図8より札幌市中心付近では停電時間が短い病院が多いが、少し離れた地点における病院は長くなっていることが分かる。また、断水、断ガスの復旧曲線を図9、10に示す。これらより病院内部・外部両方における被害が原因で停電・断水・断ガスが発生した場合、8時間未満で復旧するケースはなかった。さらに、断水に関しては、病院外部における管路の耐震化などの対策に比べて病院内部の給水管路や貯水槽などの耐震対策が進んでいないためだと考えられる。また、病院内部・外部の被害は、病院外部の被害が修繕された後に、病院内部の給水が始まって初めて内部の被害が明

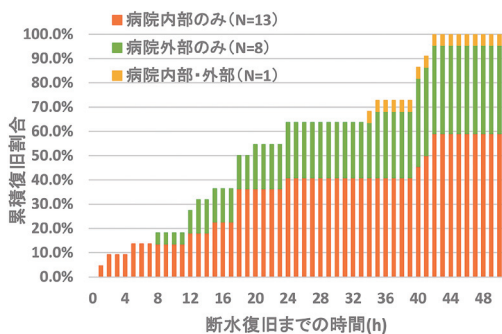


図9 被害発生原因別の断水の復旧曲線

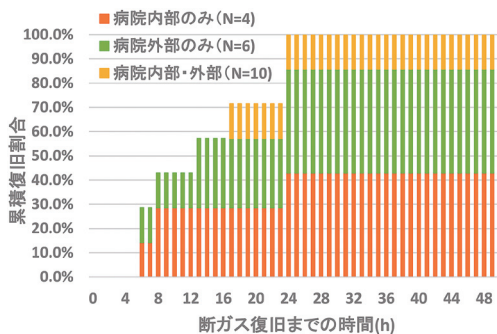


図10 被害発生原因別の断ガスの復旧曲線

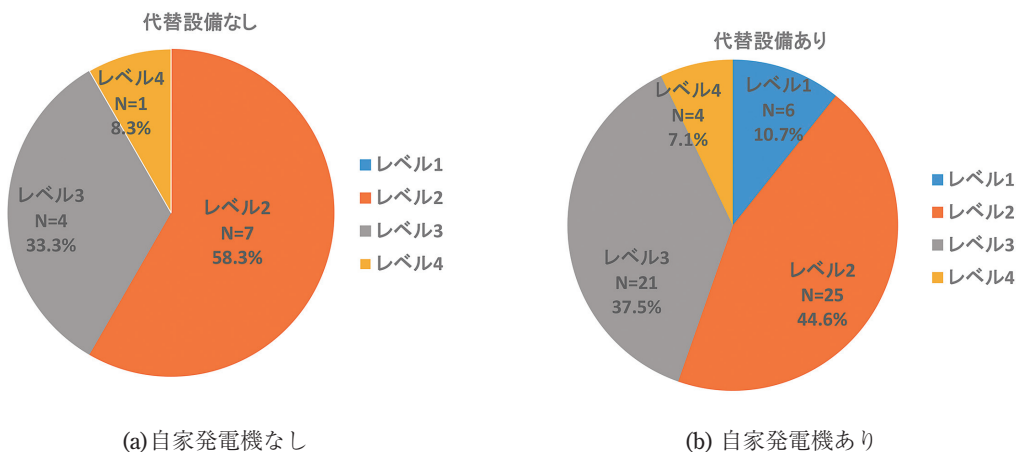


図11 自家発電機の有無による影響レベル

らかなる場合が多いので、復旧までに要する時間が増加するといえる。なお、断ガスについても同様ではないかと考えている。

4. 停電被害による医療機能への影響

4.1 停電期間及び代替機能と医療機能の関係

本章では、影響が大きいと考えられる停電による医療機能の低下割合について検討する。被害によりどの程度医療機能が低下したかを分析するために、医療機能への影響レベルを表2のように定義する。この影響レベルを用いて停電による影響を考察する。

停電時に医療機能を維持するためには自家発電機等を有することが不可欠である。図11に自家発

表2 医療機能への影響レベル

影響レベル	医療機能への影響
レベル0	被害無
レベル1	被害による医療機能への影響無
レベル2	診療の制限有(時間・外来制限程度)
レベル3	診療の制限(外来休診・投薬のみ程度)
レベル4	被害の影響により転院が行われた機関

電機等の代替設備の有無による医療機能の影響レベルを示す。同図より、代替設備を有しない医療機関ではレベル4が8.3%あり、レベル1被害が無いことがわかる。しかし、代替設備を有している機関ではレベル4が7.1%と減少し、レベル1が10.7%と増加していることがわかる。

次に、自家発電機運転可能時間別の医療機関の

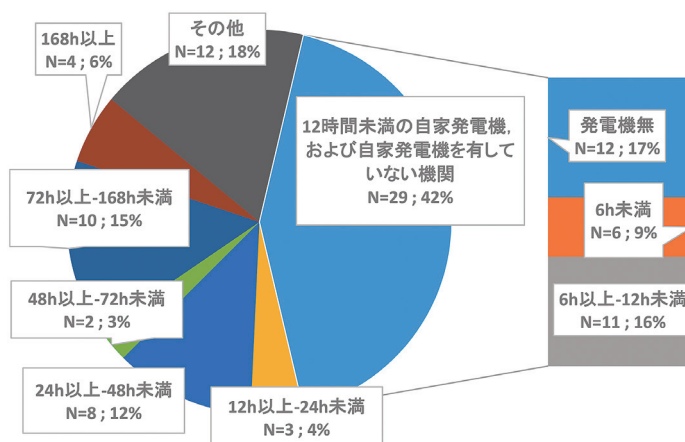


図12 自家発電機運転可能時間別の医療機関の割合

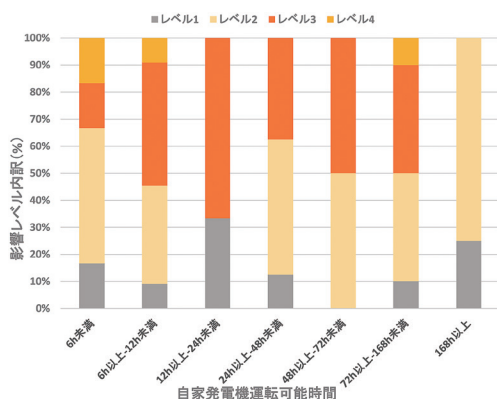


図13 自家発電機運転可能時間別の影響レベル

割合を図12に示す。同図より、12時間未満の自家発電機、および自家発電機を有していない機関が42%ある。しかし、現在の災害医療計画では自家発電機等により、通常時の6割程度の能力で3日間の運転が求められているため、医療機能を維持するには十分ではないといえる。また、本地震では最短でも12時間近い停電が発生しており、多くの医療機関で自家発電機が使用できない時間が発生したと考えられる。そこで、自家発電機運転可能時間別の影響レベルを図13に示す。同図より、自家発電機運転可能時間が短い6時間未満では最もレベル4が多くなっている。さらに、12時間-24時間未満ではレベル3が全体の60%以上であ

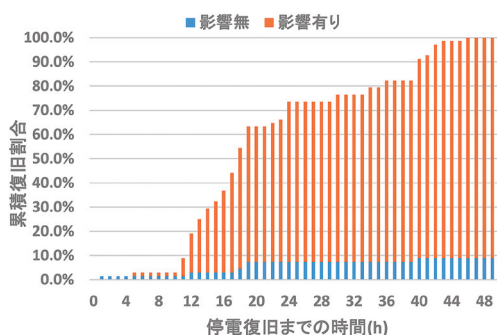


図14 医療機関の停電復旧曲線

り、医療機能への影響が大きくなったと考えられる。168h(1週間)以上ではレベル2、レベル1のみとなっており自家発電機運転可能時間が十分に確保されている場合には医療機能への影響が最小限に抑えられたことがわかる。

また、停電期間により医療機能に及ぼす影響がどのように変化していくのかを確認するために、医療機関の停電復旧曲線を図14に示す。図14より停電復旧までの時間が12時間を超えると影響有りと回答した医療機関が急激に増加することがわかる。医療機能への影響が生じた理由としては医療機器の使用不能という回答がほとんどであった。したがって、12時間を超える停電に対応できず、医療機器の使用不能の影響が大きかったものと考えられる。

4.2 停電期間及び代替機能と医療機能の関係

4.1より、停電時には医療機器が使用不能となったことによる医療機能への影響が深刻となること分かった。そこで、どのような医療機器が停電により影響を受けるかを明らかにする必要がある。

医療機器の影響を整理するために医療機器の制限率、医療機器の影響率を式(3)、(4)のように定義する。また、医療機器種別一覧を表3に示す。

$$\text{医療機器制限率} = \frac{\text{(停電により各医療機器が制限を受けた機関数)}}{\text{(停電被害が発生した機関数)}} \quad (3)$$

$$\text{医療機器影響率} = \frac{\text{(各医療機器が制限を受けたことにより医療機能に影響が生じた機関数)}}{\text{(停電により各医療機器が制限を受けた機関数)}} \quad (4)$$

医療機器制限率を図15に、医療機器影響率を図16に、それぞれ示す。図15より、多くの項目で制

限率が80%以上となっていることがわかる。しかし、浄化槽電源、電気錠、防犯ITV (Industrial television の略称、以下「ITV」と記す。)の3項目は70%を下回った。これは、電気錠やITVは防犯だけではなく、医療支援ITVなどICU室や手術室にも用いられるなど^{1,2)}、常時稼働する必要がありUPS設備対応など非常用電源が優先的に

表3 医療機器種別一覧

医療機器種別
照明設備
室内電源
エレベーター電源
自動ドア電源
浄化槽電源
通信関連
電気錠
防犯ITV
厨房・換気扇
LPガス供給、冷凍庫
薬品庫、冷凍庫
事務関連の電源
検査機器等
放射線関連機器

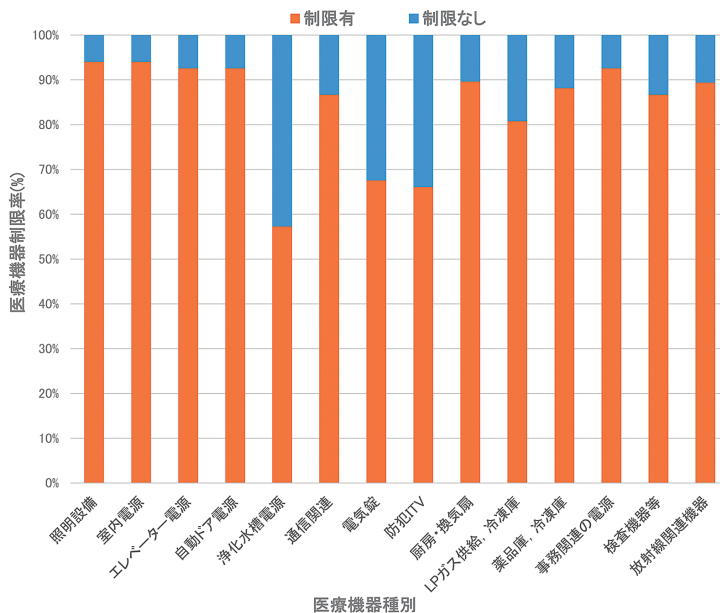


図15 医療機器電源種別ごとの医療機器制限率

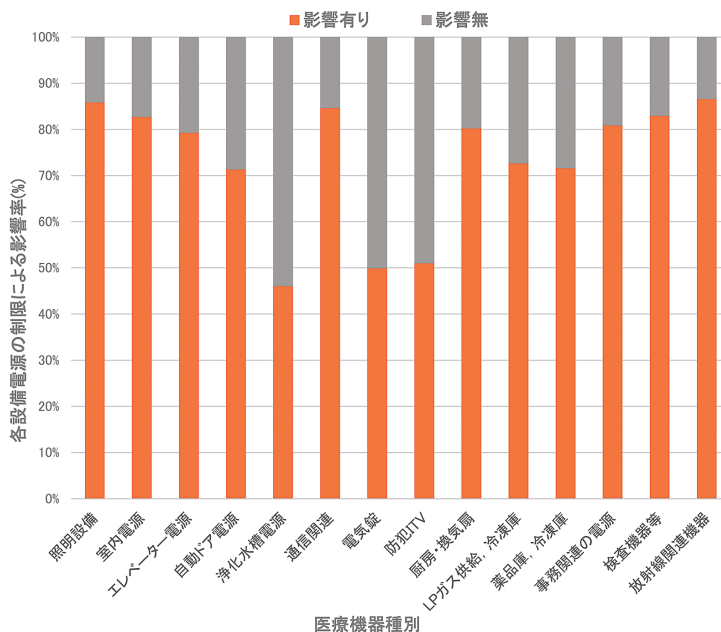


図16 医療機器電源種別ごとの医療機器影響率

供給されるためと考えられる。

図16によれば、医療機器影響率はほとんどの機器で70~80%近い値であるのに対し、制限率同様に浄化槽電源、電気錠、防犯ITVは50%程度と低くなっており、前述したように非常用電源が優先されているためといえる。また、これらのシステムは常時稼働しているため、優先順位によりいくつかの段階に分けられており、他に対し影響率が低いと考えられる。

次に、医療機器影響率が80%を超えた項目として、照明設備、室内電源、通信関連、厨房・換気扇、事務関連の機器、検査機器、放射線関連機器があった。本地震は夜間発生したことから、照明設備の影響が高くなったと考えられる。通信関連設備、事務関連設備は電子カルテやEMISなどの情報システムが使用できない事による影響が大きかったといえる。

5. 結論

本研究は医療機関のライフラインの機能被害やライフラインの代替設備の容量などと医療機能低下の関連を分析し、医療機能に影響を及ぼす被害

の要因を考察するために、2018年北海道胆振東部地震の被災病院を対象にアンケート調査を行い分析したものである。その結果、以下のことが明らかとなった。

2018年北海道胆振東部地震のアンケート回答機関における建物被害は内壁以外ではすべて10%以下の医療機関でしか発生しておらず、被害がわずかであった。また、医療機能に影響を生じた機関は内壁における1棟のみであることから、今回の調査対象機関においては建物被害の影響はほぼないことが明らかとなった。

ライフライン機能被害が医療機能の低下におよぼした影響を分析するために医療機能への影響レベルを定義し整理した結果、停電は代替設備を有することによって、停電により転院、外来休止等の対応をとった医療機関の割合が減少し、被害は発生したが医療機能への影響は無いと回答した割合が増加することが明らかとなった。また、復電までに12時間を超えると、医療機能に影響有りとして回答した医療機関が急激に増加することから、12時間を超える停電に十分に対応できておらず、停電による医療機器の使用不能の影響が大きくなる

ことも明らかとなった。したがって、今回のような大規模停電に対しては、自家用発電機などの代替設備を準備することは当然のこととして、12時間以上の運転可能時間を確保することが重要であるといえる。

なお、本研究により医療機器が制限された病院の割合については明らかとなったが、機器の個数等を調査していない為、より客観的な分析を行うためにはさらに各病院の有する機器全体の数やそれらの規格について調査し、検討する必要がある。

謝辞

アンケート調査にご協力して下さった各医療機関の方々から感謝いたします。また、防災科学技術研究所 (K-NET, KiK-net) で公開されている観測記録を利用しました。関係各位に心から感謝いたします。本研究はJSPS 科研費18H01677の補助を受けて実施したものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 郭 耕杖・林 康裕・神原 浩：アンケート調

査に基づく病院の地震被害と震度との関係，日本建築学会構造系論文集，No.586，pp.9-12，1995。

- 2) 馬場美智子・東原紘道：新潟県中越地震における病院被害と災害・救急医療システムに関する調査分析，土木学会地震工学論文集，Vol.28，pp.89-98，2005。
- 3) 池内淳子・武井英理子・鶴飼 卓：災害拠点病院が保有すべき防災力に関する研究，地域安全学会論文集，No.10，pp.495-502，2008。
- 4) 地震調査研究推進本部事務局，平成30年北海道胆振東部地震に関する情報，https://www.jishin.go.jp/main/oshirase/20180906_iburi.html，2018年12月5日
- 5) 内閣府，防災情報のページ，平成30年北海道胆振東部地震に係る被害状況等について，<http://www.bousai.go.jp/updates/h30jishinhokkaido/index.html>，2019年1月24日
- 6) 日本医師会，地域医療情報システム，<http://jmap.jp/>，2019年1月24日
- 7) 国土技術政策総合研究所，道路地震防災研究室，<http://www.nilim.go.jp/lab/rdg/index.html>，2019年1月24日

(投稿受理：2019年4月6日
訂正稿受理：2019年7月3日)

要 旨

地震災害時において、医療機関は救命救急活動を実施する重要な拠点施設となるが、医療機関も被害を受ける。救命救急活動を迅速に行うためにも、地震直後の医療機関における被害や医療機能の低下度合いを即座に把握することは重要である。そこで本研究では、2018年北海道胆振東部地震を対象にアンケート調査を行い、医療機関のライフラインの機能被害やライフラインの代替設備の容量などと医療機能低下の関連を分析し、医療機能に影響を及ぼす被害の要因を明らかにした。