

広域災害時の医療現場における 断水対応に関する研究

秋月 伸哉¹・畑山 満則²・伊藤 秀行³・松原 悠⁴

¹ 学生非会員 京都大学大学院 情報学研究科 社会情報学専攻 博士前期課程

(〒611-0011 京都市宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所)

E-mail: akizuki.shinya.86c@st.kyoto-u.ac.jp

² 正会員 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所)

E-mail: hatayama@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp

³ 非会員 減災ロジスティックス研究所 (〒480-0103 愛知県丹波郡扶桑町柏森天神 287-2)

E-mail: pi0001@h3.dion.ne.jp

⁴ 学生会員 京都大学大学院 情報学研究科 社会情報学専攻 博士後期課程

(〒611-0011 京都市宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所)

E-mail: matsubara.yu.73n@st.kyoto-u.ac.jp

阪神淡路大震災等の広域災害により、医療現場において断水問題が頻繁に発生している。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う。本研究では、医療機関と水道事業者との災害対応モデルを構築することにより、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。モデル構築の事前準備として、現状の災害拠点病院のBCPモデルの問題点の抽出を行う。次に災害拠点病院に現地調査をかけ、給水車を用いた給水モデルの構築に必要なデータ収集を行う。最後に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実施体制の確保等、今後さらに取り組むことが望ましい対策に関して述べる。

Key Words: *Disaster Base Hospital, water suspension, emergency water supply, water truck model, collaboration between hospitals and waterworks bureaus*

1. はじめに

日本では阪神・淡路大震災（1995）や東日本大震災（2011）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するためには、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。

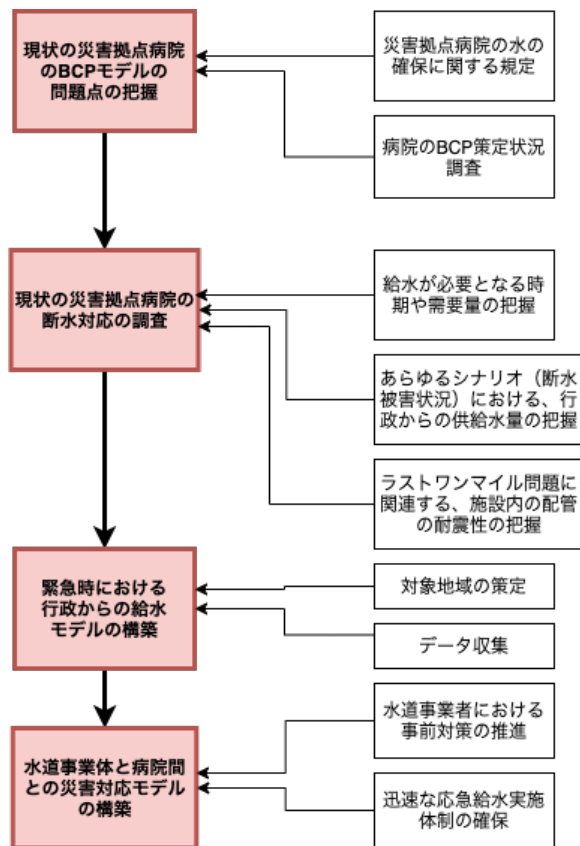
本研究では、医療機関と水道事業者との災害対応モデルを構築することにより、災害時の医療用水の確保を円滑に実行できることを目指す。

モデル構築の事前準備として、現状の災害拠点病院のBCPモデルの問題点の抽出を行う。なお、災害拠点病院の水の確保に関する規定と病院のBCPの策定状況に関しては第2章で述べる。次に災害拠点病院に現地調査を行うことで給水車を用いた給水モデル構築に必要なデータ収集を行う。なお、現地調査の手法あるいは現地調査の結果については第3章で述べる。現地調査後、条件によっては発災後1日目が必要水量不足に陥る場合が発生することが分かった。そこで本研究では名古屋市におけ

る給水車を用いた給水モデルの構築を行った。本研究で作成した給水モデルは、最寄りの病院一補給拠点間で給水車によるピストン輸送を行う。なお、給水モデルについては第 4 章で述べる。最後に給水モデルにより算出されたデータを元に、現状の病院の BCP モデルと水道局の災害対応モデルの改善点を提示することにより、広域災害時でも一定の医療サービスを提供できる断水対応案の作成を目指す。第 5 章では、病院一水道局間における災害対応モデルの構築に必要な対策について述べる。

最後に、表-1 で本研究の最終目標とその位置づけを示す。

表-1 研究目標とその位置づけ



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一つに、断水時の水の確保が挙げられる。初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「電話回線の不通」（98

病院）、「ガスの供給不能」（88 病院）と続いていく¹⁾。熊本地震（2016）においても阿蘇水系の地下水に濁りが発生したために断水となってしまった上、熊本地震病院では上水の供給停止と井水の濁りの発生により水の供給は一時的に完全に断たれた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 4 月 18 日であった。大阪北部地震（2018）においては、国立循環器研究センターの高架水槽 1 槽及び配管が故障し、水漏れの影響があった病棟の患者を他の病棟等へ移動させ、給水車による給水を実施するといった対応がなされた³⁾。

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。例えば平成 30 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⁴⁾。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かなければならない⁵⁾。

2.2. 災害拠点病院の水の確保に関する規定

厚生労働省は 2017 年に災害拠点病院の指定要件として、災害拠点病院の運営体制について以下の 3 つの要件を満たすことを追加するように改定された。①被災後、早期に診療機能を回復できるように、業務継続計画（BCP）の整備を行っていること。②整備された BCP に基づき、被災した状況を想定した研修及び訓練を実施すること。③地域の第二次救急医療機関及び地域医師会、日本赤十字社等の医療関係団体とともに定期的な訓練を実施すること⁶⁾。さらに 2019 年には、「少なくとも 3 日分以上の水量を貯蓄可能な受水槽の保有、停電時にも使用可能な井戸設備の整備、優先的な給水協定の締結等により災害時の診療に必要な水を確保すること」という項目が災害拠点病院の指定要件として追加された⁷⁾。このように、断水時にも病院としての機能を継続する対策案が強く求められている。

断水に対応するには水道事業者側の対策や病院と水道事業者間との連携も重要である。水道事業者においては、これまで基幹病院等の重要給水施設に供給する管路（重要給水施設管路）の優先的な耐震化が進められてきた⁸⁾。しかし、全国規模になると未だに多くの管路が耐震適合性を有しないままとなっている状況であることが問題視されている⁹⁾。

また東京都水道局は 2020 年 1 月に、南海トラフ巨大地震対策として全国の水道事業者に向けた緊急提言を取り纏めた¹⁰⁾。この提言の中では、限りある給水車の台数内で効率よく応急給水を行うため、水道事業者が積極的に病院に関する情報を収集することで、病院と水道事業者間の連携を深めておく必要性について述べられている。

2.3. 病院の BCP 策定状況

台風 21 号(2018)や北海道胆振東部地震(2018)等により、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¹⁾。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まとめた。表-2 には調査①の結果を示す。

・調査①の内容

調査対象：平成 30 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）

調査期間：2018 年 11 月 14 日～12 月 28 日

調査方法：都道府県を通じたアンケート

調査内容：病院における BCP の策定状況

・調査②の内容

調査対象：調査①において未回答または未策定と回答した災害拠点病院

調査期間：2019 年 5 月 7 日～5 月 22 日

調査方法：都道府県を通じたアンケート

調査内容：調査①に同じ

表-2 調査①の結果

	総数	回答数	未回答数	回答率	BCP 策定 有り	割合	BCP 策定 なし	割合 (※3)
災害拠点病院	736	690	46	93.8%	491	71.2%	199	28.8%
救命救急センター (※1)	7	6	1	85.7%	4	66.7%	2	33.3%
周産期母子 医療センター (※2)	79	68	11	86.1%	21	30.9%	47	69.1%
上記以外の病院	7550	6530	1020	86.5%	1310	20.1%	5220	79.9%
全病院	8372	7294	1078	87.1%	1826	25.0%	5468	75.0%

※1 災害拠点病院を含まない

※2 災害拠点病院および救命救急センターを含まない
総合・地域周産期母子医療センターの和

※3 回答数に対する BCP 策定なしと回答した病院の割合

2.4. 現状の病院 BCP モデルの問題点

2.3.の調査より、災害拠点病院においてはほぼすべての病院が BCP 策定済みであるという知見を得ることができた。しかし、各病院における BCP の中身までを知ることができなかった。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²⁾。災害拠点病院における BCP の役割は以下の 4 点である。

- (1) 事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といった問題に対応できず、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。

2.5. 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、医療機関と水道事業者との災害対応モデルを構築することにより、災害時の医療用水の確保を円滑に実行できることを目指す。災害対応モデルの構築を行う上で、まず現状の災害拠点病院における断水対応について把握しておく必要がある。

そこで愛知県内の災害拠点病院を対象として現地調査を行うことで、断水対応問題の現状を把握しモデル構築に必要な知見を得る。愛知県においては、南海トラフ発生時において甚大な被害が想定されているため現地調査を行うには適切であると言える。調査後、条件によっては発災後 1 日目で必要水量不足に陥る場合が発生することが分かった。そこで本研究では名古屋市内における給水車を用いた給水モデルの構築を行った。本研究で作成した給水モデルは、最寄りの病院一補給拠点間で給水車によるピストン輸送を行う。最後に給水モデルにより算出されたデータを元に、現状の病院の BCP モデルと水道局の災害対応モデルの改善点を提示することにより、広域災害時でも一定の医療サービスを提供できる断水対応案の作成を目指す。

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。また、協力が得られ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-3 にまとめた。

表-3 災害拠点病院調査の概要

調査対象	愛知県すべての災害拠点病院
調査期間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2019年5月 アンケート調査 <ul style="list-style-type: none"> ・ 2019年5月～7月 名古屋市内の病院を対象とした現地調査 <ul style="list-style-type: none"> ・ 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"> ・ 供給水道事業体名 ・ 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 <ul style="list-style-type: none"> ・ 透析用水の確保に関して ・ 1日の平均使用量（飲用水、雑用水） ① 月ごと ② 平日、休日 <ul style="list-style-type: none"> ・ 井水ポンプの汲み上げ能力

<ul style="list-style-type: none"> ・ 受水槽の数、容量、設置場所、用途、自動補充点（飲用水用・雑用水用・透析用水用） ・ 非常用発電機の位置 ・ 燃料タンクの位置、燃料備蓄量 ・ 給水車の進入可能ルートの有無 ・ 病院内の水の配管の耐震性 ・ 物資の備蓄状況 ・ 病院間の相互支援協定の有無
--

※飲用水：調理用、手洗い用、用具洗浄用等、水道水と同質の品質が求められるもの

※雑用水：トイレ用、空調用等、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や使用量・断水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ついては、アンケートの回答が得られた 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。内容としては、受水槽の個数や用途、設置場所の内訳、地下水の汲み上げ能力や非常用燃料発電機の燃料タンクの位置などの詳細について確認を行った。その後、現地調査の質問項目に物資の備蓄状況（ペットボトル飲料水、紙皿やラップ、簡易トイレ等）と病院内の水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。（なお新型コロナウイルス感染症の影響が出始めていたため、当初は訪問予定だった病院への訪問ができなかった病院も存在した。）

また水道事業者側の現状確認として、名古屋市上下水道局への現地調査を実施した。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

アンケート調査については、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（回収率約 69%）。また、病院への現地調査の回答を得られた 24 の病院のうち 17 の病院に対して実施することができた。名古屋市上下水道局への現地調査については、意見交換を含め計 3 回実施した。現地調査した病院（17 の病院）の回答結果を次ページの表-4、表-5、表-6 にまとめた。（病院 1 から病院 8 は名古屋市内の災害拠点病院である。）また調査の結果、以下の知見を得られた。

表-4 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	検討中
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, 雨水	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-5 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 日の水総使用量 (KL)	節水の検討
1	251	84	○
2	160	230	○
3	600	400	×
4	1527	728	○
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-6 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	×	×

[1]全ての病院(17 病院)が水源として井水の利用が可能であることが分かった（病院 5 の場合、井戸設備はあるが活用していない）。また平常時より水道水のみを使用している病院もある（4 病院）。

なお、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が 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

とする病院が増える可能性がある。現地調査においては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れている病院が多く、洪水や津波による浸水に留意する必要がある。

[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ことを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（ラストワンマイル問題）。

[4]断水時の節水方法については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されていることが確認できた。また、簡易トイレ・使い捨てコップ・食器を覆うためのラップ等を備蓄している病院も見られた。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、地下に存在するなどの理由によって、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、給水支援に関する事前協定を締結しているのはたった2病院のみであった。

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」が得られなかった病院については、総水使用量を400KLとして算出した。

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-7）

総必要支援水量=3日分の必要水量-（受水槽に残っていた水量（受水槽のmax容量*0.9）+3日分の井水汲み上げ量）

表-7 シナリオ①での必要支援水量（KL）

病院	必要支援水量 (1日目)	必要支援水量 (2日目)	必要支援水量 (3日目)
1	0	0	0
2	0	116	130
3	0	0	0
4	0	0	0
5	2	373	373
6	0	4 (透析用)	8 (透析用)
7	0	0	0

8	0	2.4 (透析用)	3.2 (透析用)
9	50	200	200
10	0	0	0
11	60	75	75
12	0	0	0
13	43	200	200
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

② 発災後、配管の損傷により水道水が使用不可になった。さらに、濾過装置の故障あるいは地下水に濁りが生じたため井水も使用不可になった。（表-8）

総必要支援水量=3日分の必要水量-受水槽に残っていた水量（受水槽のmax容量*0.9）

表-8 シナリオ②での必要支援水量（KL）

病院	必要支援水量 (1日目)	必要支援水量 (2日目)	必要支援水量 (3日目)
1	0	0	26
2	86	230	230
3	0	260	400
4	0	0	0
5	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	0	308.5	350
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	49.2
17	16.4	273.2	350

4. 給水車を用いた給水モデル

4.1. 対象地域の策定

前章の結果により、災害拠点病院が水道水も井水も使用できなくなった場合、発災後1日目から9の病院で行政からの水支援を必要とすることが分かった。しかし、受水槽での給水に必要な加圧式給水車は名古屋市でも8台保有されているのみであるため、断水時には限られた台数の給水車でスムーズに給水対応を実施しなければならない。そこで4章では、限られた給水車の台数で各

災害拠点病院においてどの程度賄えるのかを調査するため、給水車を用いた給水モデルを構築する。まず初めに、給水車モデルの対象地域を定める。名古屋市水道局への現地調査の結果、以下の知見を得ることができた。

[1]名古屋市の供給戸数は117万4000戸であり、広域災害発生直後に全体の30%の戸数が断水すると想定されている(35万7000)。

[2]名古屋市の各区における応急給水栓による給水に関するデータを表9にまとめた。

表-9 応急給水栓による給水

区	給水栓による可能支援水量(L)	断水初日断水人口30%	1人当たり支給水量(L)
A	617,760	48,917	13
B	355,680	22,646	16
C	711,360	48,717	15
D	748,800	43,898	17
E	655,200	40,702	16
F	374,400	24,553	15
G	393,120	31,675	12
H	393,120	31,511	12
I	336,120	19,538	17
J	1,160,640	65,888	18
K	1,104,480	43,222	26
L	879,840	40,971	21
M	804,960	51,351	16
N	992,160	71,758	14
O	673,920	49,056	14
P	599,040	47,951	12

※1人当たり支給水量＝給水栓による可能支援水量/断水初日断水人口30%

※給水栓 1 基あたりの能力

- (1) 1基あたり2人/min(6L/min)
- (2) 全て4栓式とする
- (3) 1基・4栓式の場合、60分で480人分
- (4) 使用可能時間：13h/day

生命維持に必要な水は1人1日3Lであることから¹³⁾、名古屋市においては市民への給水支援に給水車を用いる必要はない。よって、名古屋市が所有する給水車は8台全て災害拠点病院への給水支援に用いることができると言える。

上記の知見から、本研究では名古屋市の災害拠点病院を対象とした給水モデルの構築を行った。

4.2. 給水車モデル

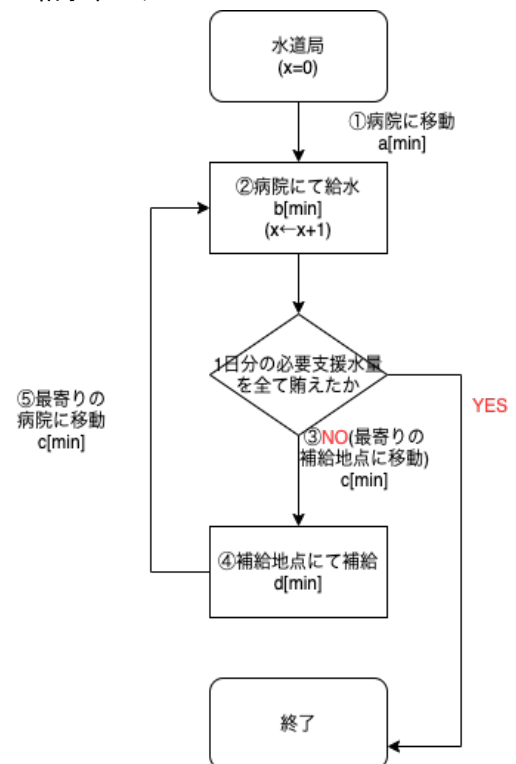
モデル構築の目的は、各災害拠点病院において、限られた給水車の台数で1日あたりどの程度賄えるかを調べることである。1日で賄うことのできる最大支援水量を算出するためには、給水車による各災害拠点病院と最寄りの補給地点間のピストン輸送を行う必要がある。

初めに、本研究で構築した給水車モデルで使用したデータとその数を下記に示す。

- (1) 現地調査した名古屋市の災害拠点病院：8
- (2) 名古屋市が所有する加圧式給水車：8
(最大容量2t：4台、4t：4台)
- (3) 名古屋市水道局：4
- (4) 名古屋市にある補給地点：20
(水道局：4、応急補給拠点：16)

次に、給水車モデルのフローチャートを表10に示す。

表-10 給水車モデルフロー



※a：最寄りの水道局から病院への移動時間[min]

b：病院での給水にかかる時間[min]

c：最寄りの病院から補給地点への移動時間[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

※最寄りの水道局と病院間の距離データ・最寄りの病院と補給間の距離データは、googlemapの最短経路距離を用いた

最後に、給水車モデルにおける前提条件について下記

に取り纏めた。

- ・給水車の走行速度：12km/h

※高速道路は使用しない

- ・発災直後、全給水車の容量は満タンとする
- ・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)
- ・給水車の運用時間：480min/day
- ・ $a+(b+2c+d) \cdot (x_{\max}-1) < 480$

$a+(b+2c+d) \cdot (x_{\max}-1)+b[\text{min}]$ は480minを超えても良い

※ x_{\max} ：給水車が1日で病院に給水支援に行ける最大回数

- ・給水に関する時間以外は考慮しないものとする
 - ・通行不能や落橋等，道路状況は一切考慮しないものとする
 - ・1箇所の病院のみに給水車を8台全て活用する
- ※発災直後，各病院において最寄りの水道局に給水車を8台全て所有していると仮定する
- ・2t車が給水完了後，4t車の給水完了を待たずに直ちに最寄りの補給地点へと向かう

本モデルにより，各災害拠点病院における給水車による1日での最大支援水量を算出することができた。

4.3. 結果・考察

本研究で構築した給水車モデルを用いて，各災害拠点病院において給水車による水支援でも賄うことのできなかった水量の算出を行った。不足支援水量はx日目における必要支援水量から給水車による最大支援水量を引くことにより算出した。

(シナリオ①：表-11，シナリオ②：表-12)。なお，3章で作成した2つのシナリオそれぞれに対する不足支援水量を算出した。

表-11 シナリオ①での不足支援水量 (KL)

病院	不足支援水量 (1日目)	不足支援水量 (2日目)	不足支援水量 (3日目)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	229	229
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0

表-12 シナリオ②での不足支援水量 (KL)

病院	不足支援水量 (1日目)	不足支援水量 (2日目)	不足支援水量 (3日目)
1	0	0	0
2	0	86	86
3	0	108	248
4	0	0	0
5	0	229	229
6	0	46.8	50.8
7	0	66	66
8	42	258.4	259.2

※病院5に関しては，井水の用途に関して検討中との回答だったため本研究においては井水利用不可とした。

上記の算出結果に基づいて，各シナリオにおける考察を行う。シナリオ①の結果により，井水が使用できれば全ての病院が名古屋市内に所有する給水車の台数で，各病院における必要支援水量を賄えることが分かった。また，透析用水は1台の給水車で賄えることも分かった。しかしシナリオ②の結果より，井水も使用できなければ各病院において発災後2日目以降の必要支援水量を，名古屋市が所有している8台の給水車だけで賄うことは困難であることが分かった。

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，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，調査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。また，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も，非常用発電機の燃料備蓄量の制約や配管の損傷等により応急給水が必要になる場合が想定され，給水車による応急給水が必要になる場合があることが確認できた。そこで名古屋市内を対象とした給水車モデルを構築した結果，井水が使用できなければ市内で所有している給水車の台数では，発災後3日間での各病院における必要支援水量を全て賄うことは困難であることが分かった。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) 井水の利用可能性の拡大

井水の用途が雑用水のみに限られているのは，濾過装

置がないことや、井水が雑用水の配管系統のみにつながっているといった理由による。この状況に対して、今回の現地調査においては、2020年より新たに濾過装置を導入して井水を飲用水にも利用できるようにしたという病院が1箇所見られた。熊本地震時に地下水の濁りが発生し利用に支障が生じた教訓を活かすためにも、濾過装置の導入は有用な対策の一つだと言える。また発災時の井水利用を円滑に進めるために、地震発生後に水質の確認を迅速に実施できる体制を整えておくことも必要となる。病院内の水の配管についても、耐震性を確認し必要に応じて対策を進めることが必要であるため、有事の際に雑用水の配管系統と飲用水の配管系統を接続できるような検討を行うことも供給の冗長性を高める上で有用であると考えられる。さらに、今回の給水車モデルでは地下水に濁りが生じたと仮定して、井水も使用不可になったと想定したが、仮に濾過装置が故障したとしてもトイレの排水等一部の雑用水としての利用ができるのではないかと考えられる。シナリオ②の条件を緩和して、井水を少なくとも雑用水としては利用可能とすることで各病院での不足支援水量が減るため、名古屋市内の給水車のみでも賄うことができる可能性がある。

(2) 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、受水槽が地下にあり給水のための接続ホースが必要な病院があることが確認された。また一方で、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。給水車の台数は、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¹⁴⁾。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。

(3) 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給水支援量をあらかじめ把握しておくことが必要である。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¹⁵⁾。これまで水道事業者は災害時に備え、市民と断水を想定

したリスク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¹⁶⁾。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。

(4) 給水車モデルの改善

本研究で構築したモデルは、最短経路を用いた理想モデルであると言える。広域災害時には通行不能や落橋等、道路状況が芳しくないリスクもあり、その結果実際に供給可能な水量は現状のモデルで算出された支援水量よりも低くなる可能性がある。支援水量を増やすためには、給水車の時速値を上げるか給水車の台数を増やすしかない。しかし、給水車の時速値を上げるためには、災害時における緊急車専用道路の設置等関連部署との調整が必要となってくる。仮に名古屋市が所有している給水車の台数を増やして、給水車による支援可能水量の算出を行うことで改善策の提案が行える可能性があると考えられる。その他にも、給水車の運用時間を増やすなど、給水車モデルにおけるパラメータの改変によって、より有用な研究結果が出るのではないかと推測される。

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, pp.1-14, 2017.
- 3) 厚生労働省: 大阪府北部を震源とする地震に係る被害状況及び対応について (第27報), 2018.
- 4) 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.
- 5) 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, pp.100-108, 2017.
- 6) 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, 2019.
- 7) 厚生労働省: 第15回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会, 2019.
- 8) 厚生労働省: 重要給水施設管路の耐震化計画策定の手引き, 2017.
- 9) 厚生労働省: 平成30年度重要給水施設管路の耐震化に係る調査結果について, 2019.
- 10) 東京都水道局: 南海トラフ巨大地震対策《全国の水道事業体に向けた緊急提言》～給水車の大量不足と迅速に

- 救援体制を構築するための対策と事例～, 2020.
- 11) 厚生労働省：病院の業務継続計画（BCP）策定状況調査の結果, 2020.
 - 12) 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.
 - 13) 松本嘉孝, 加藤崇洋, 猪八重拓郎：GIS を用いた災害時の応急給水量の評価—愛知県豊田市中心部を事例として—, 土木学会論文集 G（環境）, vol72, No.6（環境システム研究論文集第 44 巻）, pp.319-324, 2016.
 - 14) 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.
 - 15) 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.
 - 16) 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, pp.35-49, 2018.

(Received ?)
(Accepted ?)

Study on water cut-off support in medical field at the time of wide area disaster

Shinya AKIZUKI ,Michinori HATAYAMA ,Hideyuki ITO and Yu MATSUBARA

Due to wide-area disasters such as the Great Hanshin-Awaji 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 is greatly reduced. The goal of this study is to smoothly secure medical water in the event of a disaster by constructing a disaster response model between medical institutions and water utilities. As a preliminary preparation for model construction, we will extract the problems of the BCP model of the current disaster base hospital. Next, a field survey will be conducted at the disaster base hospital, and data necessary for constructing a water supply model using a water truck will be collected. Finally, based on the data calculated by the water supply model, we describe measures that should be taken further in the future, such as expanding the availability of well water and securing a prompt emergency water supply implementation system.