

# 大規模災害時の断水による 大阪市および京都市の 透析実施可能性と支援透析選択時期

臨床工学技士／第1種・第2種電気工事士／認定ホスピタルエンジニア

**西 謙一**

N E S 株式会社 代表取締役

COI: Conflict Of Interest

# 開示すべき利益相反なし

西 謙一

# 阪神淡路大震災



断水時の水源確保は容易ではない

地震などの災害が伴えば更に困難



# 災害対策基本法

## (目的)

第一条 この法律は、国土並びに国民の生命、身体及び財産を災害から保護するため、防災に関し、国、地方公共団体及びその他の公共機関を通じて必要な体制を確立し、責任の所在を明確にするとともに、防災計画の作成、災害予防、災害応急対策、災害復旧及び防災に関する財政金融措置その他必要な災害対策の基本を定めることにより、総合的かつ計画的な防災行政の整備及び推進を図り、もって社会の秩序の維持と公共の福祉の確保に資することを目的とする。

## (定義)

第二条 この法律において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

一 災害 暴風、豪雨、豪雪、洪水、高潮、地震、津波、噴火その他の異常な自然現象又は大規模な火事若しくは爆発その他その及ぼす被害の程度においてこれらに類する政令で定める原因により生ずる被害をいう。

二 防災 災害を未然に防止し、災害が発生した場合における被害の拡大を防ぎ、及び災害の復旧を図ることをいう。

指定行政機関

災害対策基本法施行令（政令で定める原因）

第一条 災害対策基本法第二条第一号の政令で定める原因は、放射性物質の大量の放出、多数の者の遭難を伴う船舶の沈没その他の大規模な事故とする。

イ 内閣府、宮内庁並びに内閣府設置法（平成十一年法律第六十九号）第四十九条第一項及び第二項に規定する機関並びに国家行政組織法（昭和二十三年法律第二十号）第三条第二項に規定する機関

停電や断水が国民の生命や身体を脅かすか否かは関係ない。

法律で『災害』では無いものに“公助”は無くても当然。（昭和二十二年法律第七十号）第十六条第一項並びに国家行政組織法第八条に規定する機関



断水時の水源確保は容易ではない

地震などの災害が伴えば更に困難

災害が伴わないことも困難を招く

# 研究

## ○背景

断水時の水源確保は容易ではない

## ○目的

断水時の透析医療実践可能性向上

## ○研究概要

大規模災害による断水時の水確保の可能性を調査  
水を起因とした支援透析の選択時期を検討

## ○方法

供給側を給水車、需要側を被災市民および透析施設として需給を試算

市民への応急給水と透析用水への供給



# 市民条件設定

○給水車保有台数は大阪市16台、京都市11台

○給水車受援を発災日16台および翌日21台(大阪北部地震の高槻市の実績値参考)

○給水車は容量3t/台

▽普通免許で運転できる3tで本研究は統一

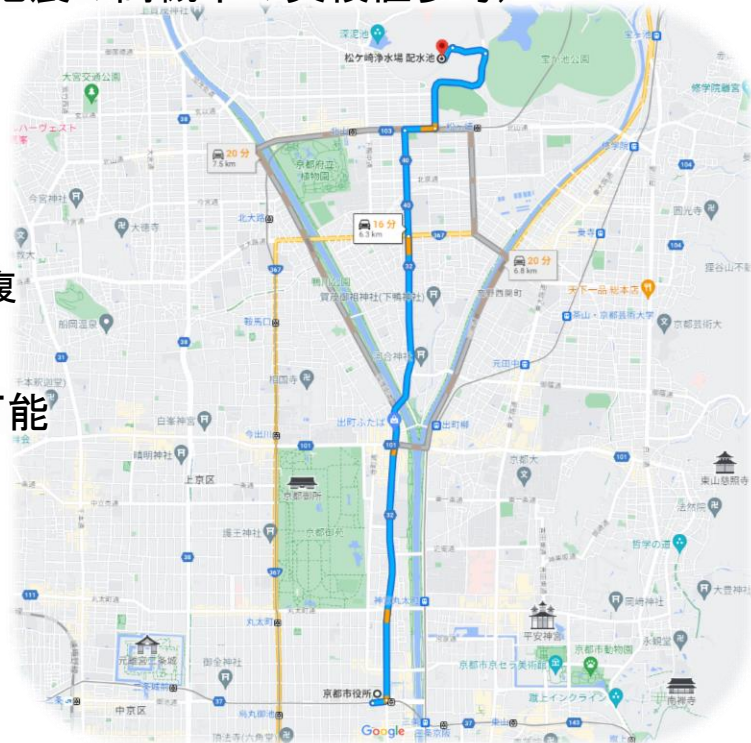
○給水車の任務1回あたりの所要時間38分/回

▽活動は京都市役所と松ヶ崎配水池間を参考に片道6km

▽市街を平常通り走行できるとして平均時速40km/hrで往復

▽受水と送水に吐出量300L/分のポンプを使用

○24時間(1,440分/日)中に38分/回を約38回/日実施可能



## 市民条件設定

○断水人口を大阪市122万人、京都市104万人(地域防災計画より引用)

○被災者 1 人当りの応急給水量を3L/日/人

○断水人口に対する応急給水量は大阪市366万L/日、京都市312万L/日

○3t給水車稼働時は応急給水のみで大阪市1,220台分、京都市1,040台分

|               | 大阪市      | 京都市      |
|---------------|----------|----------|
| 人口            | 269万人    | 145万人    |
| 断水人口          | 122万人    | 104万人    |
| 被災者応急給水量      | 3,660t/日 | 3,120t/日 |
| 応急給水量の3t給水車換算 | 1,220台分  | 1,040台分  |

# 被災市民需給試算

○断水市民への応急給水は大阪市3,660t/日、京都市3,120t/日

○給水活動1回38分、24時間(1,440分/日)中に約38回/台/日実施可能

○発災当日の給水車は大阪市32台(既有16台+受援16台)、京都市28台(既有11台+受援16台)

⇒ 大阪市 :  $3,660\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 32\text{台} \doteq 38\text{回/台/日}$

⇒ 京都市 :  $3,120\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 28\text{台} \doteq 37\text{回/台/日}$

○発災翌日の給水車は大阪市37台(既有16台+受援21台)、京都市32台(既有11台+受援21台)

⇒ 大阪市 :  $3,660\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 37\text{台} \doteq 32\text{回/台/日}$

⇒ 京都市 :  $3,120\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 32\text{台} \doteq 38\text{回/台/日}$

|               | 大阪市      | 京都市      |
|---------------|----------|----------|
| 人口            | 269万人    | 145万人    |
| 断水人口          | 122万人    | 104万人    |
| 被災者応急給水量      | 3,660t/日 | 3,120t/日 |
| 応急給水量の3t給水車換算 | 1,220台分  | 1,040台分  |

# 被災市民需給試算

○断水市民への応急給水は大阪市3,660t/日、京都市3,120t/日

○給水活動1回38分、24時間(1,440分/日)中に約**38回/台/日**実施可能

○発災当日の給水車は大阪市32台(既有16台+受援16台)、京都市28台(既有11台+受援16台)

⇒ 大阪市:  $3,660\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 32\text{台} = \text{38回/台/日}$

⇒ 京都市:  $3,120\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 28\text{台} = \text{37回/台/日}$

○発災翌日の給水車は大阪市37台(既有16台+受援21台)、京都市32台(既有11台+受援21台)

⇒ 大阪市:  $3,660\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 37\text{台} = \text{32回/台/日}$

⇒ 京都市:  $3,120\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 32\text{台} = \text{32回/台/日}$

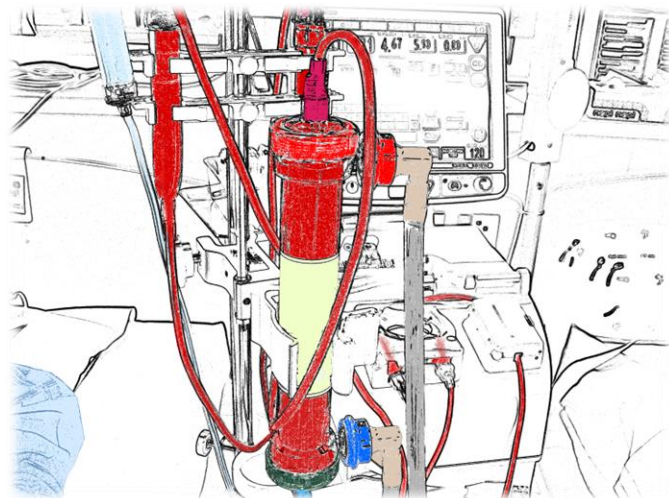
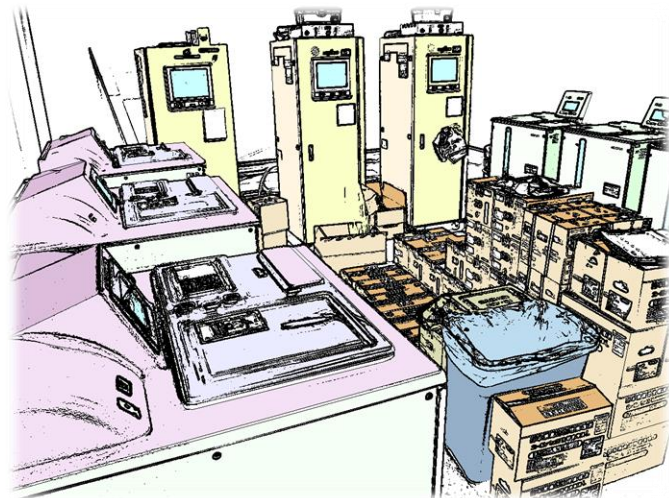
|               | 大阪市      | 京都市      |
|---------------|----------|----------|
| 人口            | 269万人    | 145万人    |
| 断水人口          | 122万人    | 107万人    |
| 被災者応急給水量      | 3,660t/日 | 3,120t/日 |
| 応急給水量の3t給水車換算 | 1,220台分  | 1,040台分  |

給水車をフル稼働すると1日38回の給水作業。

大阪市、京都市ともに断水市民への応急給水でギリギリ。

# 透析施行の条件設定

- 慢性維持透析は診療報酬上のJ038(人工腎臓)を算定
- 週3回の透析施行で年156回、算定総数を156で除し、月水金と火木土の2群に分ける
- 大阪市は大阪市医療圏の算定回数918,412回/年、156回で除して5,887人、2,994人/日
- 京都市は京都乙訓医療圏の算定回数531,302回/年、156回で除して3,406人、1,703人/日
- 透析療法において透析液製造に500mL/min、4hr/回で120L/回の水を使用



## 透析施行需給試算

○大阪市の透析用水需要は2,944人×120L/回で353t/日、3t給水車118台分

○京都市の透析用水需要は1,703人×120L/回で204t/日、3t給水車 68台分

○発災当日の給水車余力は大阪市ゼロ、京都市は僅かにあり

○発災翌日は大阪市・京都市とも同等の余力あり

|               | 大阪市           |        | 京都市          |        |
|---------------|---------------|--------|--------------|--------|
| 被災者応急給水量      | 3,660t/日      |        | 3,120t/日     |        |
| 給水車供給力(当日・翌日) | なし            | 115%   | 102%         | 117%   |
| 透析施行需要水量      | 353t/日(118台分) |        | 204t/日(68台分) |        |
| 透析需給(発災当日・翌日) | 118台分不足       | 余力の可能性 | 44台分不足       | 余力の可能性 |



## 結果

○発災当日は透析困難

○発災翌日は給水車に余力がある可能性

## 小括

○発災当日は市民への応急給水で給水車は使い切られるが、翌日であれば市民への応急給水を終えたあとであれば透析にも水を供給できる可能性がある

○設定した条件は理想値であり非現実的

|               | 大阪市           |        | 京都市          |        |
|---------------|---------------|--------|--------------|--------|
| 被災者応急給水量      | 3, 660t/日     |        | 3, 120t/日    |        |
| 給水車供給力(当日・翌日) | なし            | 115%   | 102%         | 117%   |
| 透析施行需要水量      | 353t/日(118台分) |        | 204t/日(68台分) |        |
| 透析需給(発災当日・翌日) | 118台分不足       | 余力の可能性 | 44台分不足       | 余力の可能性 |

現実的な推算

## 現実的な給水能力推算

- 給水車の任務1回あたりの所要時間56分/回、給油や交代などを含み24回/日(72t/日)の給水  
⇒ 片道6kmを平均10km/hrで36分/回、受水/給水に10分/3t、受水/給水の段取り10分/回
- 大阪市既有16台×72t/日=1,152t/日、京都市既有11台×72t/日=792t/日、受援なし想定  
⇒ 大阪市2,508t/日不足(給水車1日活動で35台分不足)、供給率31.5%  
⇒ 京都市2,328t/日不足(給水車1日活動で33台分不足)、供給率25.4%
- 大阪市の透析用水需要は2,944人×120L/回で353t/日必要(給水車118台分の需要)  
京都市の透析用水需要は1,703人×120L/回で204t/日必要(給水車68台分の需要)

|              | 大阪市                | 京都市                |
|--------------|--------------------|--------------------|
| 被災者応急給水量     | 3,660t/日(122万人)    | 3,120t/日(104万人)    |
| 給水車の1日供給量    | 1,152t/日           | 792t/日             |
| 給水車での応急給水過不足 | 発災日2,508t不足(31.5%) | 発災日2,328t不足(25.4%) |

# 現実的な推算

- 給水車の任務1回あたりの所要時間56分/回、給油や交代などを含み24回/日(72t/日)の給水  
⇒ 片道6kmを平均10km/hrで36分/回、受水/給水に10分/3t、受水/給水の段取り10分/回
- 大阪市既有16台×72t/日=1,152t/日、京都市既有11台×72t/日=792t/日、受援なし想定  
⇒ **大阪市2,508t/日不足**(給水車1日活動で**35台分**不足)、供給率31.5%  
⇒ **京都市2,328t/日不足**(給水車1日活動で**33台分**不足)、供給率25.4%
- 大阪市の透析用水需要は2,944人×120L/回で**353t/日必要**(給水車**118台分**の需要)  
京都市の透析用水需要は1,703人×120L/回で**204t/日必要**(給水車 **68台分**の需要)

市民向けの給水すら需給  
不平衡が3~4倍の格差。  
大阪市

|              | 大阪市                | 京都市                |
|--------------|--------------------|--------------------|
| 被災者応急給水量     | 3,660t/日(122万人)    | 3,120t/日(104万人)    |
| 給水車の1日供給量    | 1,152t/日           | 792t/日             |
| 給水車での応急給水過不足 | 発災日2,508t不足(31.5%) | 発災日2,328t不足(25.4%) |
| 透析用水への余力     | 数日先までゼロ            | 数日先までゼロ            |

## 結果

○市既有の給水車だけでは市民への応急給水すら追いつかない

○断水解消か他市からの給水車受援が無ければ市民への応急給水以外に供給不可

## 小括

○市既有の給水車が数日間フル稼働しても余力は生じないため透析への給水は絶望的

○給水車を待つより断水が解消される方が早い可能性

|              | 大阪市                   | 京都市                   |
|--------------|-----------------------|-----------------------|
| 被災者応急給水量     | 3, 660t/日 (122万人)     | 3, 120t/日 (104万人)     |
| 給水車の1日供給量    | 1, 152t/日             | 792t/日                |
| 給水車での応急給水過不足 | 発災日2, 508t不足 (31. 5%) | 発災日2, 328t不足 (25. 4%) |
| 透析用水への余力     | 数日先までゼロ               | 数日先までゼロ               |

考察



## ▽理想的シミュレーション

- 移動距離や交通状況、作業効率、受援等の条件が揃っても給水余力は当日3%未満、翌日15%程
- 少しでも条件が悪化すれば需給バランスが崩壊し供給不足
- 手術や分娩など優先される用水が競合

### 試算

○断水市民への応急給水は大阪市3,660t/日、京都市3,120t/日

○給水活動1回38分、24時間(1,440分/日)中に約38回/台/日実施可能

○発災当日の給水車は大阪市32台(既有16台+受援16台)、京都市28台(既有11台+受援16台)

⇒ 大阪市:  $3,660\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 32\text{台} = 38\text{回/台/日}$

⇒ 京都市:  $3,120\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 28\text{台} = 37\text{回/台/日}$

○発災翌日の給水車は大阪市37台(既有16台+受援21台)、京都市32台(既有11台+受援21台)

⇒ 大阪市:  $3,660\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 37\text{台} = 32\text{回/台/日}$

⇒ 京都市:  $3,120\text{t/日} \div 3\text{t/回} \div 32\text{台} = 32\text{回/台/日}$

|              | 大阪市      | 京都市      |
|--------------|----------|----------|
| 人口           | 269万人    | 145万人    |
| 断水人口         | 122万人    | 104万人    |
| 被災者応急給水量     | 3,660t/日 | 3,120t/日 |
| 応急給水量に対する給水車 | 1,220台分  | 1,040台分  |

## ▽現実的な推算

- 市が保有する給水車のみ、交通渋滞発生など現実的な想定では給水余力は-318%~-394%
- 応急給水を透析に供給すると大阪で約12万人分、京都で約7万人分の断水市民から奪う
- 順当に給水車を待っていては透析用水は確保できない

### 現実的な推算

- 給水車の任務1回あたりの所要時間56分/回、給油や交代などを含み24回/日(72t/日)の給水  
⇒ 片道6kmを平均10km/hrで36分/回、受水/給水に10分/3t、受水/給水の段取り10分/回
- 大阪市既有16台×72t/日=1,152t/日、京都市既有11台×72t/日=792t/日、受援なし想定  
⇒ **大阪市2,508t/日不足**(給水車**35台分**)、供給率31.5%  
⇒ **京都市2,328t/日不足**(給水車**33台分**)、供給率25.4%
- 大阪市の透析用水需要は2,944人×120L/回で**353t/日必要**(給水車**118台分**の需要)  
京都市の透析用水需要は1,703人×120L/回で**204t/日必要**(給水車 **68台分**の需要)

|              | 大阪市                | 京都市                |
|--------------|--------------------|--------------------|
| 被災者応急給水量     | 3,660t/日(122万人)    | 3,120t/日(104万人)    |
| 給水車の1日供給量    | 1,152t/日           | 792t/日             |
| 給水車での応急給水過不足 | 発災日2,508t不足(31.5%) | 発災日2,328t不足(25.4%) |
| 透析用水への余力     | 数日先までゼロ            | 数日先までゼロ            |

## ▽現実的な推算

- 市が保有する給水車のみ、交通渋滞発生など現実的な想定では給水余力は-318%~-394%
- 応急給水を透析に供給すると大阪で約**12万人**分、京都で約**7万人**分の断水市民から奪う
- 順当に給水車を待っていては透析用水は**確保できない**

### 現実的な推算

○給水車の任務1回あたりの所要時間56分/回、給油や交代などを含み24回/日(72t/日)の給水  
 →片道9kmを平均10km/hrで36分/回、受水/給水に10分/3t、受水/給水の段取り10分/回

○大阪市既有16台×72t/日=1,152t/日、京都市既有11台×72t/日=792t/日、受援なし想定  
 被災者2,328t/日不足(給水車35台分)、供給率31.5%  
 被災者2,328t/日不足(給水車33台分)、供給率25.4%

○大阪市の透析用水需要は2,944人×120L/回で353t/日必要(給水車118台分の需要)  
 京都市の透析用水需要は1,703人×120L/回で204t/日必要(給水車68台分の需要)

19万人を遠隔地へ避難させるのは非現実的。  
 透析患者5千人足らずの透析患者の移動であれば実現可能性がある。

確保困難な水を求めるよりも支援透析を受けに移動する方が患者志向。

|              | 大阪市                | 京都市                |
|--------------|--------------------|--------------------|
| 被災者応急給水量     | 3,660t/日(122万人)    | 3,120t/日(104万人)    |
| 給水車の1日供給量    | 1,152t/日           | 792t/日             |
| 給水車での応急給水過不足 | 発災日2,508t不足(31.5%) | 発災日2,328t不足(25.4%) |
| 透析用水への余力     | 数日先までゼロ            | 数日先までゼロ            |

## ▽大災害時の初動

- 地域防災計画で想定された規模以下であっても水の供給不足が予想される
  - ⇒ 最大震度6弱の大阪北部地震では高槻市で19.4万人が断水等の影響
- 断水が発生していなくても懸濁水や水圧低下が容易に予想される
  - ⇒ 不安定な給水状況での透析施行には実施判断が必要(責任重大)
  - ⇒ 受水槽や逆浸透膜などがダメージを受けると復旧が長期化
- 確実な透析用水確保ができない限り自院透析は断念せざるを得ないことを想定すべき
  - ⇒ 初動遅れは透析患者に不利益

BCP: Business Continuity Plan

自院施行に固執しない迅速な支援透析の選択  
患者移動や休診に係る損失補填と復旧の備え

展望

## ▽ダメージ評価

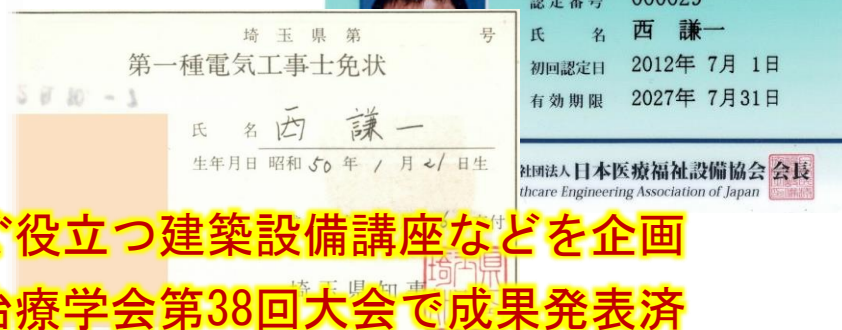
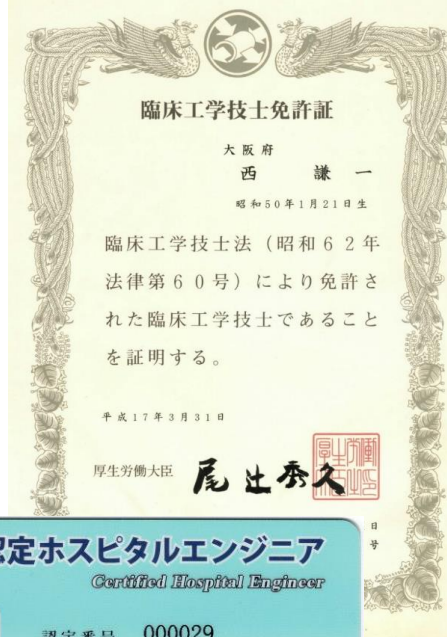
- 自院の設備や機器の即時評価、インフラ脅威評価方法確立  
⇒ 標準チェックリスト・点数化(index)による透析施行可能性推察
- 医療機器と建築設備の二刀流エンジニアの養成  
⇒ CEへの建築設備教育、専門間のゲートキーパー役育成

## ▽透析タイムライン

- デッドラインを超えない期限内行動をマネジメント  
⇒ 標準タイムラインの開発、自院タイムラインの迅速策定技術教授

| 発災      | 第1日     |      | 第2日    |        | 第3日    |        | 第4日    |    | 以降      |
|---------|---------|------|--------|--------|--------|--------|--------|----|---------|
|         | AM      | PM   | AM     | PM     | AM     | PM     | AM     | PM |         |
| 月水金2クール | 1班      | 2班   |        | 期限     |        | 期限     |        | 期限 |         |
| 火木土2クール |         |      | 3班     | 期限     |        | 期限     |        | 期限 |         |
| 初動(確認)  |         | 車両手配 | 1班移動   | 1班転院施行 | 3班移動   | 3班転院施行 |        |    | 施行日原状回復 |
| 職員参集    | 転院調整 引継 | 車両手配 | 2班移動   | 2班転院施行 | 3班移動   | 3班転院施行 |        |    | 職員休暇調整  |
| 患者来院    | 患者連絡    | 車両手配 | 2班移動   | 2班転院施行 | 3班移動   | 3班転院施行 |        |    | 安否不明者捜索 |
| 建物損傷    | 来院調整    | 車両手配 | 2班移動   | 2班転院施行 | 3班移動   | 3班転院施行 |        |    | 恒久的修繕   |
| 水・電力    | 自院確認    | 職員参集 | 1班自院施行 | 1班自院施行 | 3班自院施行 | 3班自院施行 | 1班自院施行 |    | 支払      |
| 設備状態    | 給水手配    | 水質検査 | 職員参集   | 2班自院施行 | 3班自院施行 | 3班自院施行 | 4班自院施行 |    | 転院先費用   |
| 装置状態    | 水圧確認    | 電力確認 | 電力確認   | 電力確認   | 電力確認   | 電力確認   | 電力確認   |    | 車両運搬費   |
| 診療材料    | 発電動作確認  | 電力確認 | 電力確認   | 電力確認   | 電力確認   | 電力確認   | 電力確認   |    | 臨時納品費   |

CE向け電気工事士受験講座やすぐ役立つ建築設備講座などを企画  
透析タイムラインは日本医工学治療学会第38回大会で成果発表済



# 透析患者来院確認



The image shows a smartphone screen displaying the AmpiTa website. The status bar at the top shows 'docomo' as the carrier, the time '18:47', and a battery level of '86%'. The browser address bar shows 'ampita.jp'. The page title is '来院可否状況・安否確認 [AmpiTa]'. Below the title, a message states: '以下フォームでご連絡ください。必須入力項目には『(\*)』印が付いています。' (Please contact us using the form below. Required input items are marked with '(\*)'). The form contains three sections: '患者氏名(\*)' with a text input field labeled '【必須】 患者名'; '来院(\*)' with five radio button options: '1. 来院済(在院・入院)', '2. 行けない・行かない', '3. 移動中', '4. 予定している／検討中', and '5. ほか'; and '定期通院(\*)' with seven radio button options: '1. 月水金(1)AM', '2. 月水金(2)PM', '3. 月水金(3)夜', '4. 火木土(1)AM', '5. 火木土(2)PM', '6. 火木土(3)夜', and '7. ほか'. At the bottom of the form, there is a '診察券ID' label and a text input field labeled '【任意】 診察券番号'. The smartphone's home indicator bar is visible at the very bottom.

docomo 18:47 86%

ampita.jp

## 来院可否状況・安否確認 [AmpiTa]

以下フォームでご連絡ください。必須入力項目には『(\*)』印が付いています。

患者氏名(\*)

来院(\*)

- ☐ 1. 来院済(在院・入院)
- ☐ 2. 行けない・行かない
- ☐ 3. 移動中
- ☐ 4. 予定している／検討中
- ☐ 5. ほか

定期通院(\*)

- ☐ 1. 月水金(1)AM
- ☐ 2. 月水金(2)PM
- ☐ 3. 月水金(3)夜
- ☐ 4. 火木土(1)AM
- ☐ 5. 火木土(2)PM
- ☐ 6. 火木土(3)夜
- ☐ 7. ほか

診察券ID

# 謝辞

学会開催を支えて下さっている皆様に厚く御礼申し上げます。

ご清聴いただきありがとうございました。

臨床工学技士(厚生労働省) ／ 第1種・第2種電気工事士(経済産業省)

西 謙一

一般社団法人 日本の技術をいのちのために委員会 理事  
一般社団法人 医療健康機器開発協会 理事  
一般社団法人 日本医療福祉設備協会 理事

N E S 株式会社 代表取締役



## 緒言

大規模災害による断水時の水確保の可能性を調査し、水を起因とした支援透析の選択時期を検討した。

## 方法

給水車保有数を大阪市16台・京都市11台、給水車受援を大阪北部地震の高槻市の実績値より発災日16台および翌日21台、被災者の応急給水量を3L/日/人とする。給水車は容量3t/台、6km(京都市役所と松ヶ崎配水池参考)を平均40km/hrで往復し受水と送水に300L/分のポンプを使用した場合の所要時間38分/回を標準運搬時間と仮定する。2020年度診療報酬J038(人工腎臓)算定回数を156回/人(3回×52週)で除して得た大阪市5,887人、京都市3,406人を透析患者数とする。

地域防災計画上の断水人口から応急給水量を換算すると大阪市122万人で1,220台分、京都市104万人で1,040台分となる。運搬に許容される所要時間は発災日の大阪市で38回/台/日(38分/回)、京都市で39回/台/日(37分/回)、翌日は両市33回/台/日(44分/回)となる。

市内半数の透析患者に透析用水120L/回/人で施行する場合、大阪市で353t/日(給水車118台分)、京都市で204t(同68)の需要がある。

## 結果

標準運搬時間で稼働できた場合、市民への応急給水は理論上可能であった。発災日は給水車に余力が無く透析施設は受水困難、翌日は大阪市で182台分、京都市で173台分の余力があった。

## 考察

信号消灯や給油などを無視したベストケースであっても発災日に透析施行不可施設が在り、順延すれば2日目の需要水量が倍増し供給不足となり得る。地域防災計画で想定された規模の災害発生時にはワーストケースに備え早急に支援透析の準備が必要であると考え。通信輻輳状態での受入先確保や患者調整は困難であるため、透析施行不可が想定される地域の透析施設は安否・参集確認システムなどを導入し、無連絡でも移動手段が確保できる協定締結、行動計画を可視化するタイムライン策定が必要であると考え。

## 結語

大規模災害時の水確保困難を想定する透析施設は、支援透析の迅速な準備開始が必要である。

