

給水車を用いた広域災害時における災害拠点病院への断水対応に関する研究

秋月伸哉^{1,a)} 畑山満則² 伊藤秀行³ 松原悠¹

概要: 阪神淡路大震災や熊本地震といった広域災害によって、医療現場において断水問題が頻繁に発生している。被災病院では断水によって透析といった治療を施すことができず、病院としての機能が大きく低下してしまっている。本研究では、愛知県の災害拠点病院を対象として給水車を用いた給水モデルの構築を行うことで、災害時の医療用水の確保を円滑に実行できることを目標とする。また、給水モデルにより算出されたデータを元に、井水の利用可能性の拡大や迅速な応急給水体制の確保といった、医療機関と水道事業者との災害対応モデルの提案を行う。

キーワード: 災害拠点病院, 水道事業者, 給水車モデル, 災害対応モデル

Research on water outage response to disaster base hospitals in the event of a wide area disaster using a water truck

SHINYA AKIZUKI^{1,a)} MICHINORI HATAYAMA²
HIDEYUKI ITO³ YU MATSUBARA¹

Abstract: Due to wide area disasters such as the Great Hanshin-Awaji Earthquake and the Kumamoto Earthquake, water outage problems frequently occur in medical settings. In the disaster-stricken hospital, treatment such as dialysis cannot be performed due to water outage, and the function as a hospital has deteriorated significantly. In this study, we aim to smoothly secure medical water in the event of a disaster by constructing a water supply model using a water truck for disaster base hospitals in Aichi Prefecture. In addition, based on the data calculated by the water supply model, we will propose a disaster response model between medical institutions and water utilities, such as expanding the availability of well water and securing a prompt emergency water supply system.

Keywords: Disaster base hospital, Water supply entity, Water truck model, Disaster response model

1. はじめに

日本では阪神淡路大震災や東日本大震災といった大規模な地震が継続的に発生している。上記の広域災害により、医療現場において断水問題が頻繁に発生している。断水によって、被災した災害拠点病院では透析などの治療を施すことができずに病院としての機能が大きく低下している事案が発生している。そのため南海トラフ地震や首都直下地震といった広域被害が想定される災害に備え、災害医療機関への手厚い給水支援体制を構築する必要がある。広域災害

が発災しても、災害拠点病院が一定の医療サービスを提供できるためには、断水時における災害拠点病院の事業継続に関する取り組みを明確にしておく必要がある。すると現状の病院BCPモデルにはいくつかの問題点が浮上した。1つ目は現状の病院BCPは、災害拠点病院における優先度の高い通常業務と、災害時における応急対応業務等の内容が多くを占めており、施設の点検・是正の取り組みに関して詳細に書かれていない。2つ目は断水時の行政からの支援手段について深く検討されていない。3つ目は水道事業者との連携が取れていないため、断水リスクを把握できない。その

1 京都大学情報学研究所
Kyoto University, Uji, Kyoto 611-0011, Japan
2 京都大学防災研究所
Kyoto University, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

3 減災ロジスティクス研究所
P&I Logistics Co., Ltd.,
a) akizuki.shinya.86c@st.kyoto-u.ac.jp

結果ラストワンマイルといった問題に対応できずに水不足に陥ってしまう可能性がある。上記の問題を改善しないと、過去の広域災害からの教訓を活かせずに過去の災害時において発生した断水問題と同様の問題が発生してしまう可能性がある。そのためには、病院と水道事業者間で断水対応における事前協定を結んでおく必要がある。

本研究では、愛知県の災害拠点病院を対象として給水車を用いた給水モデルの構築を行うことによって、災害時の医療用水の確保を円滑に実行できることを目標とする。また、給水モデルにより算出されたデータを元に、井水の利用可能性の拡大や迅速な応急給水体制の確保といった、医療機関と水道事業者との災害対応モデルの提案を行う。

2. 背景と研究目的

2.1 広域災害時における医療現場の断水対応

災害拠点病院の事業継続にあたって重要な要素の1つに、断水時の水の確保が挙げられる。はじめに過去の事例をいくつか紹介する。

阪神淡路大震災復興本部保健環境部医務課（1995）は、阪神淡路大震災において兵庫県内の病院の診療機能を低下させた主な原因を調査している。回答のあった163病院のうち、最も多かった回答は「上水道の供給不能（120病院）」であり、以下「電話回線（98）」、「ガスの供給不能（88）」と続く[1]。熊本地震時においても、熊本病院では上水の供給停止と井水の濁り（原因：阿蘇水系の地下水に濁りが発生した）の発生により、水の供給は一時的に完全に断された[2]。施設系職員の不眠不休の努力と、熊本県の要請に基づいた陸上自衛隊による1日最大100トンの給水支援により、手術の実施や透析が不可能となった他医療機関からの外来臨時透析の受け入れが可能になったのは、発災から5日経過した2016年4月18日であった。

病院における断水問題は地震だけではなく風水害においても発生している。例えば2018年7月豪雨（西日本豪雨）では、医療機関が数多く被災し京都府から長崎県にかけての6府県において計95施設が被害を受けた[3]。また島崎ら（2010）が述べているように、人工透析を行っている医療機関では大量の医療用水を安定して供給することが必要となるため、医療機関における断水での対応策は早急に策定しておく必要がある[4]。

2.2 病院のBCP策定状況

2018年に発生した、台風21号や北海道胆振東部地震によって病院において長期の停電や断水が生じ、病院の診療継続が困難となる事態が生じた。これらを踏まえ、厚生労働省は各医療機関におけるBCPの策定状況等の防災・減災対策の状況について把握するため2回にわたって独自の調査を行った[5]。調査対象は災害拠点病院だけではなく、救急救命センターや周産期母子医療センターといった全都道府県における全病院（8372）であった。上記のBCP策定状況に

関するアンケート調査の概要あるいは結果に関しては下記に記した。表1には調査①の結果をまとめた。

<p>・調査①の内容</p> <p>調査対象: 2018年10月1日における各都道府県下のすべての病院（医療法（1948年法律第205号）第1条の5に規定されている病院をいう）</p> <p>調査期間: 2018年11月14日～12月28日</p> <p>調査方法: 都道府県を通じたアンケート</p> <p>調査内容: 病院におけるBCPの策定状況</p> <p>・調査②の内容</p> <p>調査対象: 調査①において未回答あるいは未策定と回答した災害拠点病院</p> <p>調査期間: 2019年5月7日～5月22日</p> <p>調査方法・調査内容: 調査①と同じ</p>

表2 調査①の結果

	回答数	回答率	BCP策定あり	割合
災害拠点病院	690	93.8%	491	71.2%
救急救命センター(※1)	6	85.7%	4	66.7%
周産期母子医療センター(※2)	68	86.1%	21	30.9%
上記以外の病院	6530	86.5%	1310	20.1%
全病院	7294	87.1%	1826	25.0%

※1 災害拠点病院を含まない

※2 災害拠点病院および救急救命センターを含まない総合・回答数に対するBCP策定なしと回答した病院の割合

2.3 現状の病院BCPモデルの問題点

厚生労働省の調査より、災害拠点病院においてはほぼ全ての病院がBCPの中身までを知ることはできなかった。そこで、この節では東京都福祉保健局が取り纏めた、災害拠点病院向けのBCP策定ガイドラインを参考に、現状のBCPモデルの問題点の抽出を行った[6]。災害拠点病院におけるBCPの役割は以下の4点である。

- (1) 前の備えによる対応力の低下を抑制
- (2) 対応力の早期回復
- (3) 対応力の増加
- (4) 災害拠点病院への患者数の抑制

そもそもBCPは一般に「いかに人命・資産を守るか」ということに主眼を置き、想定されている災害対応マニュアルとは異なり、災害が発生した場合に「いかに業務を継続するか」ということに主眼が置かれた計画である。そのため現状のガイドラインでは断水時の行政からの支援手段について深く検討されていない。また水道事業者との連携体制の推奨について書かれていないため、病院と水道事業者間で断水対応策を協議できない。その結果ラストワンマイル問題に対応できず、結果発災後に水不足に陥ってしまう可能性がある。上記の問題を改善しないと、過去の広域災害から

の教訓を活かせずに過去の災害時において発生した断水問題と同様の問題が発生してしまう可能性がある。そのためには、病院と水道事業体間で断水対応における事前協定を結んでおく必要がある。

2.4 本研究の目的

南海トラフや首都直下地震といった広域災害に備え、過去の教訓を活かして災害拠点病院が一定の医療サービスを提供できるためには、災害拠点病院への手厚い給水支援体制の構築が必要となる。本研究では、愛知県の災害拠点病院を対象として給水車を用いた給水モデルの構築を行うことによって、災害時の医療用水の確保を円滑に実行できることを目標とする。また、給水モデルにより算出されたデータを元に、井水の利用可能性の拡大や迅速な応急給水体制の確保といった、医療機関と水道事業者との災害対応モデルの構築を目指す。

3. 断水対応に関する現地調査

3.1 調査方法

本研究では、愛知県内の全ての災害拠点病院を対象としたアンケート調査を実施した。愛知県を調査地域としたのは、名古屋市市民向けの断水対応は応急給水栓を用いるなど水道のインフラが整っている背景があるためであり、果たして愛知県の災害拠点病院への給水支援が十分なものであるかを把握しておく必要があったためである。また後日にアンケート調査にご協力をいただいた病院を対象として追加の現地調査を実施した。なお本研究にて行った災害拠点病院調査の概要に関しては、表 2 にまとめた。

表 2 災害拠点病院調査の概要

調査対象	愛知県全ての災害拠点病院
調査期間	<ul style="list-style-type: none"> ・2019年5月 アンケート調査 ・2019年5月～7月 名古屋市内の病院を対象とした現地調査 ・2020年2月～3月 名古屋市以外の愛知県内の病院を対象とした現地調査
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・供給水道事業者名 ・病床数と職員数 ・水源の管理（平常時と非常時） ① 飲用水 ② 雑用水 ③ 透析用水 ・透析用水の確保に関して ・病院における1日の水使用量（飲用水、雑用水） ① 月ごと ② 平日、休日 ・井水ポンプの組み上げ能力

※飲用水：医療系（外傷患部の洗浄用、器具の滅菌洗浄用 etc.）
生活系（手洗い、洗体、調理）

※雑用水：空調の冷却用、トイレの水洗といった、水道水と同質の品質が必ずしも求められていないもの

本格的な調査実施に先立って、名古屋市防災危機管理局地域防災室の紹介で名古屋市立大学病院を訪問し、病院への水供給や断水対策等についての現地調査を実施した。ここで得られた情報を参考にしながらアンケート調査の調査票の作成を行った。アンケート調査においては、愛知県内の災害拠点病院全35箇所（2019年3月末時点）を対象とし、平常時の水の調達方法と断水対策のための備蓄・受水槽の総容量等についての質問を行った。なお、病院への依頼に関しては、愛知県保健医療局医務課から各病院にアンケート用紙を送付いただき、各病院から回答を京都大学防災研究所に送付していただくという手順をとった。

災害拠点病院への現地調査に関しては、アンケートの回答を得られた24の病院を対象として依頼を行った上で、快諾を頂いた17の病院を対象に実施した。まず2019年5月から7月にかけて、名古屋市内の災害拠点病院への現地調査を実施した。その後、現地調査の質問項目に物資の備蓄状況（ペットボトル水、紙皿やラップ、簡易トイレ等）と、病院内の配管の耐震性を追加した上で、2020年2月から3月にかけて名古屋市以外の愛知県内の災害拠点病院を対象として現地調査を再度実施した。

また水道事業者側の現状確認として、名古屋市上下水道への現地調査を実地した。内容としては、名古屋市における上下水道の耐震化の状況や応急給水の考え方、給水車の保有台数や運用方法、病院との連携状況等についての質問や意見交換を行った。

3.2 調査結果

アンケート調査に関しては、愛知県内の災害拠点病院35箇所のうち24の病院から回答を得ることができた（回収率69%）。また、病院への現地調査の回答を得られた24のうち17の病院に対して実施することができた（7病院については、新型コロナウイルス感染症の影響が出始めたため訪問できなかった）。名古屋市上下水道局への現地調査に関しては意見交換を含め計3回実施した。現地調査した病院の回答結果を表3、表4、表5にまとめた。なお、病院1から病院8は名古屋市内の災害拠点病院である。

表 3 災害拠点病院現地調査結果（1/3）

病院	水道以外の水源	井水の用途（平常時）	井水の用途（断水時）
1	井水	雑用水	雑用水
2	井水	利用なし	雑用水
3	井水	飲用水、雑用水	飲用水、雑用水
4	井水	雑用水	飲用水、雑用水
5	井水	利用なし	利用しない
6	井水、工業用水	飲用水、雑用水	飲用水、雑用水
7	井水	飲用水、雑用水	飲用水、雑用水
8	井水	飲用水、雑用水	飲用水、雑用水
9	井水	雑用水	雑用水
10	井水	飲用水、雑用水	飲用水、雑用水
11	井水	雑用水	雑用水
12	井水、工業用水	利用なし	飲用水、雑用水

13	井水	雑用水	雑用水
14	井水	利用なし	飲用水, 雑用水
15	井水	飲用水, 雑用水	飲用水, 雑用水
16	井水	飲用水, 雑用水	飲用水, 雑用水
17	井水	飲用水, 雑用水	飲用水, 雑用水

表 4 災害拠点病院現地調査結果 (2/3)

病院	受水槽容量 (KL)	病院の1日の水使用量 (KL)	節水の検討
1	251	84	○
2	160	230	○
3	600	400	×
4	1672	514	○
5	412	373	×
6	206	186.8 (透析用 8)	○
7	411	250	○
8	238	不明 (透析用 3.2)	○
9	400	400	○
10	250	150	×
11	275	150	○
12	500	640	×
13	585	不明	○
14	580	350	×
15	100	100	○
16	412	420	○
17	204	350	×

表 5 災害拠点病院現地調査結果 (3/3)

病院	停電時用の燃料の備蓄量 (h)	水道事業者との事前調整	備蓄に関する病院間との支援協定
1	72	不明	×
2	72	○	×
3	84~120	不明	×
4	65	×	○
5	不明	不明	×
6	134	不明	×
7	72	×	○
8	80	不明	○
9	72	×	○
10	72	×	×
11	72	×	○
12	72	×	○
13	72	×	×
14	72	×	×
15	72	○	×
16	72	×	×
17	72	×	×

現地調査の結果、以下の知見を得ることができた。

- 1) 全ての病院が水源として井水の利用が可能であることがわかった。ただし病院5の場合、井戸設備はあるが非常時でも井水としての利用は行わないという回答であった。4病院では平常時より水道水のみを使用している。工業用水を雑用水に利用している病院が2病院あった。また、雨水を貯留して雑用水に利用している病院も1病院あった。
- 2) 停電時においては、非常用発電機で地下水を汲み上げる

ポンプを作動させる必要が生じるが、非常用発電機用の燃料の備蓄量は72時間程度分を中心として、65時間分から134時間分までの間で幅が見られた。断水と停電が同時に発生した場合、給水車による応急給水を必要とする病院が増加する可能性がある。また現地調査の結果、非常用発電機用の燃料を継続的に確保できるかを不安視する意見もあった。また燃料タンクは地下に設置させている病院が多く、洪水や津波による浸水に留意する必要もある。

3) 病院敷地内の水の配管の耐震性については、耐震性が十分でないと認識している病院が少なくとも3病院あった。広域災害時には、配管の損傷によって病院の各施設への水の供給に支障が出る可能性がある。

4) 断水時の節水方法に関しては6病院で検討されていないことが分かった。一方で、井水で十分な水量を確保できると想定している病院において、追加的な対策として節水方法を検討している病院も見られた。

5) 備蓄に関しては、計算手法は病院によって若干異なるものの基本的に3日分の飲料水が備蓄している病院も見られた。また6病院においては備蓄に関する事前協定が存在することが分かった。

6) 応急給水に関しては、地上にあっても給水車の横付けが困難な受水槽や地下に存在する等の理由によって、給水車による給水にあたってホースが必要となる受水槽があることが確認できた。しかしながら、給水支援に関する事前協定を締結しているのはわずか2病院のみであった。事前協定を締結していないと、給水時における作業の遅延あるいは行政への給水救援が大幅に遅れてしまう可能性がある。

上記の現地調査の結果を踏まえ、以下の2つのシナリオにおける発災後3日間における必要支援水量の算出を行った。なお「病院の1日の総水使用量」の回答が得られなかった病院に関しては、総水使用量を400KLとして算出した。

・シナリオ①: 発災後、配管の損傷により水道水は使用不可になったものの井水は使用できる (表 6)

※必要支援水量 (x日目) = 1日の水使用量 - (受水槽残量 (x日目) + 井水の汲み上げ量)

表 6 シナリオ①での必要支援水量

病院	必要支援水量 (1日目 (KL))	必要支援水量 (2日目 (KL))	必要支援水量 (3日目 (KL))
1	0	0	0
2	0	116	130
3	0	0	0
4	0	0	0
5 (井戸利用なし)	2	373	373
6	0	透析用: 4	透析用: 8
7	0	0	0
8	0	透析用: 2.4	透析用: 3.2
9	50	200	200
10	0	0	0
11	60	75	75

12	0	0	0
13	0	200	200
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

・シナリオ②：発災後、配管の損傷により水道水は使用不可になった。さらに井水用の濾過装置の故障等によって井水も使用不可になった（表 7）

※必要支援水量（x 日目）＝1 日の水使用量-受水槽残量

表 7 シナリオ①での必要支援水量

病院	必要支援水量 (1 日目 (KL))	必要支援水量 (2 日目 (KL))	必要支援水量 (3 日目 (KL))
1	0	0	26
2	86	230	230
3	0	260	400
4	0	0	0
5 (井戸利用なし)	2	373	373
6	21.8	190.8	194.8
7	58	250	250
8	186	402.4	403.2
9	20	393	400
10	0	89.6	250
11	60	112.23	150
12	150.4	640	640
13	43	308.5	350
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	49.2
17	16.4	273.2	350

4. 名古屋市の災害拠点病院を対象とした給水モデル

4.1 給水車による最大支援可能水量の算出方法

名古屋市水道局への現地調査の結果、名古屋市では 2t の水運べる給水車を 4 台、4t の水運べる給水車を 4 台所有していることが分かった。しかし、現在の愛知県全体で所有している給水車の台数データを入手することはできなかった。そこで本研究において構築した給水モデルの対象地域を名古屋市とした。給水車を用いた給水モデルを構築した目的は、各災害拠点病院において限られた給水車の台数でどの程度賄うことができるかを確認するためである。表 7 の結果より、広域災害時に水道水も井水も使用不可になった際、発災後 3 日目には多くの病院が大量の水支援が必要となることが分かった。そこでできるだけ多くの水支援を行うため給水車は最寄りの病院と補給地点間とのピストン輸送を行うこととしてデータの算出を行った。また給水車の運用をできるだけ長くするために、給水支援を行うグループを 3 つ作りそのうち 1 つのグループを実際の給水作業を行うことで 24 時間運用できると期待される。以下の図 1 に、3 グループ制による給水支援タスクを示した。

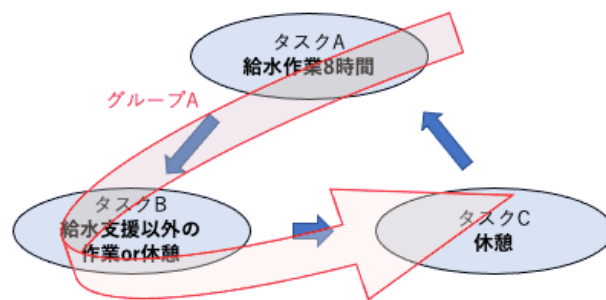
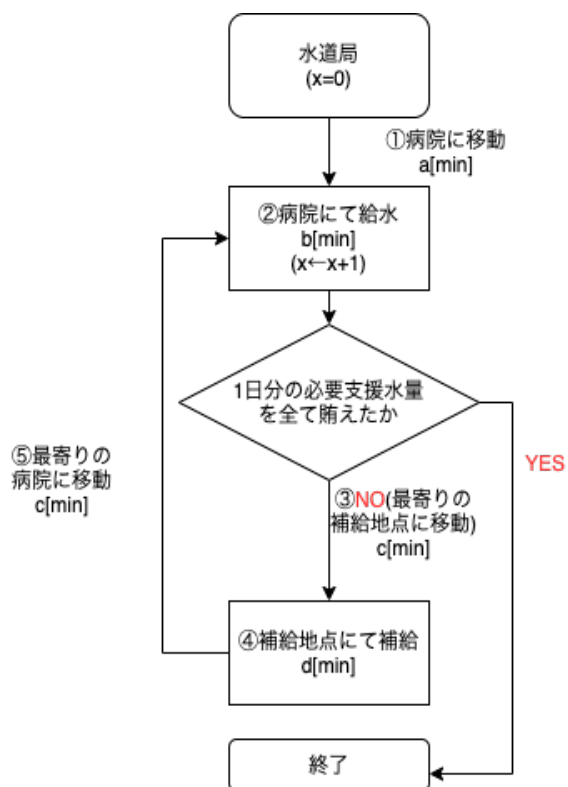


図 1 グループ制による給水支援作業

上記を踏まえ表 8 に、本研究で構築した給水車モデルのフローチャートを記した。また、給水車モデルにおける使用データ、算出データ、条件を下記に記した。

<p>・使用データ</p> <ol style="list-style-type: none"> 距離データ（最寄りの水道局→病院，病院→補給地点） ※googlemap の最短経路データを使用 給水車の走行速度：12km/h 給水車が水の補給にかかる時間 (2t：10min/回，4t：20min/回) 給水車が病院の受水槽へ給水するのにかかる時間 (2t：30min/回，4t：60min/回)
<p>・算出データ</p> <p>各病院へ給水に行ける回数 (max) (2t, 4t) →給水車 1 台による支援可能水量 (6 時間) (2t, 4t) →給水車による最大支援水量 (6 時間) (2t, 4t)</p>
<p>・条件</p> <ol style="list-style-type: none"> 発災直後、全給水車の容量は満タンとする 各病院において最寄りの水道局に給水車を所有しているものとする 給水に関する時間以外は考慮しない 通行不能や落橋等、道路状況は一切考慮しない x_{max} 回目給水完了時、給水車の運用時間 6 時間を超えていても良いとする x_{max} 回目給水直前、給水車の運用時間 6 時間を超えていないものとする

表 8 給水車モデルフロー



- ※a : 最寄りの水道局→病院への移動時間[min]
- ※b : 病院での給水にかかる時間[min]
- ※c : 最寄りの病院—補給地点間の移動時間[min]
- ※d : 補給地点での補給にかかる時間[min]
- ※x : 病院での給水回数

最後に本研究で構築したモデルを用いて算出した、名古屋市各災害拠点病院への最大支援水量を表 9 に示す。

表 9 給水車 1 台による病院への最大支援可能水量

病院	病院への最大給水支援回数 (4t, 2t)	給水車 1 台による病院への最大支援可能水量 (KL) (4t, 2t)
1	4, 8	16, 16
2	4, 7	16, 14
3	4, 6	16, 12
4	4, 7	16, 14
5 (井戸利用なし)	4, 6	16, 12
6	4, 6	16, 12
7	5, 8	20, 16
8	4, 6	16, 12

4.2 各災害拠点病院における給水車による給水支援能力

本研究で構築したモデルで算出されたデータを元に、以下の 3 つのシナリオごとに、各災害拠点病院に応じた給水車による給水支援能力を算出した。

- ・シナリオ① : 水道水×, 井水○
- ・シナリオ② : 水道水×, 井水×
- ・シナリオ③ : 水道水×, 井水: 雑用水

シナリオ③に関しては、表 7 の結果より井水が使用不可になると各病院において大量の水が不足することが分か

った。そこで、水道水程の水質基準を満たさなくても良い雑用水として活用するシナリオを作成した。井水を雑用水として活用することで、結果にどのような変化が生まれそこから井水の利用可能性の拡大の提案につながるのではないかと考えた。

評価を行う前に前提条件を示す。

- ・前提条件 : 給水車の運用時間 (6 時間×3/日)
- ※実際に給水支援作業を行う時間を 1 グループにつき 6 時間とする (1 グループの持ち時間 : 8 時間)

各シナリオにおける給水車の給水支援能力の評価結果を表 10, 表 11, 表 12 にまとめた。評価結果に関する考察は次ページにて述べる。

表 10 シナリオ① (井水○) での評価結果

被災病院	給水車による最大支援水量[KL]	不足支援水量 (1 日目, 2 日目, 3 日目)
1	384(128×3)	0, 0, 0
2	360(120×3)	0, 0, 0
3	336(112×3)	0, 0, 0
4	330(110×3)	0, 0, 0
5 (井戸利用なし)	336(112×3)	0, 37, 37
6	336(112×3)	0, 0, 0
7	432(144×3)	0, 0, 0
8	336(112×3)	0, 0, 0

※不足支援水量 (x 日目) = 必要支援水量 - 給水車による最大支援水量

表 11 シナリオ② (井水×) での評価結果

被災病院	給水車による最大支援水量[KL]	不足支援水量 (1 日目, 2 日目, 3 日目)
1	384(128×3)	0, 0, 0
2	360(120×3)	0, 0, 0
3	336(112×3)	0, 0, 0
4	330(110×3)	0, 0, 40
5 (井戸利用なし)	336(112×3)	0, 37, 37
6	336(112×3)	0, 0, 0
7	432(144×3)	0, 0, 0
8	336(112×3)	0, 66.4, 67.2

表 12 シナリオ③ (井水×) での評価結果

被災病院	給水車による最大支援水量[KL]	不足支援水量 (1 日目, 2 日目, 3 日目)
1	384(128×3)	0, 0, 0
2	360(120×3)	0, 0, 0
3	336(112×3)	0, 0, 0
4	330(110×3)	0, 0, 40
5 (井戸利用なし)	336(112×3)	0, 37, 37
6	336(112×3)	0, 0, 0
7	432(144×3)	0, 0, 0
8	336(112×3)	0, 0, 0

4.3 被災病院数に応じた評価結果

広域災害時では、複数の病院が同時に断水被害に遭う可能性がある。そこでこの節では、被災病院数に応じた給水車による給水支援能力を算出した。

評価を行う前に、下記に前提条件を示す。

・前提条件

1. 給水車の運用時間 (6時間×3/日)
 ※実際に給水支援作業を行う時間を1グループにつき6時間とする (1グループの持ち時間: 8時間)
2. 被災病院数が2以上の場合、初めの各病院への給水車の割り振りはx日目の必要支援水量に応じて割り振る
 ※各病院での必要水量を満たす最小の給水車台数を派遣
3. y病院での必要支援水量が0になった際、給水完了時において最も必要支援水量の多いz病院に給水支援に回る
 ※y病院からz病院へタンク容量maxで給水支援に駆けつけるまでの時間: 1時間

上記の前提条件のもと、被災病院数に応じた評価結果を表13、表14、表15にまとめた。評価結果に関する考察は次節にて述べる

表13 シナリオ① (水道水×, 井水○) での評価結果

被災病院数	総パターン数	全ての病院を賄えたパターン数 (1日目, 2日目, 3日目)
1	8	8, 7, 1
2	28	28, 21, 21
3	56	56, 35, 35
4	70	70, 35, 35
5	56	56, 21, 21
6	28	28, 21, 21
7	8	8, 1, 1
8	1	1, 0, 0

表14 シナリオ② (井水×) での評価結果

被災病院数	総パターン数	全ての病院を賄えたパターン数 (1日目, 2日目, 3日目)
1	8	8, 6, 5
2	28	28, 9, 7
3	56	56, 5, 3
4	70	70, 0, 0
5	56	56, 0, 0
6	28	28, 0, 0
7	8	8, 0, 0
8	1	1, 0, 0

表15 シナリオ③ (井水: 雑用水) での評価結果

被災病院数	総パターン数	全ての病院を賄えたパターン数 (1日目, 2日目, 3日目)
1	8	8, 7, 7
2	28	28, 21, 21
3	56	56, 34, 29
4	70	70, 31, 13
5	56	56, 15, 4
6	28	28, 4, 0
7	8	8, 0, 0
8	1	1, 0, 0

4.4 考察

各シナリオに関して考察を行う。シナリオ①の結果より、井水が使用できれば被災病院数が4までであれば、名古屋市内の給水車のみで各病院の必要支援水量を全て賄うことが可能だと分かった。しかし、病院5は緊急時に井水を利用

しないという条件のもと算出を行った結果、病院5のみ断水被害を受けた際でも名古屋市内の給水車支援だけでは賄うことができないことも分かった。

シナリオ②においては、被災病院数が1の場合においても発災後3日目必要支援水量を賄えない病院が存在することが分かった。井水も使用できない状況に陥ると、被災病院数が複数になると1つの病院でさえ賄うことができなくなってしまうことが分かった。

シナリオ③においては、地下水に利用する濾過装置の故障等にかかわらず井水を雑用水として代替活用することにより、シナリオ②の評価結果と比較すると給水車支援により病院の必要支援水量を賄うことができるパターンが増加していることが分かった。このことから、広域災害時名古屋市内の災害拠点病院が複数断水被害にあった場合、井水の水質にかかわらず井水の利用可能性を拡大させる必要があると考える。

5. 今後の課題

本研究における現地調査を通じて、愛知県内の災害拠点病院においては、井水の活用を中心とした断水対策をとっている病院が多いことが分かった。一方で被災病院が複数存在する場合は、井水では必要な水量を確保することが困難な病院が存在することも明らかとなり、給水モデルを通じて断水時の応急給水を重点的に行うべき病院を絞り込むことができた。上記を踏まえ、今後さらに取り組んでいくことが望ましいと考えられる対策について述べる。

1) 迅速な応急給水実施体制の確保

給水車による応急給水が可能になった場合の対策としては、給水車の進入方法や注水方法を事前に水道事業者と確認しておくことが望ましい。現地調査でも、給水車の進入が困難な病院や、受水槽が地下にある関係上給水のための接続ホースが必要な病院があることを確認することができた。一方で、水道事業者と病院間で意見交換をあまりされていない現状も明らかとなった。また給水車の台数に関して、広域災害時には全国規模での応援を行ったとしても不足するのではないかと推測されている[7]。限られた給水車の台数で最大限の応急給水ができるよう、今後はより多くの病院と水道事業者間で応急給水の方法に関する事前調整を実施し、対策を進めていくことが必要である。

2) 水道事業者における事前対策の推進

水道事業者においては、各病院における給水車による支援可能水量をあらかじめ把握しておく必要がある。本研究で構築した給水モデルを用いて算出されたデータを事前共有しておくことで、名古屋市における病院への給水支援をより迅速かつ的確に行うことができるのではないかと考える。単独での対応が困難であると思われる場合は、他の水道事業者への給水車の応援依頼も計画しておく必要性が生じる。

一方、病院の断水原因については、水道システムの損傷に

よる断水以外にも病院内部の給排水設備等のトラブルに起因する場合もあるため、水道事業者側が主体となり病院の自主防災を促す仕組みづくりも重要である[8]。これまで水道事業者は災害に備え、市民と断水を想定したコミュニケーションを図り、災害時における断水問題に対処するため、市民に自助・共助を促す取り組みを推奨してきたが、その取り組みを災害拠点病院にも展開していくことが有用ではないかと考える[9]。また発災後1週間が経過すると、市民の断水受忍限度がピークに達してくるため、水道事業者の応急給水活動は市民の生活用水確保へとシフトせざるを得ないため、市民への給水とのバランスの検討も必要になってくる。

謝辞 本研究において、愛知県の災害拠点病院または名古屋市上下水道局に調査にご協力いただきました。また、人と防災未来センターの高岡誠子氏、大阪市水道局の吉澤源太郎氏には、災害時の断水問題について、専門的なアドバイスをいただきました。ここに、謝意を示します。

参考文献

- [1] 伊藤秀行, 畑山満則. 災害拠点病院の断水対応状況 (中間報告). 第14回 防災計画研究発表会 (口頭発表資料), 2019.
- [2] 熊本大学医学部附属病院. 熊本地震 熊本大学医学部附属病院記録集. 2017, p. 1-14.
- [3] 厚生労働省. 平成30年度7月豪雨による被害状況について (第49報). 2018.
- [4] 島崎大, 金見拓, 岸田直祐, 秋葉道宏. 医療における水供給の課題—災害時の医療用水確保および人工透析用水の利用を例として—. 保健医療科学. 第59巻, 2号, 2017, p. 100-108.
- [5] 厚生労働省. 災害拠点病院指定要件の一部改正について. 医務発 0331, 第33号, 2018.
- [6] 東京都福祉保健局. 大規模地震発生時における災害拠点病院の事業継続計画 (BCP) 策定ガイドライン
- [7] 日本水道協会. 地震等緊急時対応特別調査委員会 応援体制検討小委員会 報告書. 2017.
- [8] 吉澤源太郎, 宇野陽介, 畑山満則, 伊藤秀行, 高岡誠子. 地域医療と水道事業のBCP連携に関する基礎的研究. 第14回 防災計画研究発表会 (口頭発表資料), 2019.
- [9] 吉澤源太郎, 多々納裕一, 畑山満則. リスクコミュニケーションを通じた断水災害軽減のための水需要マネジメント. 土木学会論文集 D3 (土木計画学). 第74巻, 1号, 2018, p. 35-49.