

第1章

震災による透析医療の被災の実態 —日本透析医学会統計調査に基づく分析—

第1章 序文

透析医療は、大量の水道水・電気の安定した供給が保障されて初めて成立する医療であることから、以前より災害に対する脆弱性が指摘されてきた。そのため、災害対策の重要性が高く、それゆえに災害対策が充実してきた医療分野でもある。

透析医療が経験した地震災害は、昭和53年の宮城県沖地震から始まり、平成7年兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）や平成15年十勝沖地震、平成16年新潟県中越地震、さらに平成19年能登半島地震などがあげられる。それらの経験の蓄積から、透析医療における災害時の脆弱性や問題点が指摘され、透析医療災害対策の骨格が形成されるようになった。そしてその多くは透析室内の施設災害対策と情報ネットワークに関する提言であった。

このような経過で発生した平成23年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では、透析医療に被害をもたらすとされる震度6～7の地震に東北地方全域～北関東地方までの広範な地域がさらされるといふ、過去に経験したことのない状況を呈した。広範な被害や被災からの復旧の長期化は、過去の提言では注目されなかった電力・燃料・水の供給や透析医療資材調達の問題点が新たに報告される結果となった。言い換えれば本震災は災害時の透析医療において、過去の経験が活かされた面・活かされなかった面・新たな問題点を検証する貴重な機会ともいえる。

本章では平成23年末の日本透析医学会統計調査と平成25年8月に行われた追加調査の結果をもとに震災被害の全般状況を解析し、被害状況・回復過程・問題点などを検討し、今回の震災とこの調査から得られた教訓、あるいは防災へのエビデンスを明らかにすることを主眼として分析した。

日本透析医学会統計調査

平成23年末統計調査では、日本透析医学会、日本透析医会、日本腎臓学会、日本臨床工学技士会の合同による3月11日の東日本大震災における全国透析施設の被災状況、透析患者の移動状況、全国透析施設の防災対策の調査を行った（ただし、震災の被害（津波・倒壊・原発等）により年末時点で透析を実施していない施設は今回の調査には含まれない）。本稿ではこの調査結果に基づき各地の地震震度や施設被害の状況・回復過程・問題点などを考察する。

日本透析医学会統計調査追加調査

平成23年末の全国透析施設の防災対策の調査結果を解析する過程で、被災施設を多数出した東北6県（青森・岩手・秋田・宮城・山形・福島）ならびに関東7県1都（茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川県）ほか2県、合計16都県において操業不能となったことを申告された314施設に対し、調査結果に重大な影響があると考えられる詳細な情報収集の必要性が出てきた。このため、平成25年8月に選択記述併用式追加調査を実施した。

(ア) 震災による透析医療の被災

概観

●透析不能施設の状況の概観

地域別地震震度を図1に示す。全国の透析施設の地震震度について調査対象4,205施設のうち3,876施設から回答が得られた。震度6以上に見舞われた施設は東北地方に多いが、震度5以上の施設は地方の透析施設数を反映して関東地方に圧倒的に多かった。北海道、中部東海、近畿以西はほとんどが震度4以下であり、今回の震災は東北、関東に非常に大きな影響を及ぼしたといえる。これは震源域が岩手県沖から茨城県沖にかけての日本海溝沿いの長さ約500kmにわたった事実ともよく符号する結果である。

震災の経過中何らかの理由により一日でも透析室の操作が不可能となった施設は、全国で314施設に及んだ。東北、関東ではすべての県で操作不能の透析施設が存在し、その比率は宮城県：83.3%、茨城県：65.8%、福島県：56.5%、岩手県：35.5%であった（割合は、操作不能の有無について回答があっ

た施設数から算出）。東北、関東以外の地域では山梨県、静岡県にも操作不能施設が少数みられたが、北海道には操作に支障をきたした施設はなかった。地震震度別の検討では、震度3の施設においても操作不能が5件生じていたが、震度3全体の施設の0.7%であった。一方震度6弱では51.2%、震度6強では69.8%、と地震震度が大きくなるにつれて操作不能となる施設の割合が増加した（図2）。

震度3～4における操作不能の理由はほとんどが停電であった。その中でごく少数ではあるが、施設損壊による操作不能がみられた。一方断水による操作不能は震度5の施設から徐々に増え、震度6では約70%に達した（図3）。透析施設・機器の損壊による操作不能は、震度3から6強に及んだが30%未満であった。

当初透析操作不能と報告された314施設においては、震災発生が金曜日の午後二時近辺と午前の操作終了が近かったこともあり、激しい揺れのために安全を見込んで一時中断しただけの施設、あるいは当日中の一時点検後に再開できたなど、軽微な操作困

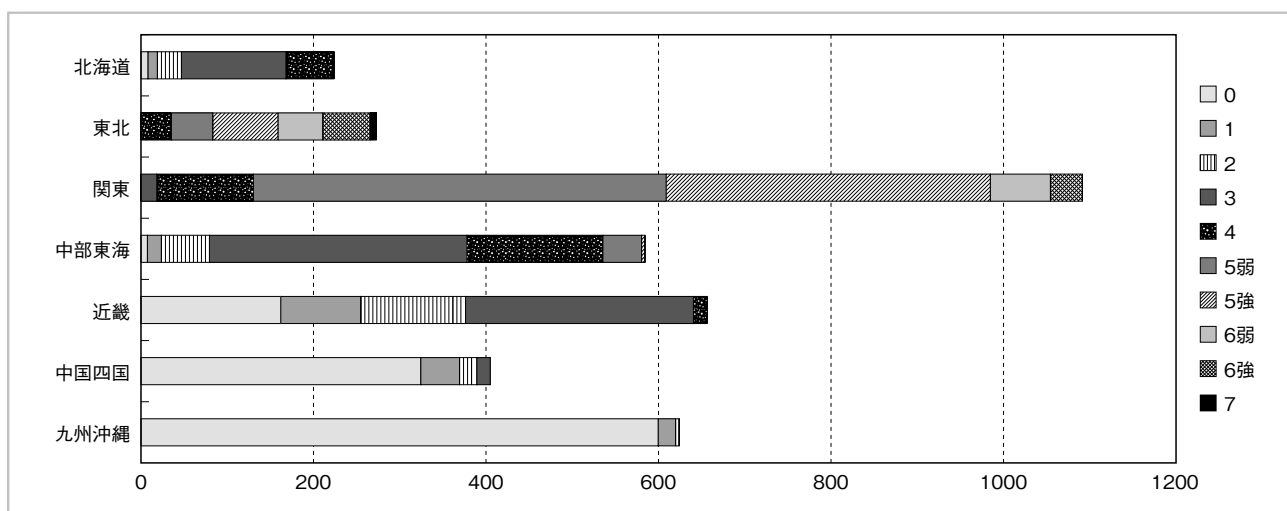


図1 地域別の地震頻度

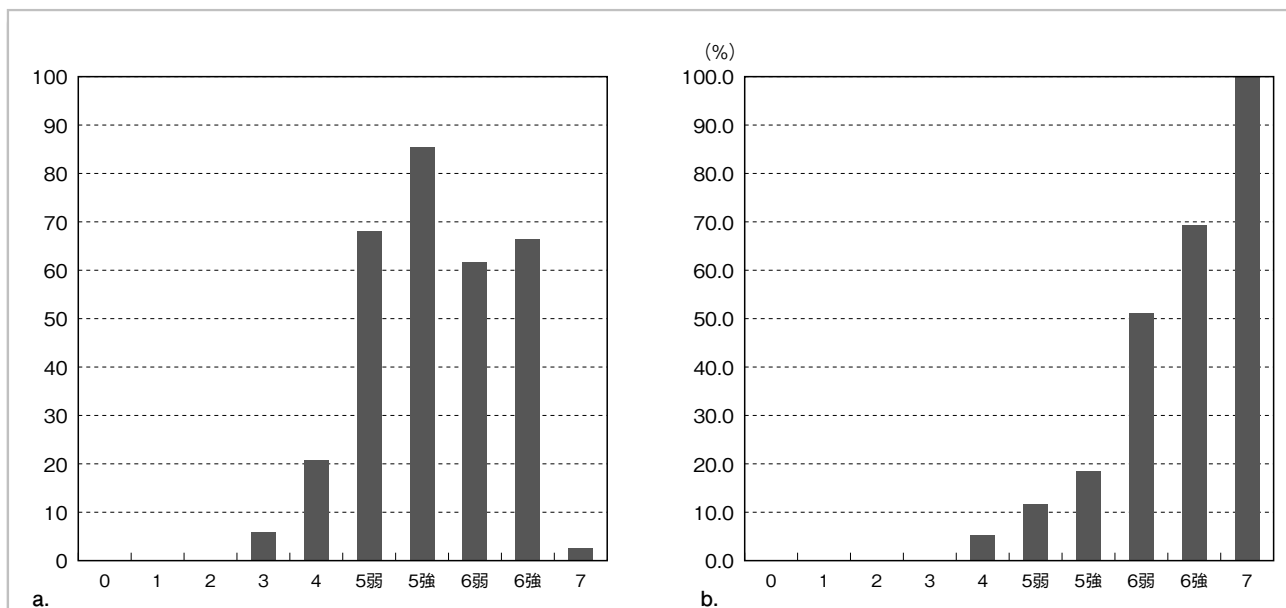


図2 a. 地震震度別の透析操作不能施設数
b. 地震震度別の透析操作不能割合

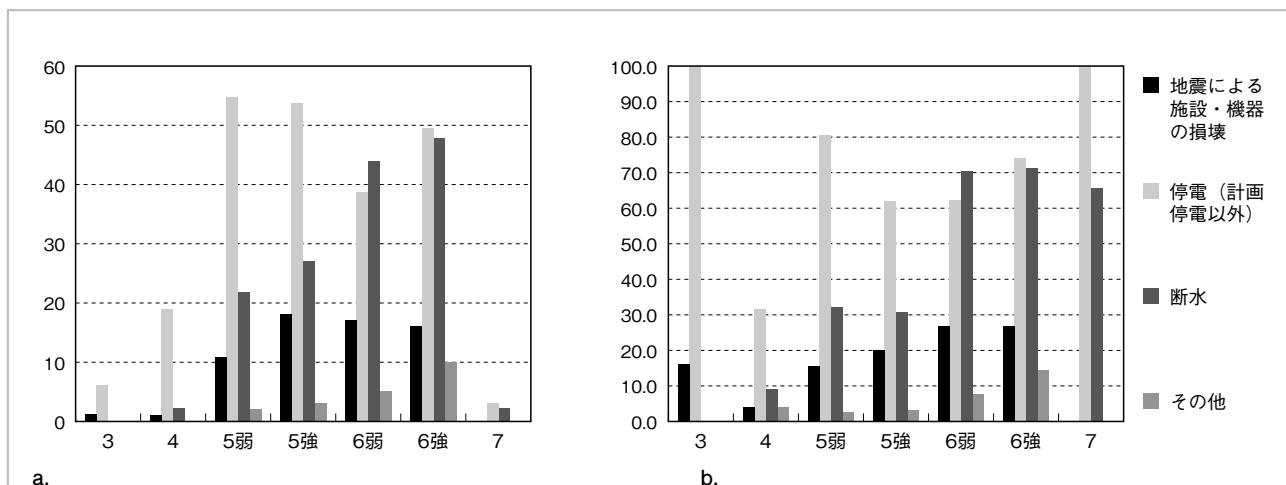


図3 a. 透析操作不能理由の件数
b. 透析操作不能理由の割合

難・中断・遅延程度で、実質的に操作不能に陥らなかったと分類される施設や、あるいは金曜日の午後 or 夜間透析がなかったために、その日の深夜までに停電断水からの回復や、施設設備の点検・修理が完了し、翌日から操作再開できた施設など、実質的には操作不能ではなかった施設も多数あったことが、追加調査の結果判明した(表1)。

次に操作不能の長期化がもたらすものは、他院への透析依頼の状況である(表2)。操作不能に陥らなかった18施設は、他院への透析依頼が0件であり、4日目以降に操作再開となった91施設は、全

例が他院への透析依頼を実施している。そして1日目から3日目までの操作不能施設は、被災状況と操作再開可能予測に応じて、他院への透析依頼を決定していることが読み取れる。操作不能が長引くにつれて、他院への透析依頼率は増大しており、未曾有の大災害にもかかわらず、各施設がおおむね適切に対応されたことがわかる。

この表1と表2を組み合わせることで、**発災後3日目に操作再開が可能であると予測できるかどうか?**が、長期と短期の操作不能の分岐点と分類することが实际的であろう。被災当初は、い

表1 期間別操業不能施設数の分類表

操業不能・中断・困難		施設数	長期・短期別集計
操業困難・中断有り施設		72	222
操業不能施設	3日以内短期	150	
	4日以上	62	92
	10日以上長期	30	
合計		314	314

表2 他院への透析依頼

操業再開日	透析依頼有り	透析依頼なし	依頼率
操業不能にならなかった施設	0	18	0.0 (%)
1日目(3/11金)の施設	11	45	19.6
2日目(3/12土)の施設	25	70	26.3
3日目(3/13日)の施設	36	19	65.5
4日目(3/14月)の施設	25	0	100
5日目以降の施設	65	0	100
合計	162	152	51.6

表3 東日本大震災学術調査

一次調査にて、操業不能と回答された315施設に対し、再調査(再調査を要した298施設に質問表を送付)を実施した。		
質問表送付	回収数	回収率
未回収	8	2.7%
回収済	290	97.3%
総数	298	100.0%

つまで操業不能が続くか見通しが立てられないため、他院への支援を検討しながら対応にあたることになるが、3日目を境に被災施設の対応・方針が変わる可能性が高いことが、今回の調査から明らかになった。この事実は、これまでの震災被災時における調査研究¹⁻⁶⁾ともおおむね合致する。

●日本透析医学会統計調査、および追加調査から明らかになった、透析操業不能理由と透析室内の災害対策状況の概観

平成23年末に実施した日本透析医学会統計調査において震災による透析室操業不能ありと回答した314施設の(複数回答)操業不能の理由を調査し、地震震度・災害対策の実施率・ライフラインの影響・施設損壊率などとの関係を検討した。しかし、操業不能理由と実際の回答を解析するにあたり、さらに詳細な情報が必要となった。そのため、平成

表4 一次調査に対する訂正率

総数	298	100.0%
有	109	36.6%
無し	189	63.4%

1. 一次調査にて、操業不能と回答された315施設に対し、再調査(再調査を要した300施設に質問表を送付)を実施した。
2. 結果に影響を及ぼす訂正・記入ミスなどは、36.6%の回答に見られた。

表5 回答訂正の内容

RO供給装置の対策あり→	RO供給装置の対策なし	7
チューブの材質フレキシブル→	塩ビ	7
床固定の方式 その他→	ゲルセーフ固定	1
自家発電機有→	無し またはその逆	4
操業不能→	操業していた	18
貯水槽・または井戸有り→	貯水槽も井戸もなし	9
操業不能日数→	過大報告	8
チューブの材質 塩ビ→	フレキシブル	28
その他→	アンカーボルト・施設損壊なし・操業不能原因違い・断水なし等	11
申告によらず調査した結果の震度→	過小または過大報告**注1	66
合計		159

**注1: 314施設の住所と気象庁が発表した各地の計測震度から調査した結果

25年7月の段階で、透析室操業不能ありと回答された施設314施設のうち、298施設に追加調査を実施した。

追加調査においては、97.3%もの施設から詳細な回答を得た。この回答の返送率の高さは、調査の正確性を担保する十分な根拠となりうるものであるうえに、震災発生時の詳細な事情を余白が真っ黒になるほど書き込んでくださった回答者も多数あり、実情を十分理解した上で分析するための大きな助けとなった(表3)。詳細な回答を、時間を惜しまず記入していただき、労をいとわず返送してくださった各施設の努力に、感謝の気持ちを表明したい。

またその追加調査において、前回調査における回答に対して多数の訂正を要請された(表4, 5)。多かった訂正は、配管に関するものである。フレキシブルチューブと塩ビチューブの違いを調査した意図は、RO供給装置と壁面をつなぐ配管に何を使っているかであったが、回答者はすべての配管の大部分が塩ビであれば、塩ビでよいだろうと判断されたケ

ース、場所によって多くの材質を使い分けているので、ステンレス、塩ビ、フレキシブルなどすべてを回答された施設もあった。回答の分類の不備で解析結果に問題が出るのが懸念されたが、追加調査に対して正確な解答をいただけたことから、その懸念は払拭された。

さらに初回調査の質問において、フレキシブルと塩ビとに大きく分けた意図は、固く安価な材質である塩ビが、震災の揺れに弱く、20センチ程度RO供給装置が移動するだけで配管損傷を起こしてしまい透析不能となった事態が過去に繰り返し起こっていた。そのため柔らかい材質の配管を推奨する目的で、フレキシブルチューブと代表する形で分類したが、フレキシブルをさらにシリコン・KCホース・PVDFなどの材質別に分類して回答をくださった施設が多数あった。そのためであろう、当初の日本透析医学会統計調査では、塩ビでもフレキシブルでもない“その他”を選択された回答を相当数いただき、“その他”が何を意味するのか十分理解できなかった分析者が困惑した場面があった。追加調査を実施したことで、配管の材質について多くの方から丁寧な回答をいただき、そういう意味であったか、と合点がいった次第である。

また、初回調査で配管の材質が、塩ビか？ フレキシブルか？ を選択する質問において、塩ビを採用と回答された施設のうち、追加調査では約20%が「大半は塩ビだが、接続部配管だけはフレキシブルである」という訂正をされたので全国における接続部配管のフレキシブルチューブ採用率（51.1%と報告された）は、20%程度多く見積もっておくほうが正しいであろう。

他にも操業不能と書いたが、勘違いでずっと操業できていた、という回答も多数あった。

また震度6強で揺れて、かつ塩ビ配管を採用し、さらにRO供給装置の床固定も行っていない、という完全無防備状態でありながら、被害が全く出ていないという回答が一定数あったことにも悩まされた。なぜなら平成23年まで编者自身がやってきた調査においては、上記の条件では被害が必発であったのに、何も被害がなかったと多数の施設が回答されたからである。これまでの常識を覆されてしまう結果であるから、正確に解析するのが不能になった

と考え、それについても追加質問を行うこととなった。

返ってきた回答の中には、前述のように塩ビと書いたが、接続部はフレキシブルであったというものが散見された。

またそれらの回答をすべて精査しても、どうしてもなぜ被害がまったくでなかったのかが解明できない施設が数施設あった。これらの施設からの回答を再度精査すると、地震の揺れに伴う機械の移動がほとんどなく、よって塩ビであってもまったく配管に損傷がでない程度の揺れであったことが判明した。つまり、震度6強という申告が誤っているか（実は自らの施設の計測震度を正確に知るのには難しい）、建物の構造が免震構造でなければありえないことがわかった。該当する施設の住所を調べ、気象庁発表の計測震度を突き合わせると、すべて震度を1~2程度大きく見積もっていることが判明した（同一市内でも計測震度は1~2程度違うことは非常に多い）。

これまでの震災では、「①昭和56（1981）年の新耐震をクリアしている建築物の中にある透析施設で、②4つの対策によってカバーされている施設は、③震度6強までの揺れにすべて対応でき、④透析不能となるほどの深刻な透析機器損壊が出ない」と結論できていた。しかし、今回の震災においては震度4~5強の揺れで、地震による施設機器の損壊を原因に挙げた施設が11あった。これまでの震災では一度も報告されていない被害状況であり、今回の震災において特徴的ともいえる被害である可能性があった。（後述する）

操業不能と回答された314施設の震度分布は、震度7から震度3まで広汎であり、分布都県は16都県に及んだ（表6, 7）。操業不能率は、単純に都県全域に存在する施設数を母数として、どれだけの施設が操業不能となったか？ を%で示したものである。今回震災への対応から以下の事実が示されたと考えられる。

- ①その県の操業不能率が50%を超える場合は被害が甚大であり、自助のみならず共助による対応がなければ乗り切ることが難しくなる。
- ②その県の操業不能率が80%を超える場合は、一時的に県全体がまったく機能していない状態となっていることから、共助はもちろん、公助による支援が必要となる。

表6 操業不能施設の震度・地域分布

	震度7	震度6強	震度6弱	震度5強	震度5弱	震度4以下	合計
施設数	1	67	65	88	67	26	314

表7

都県	操業不能施設		全施設数	操業不能率
	初回調査時	追加調査時		
青森	20	18	36	50.0%
岩手	13	12	46	26.1%
秋田	18	18	40	45.0%
宮城	45	44	54	81.5%
山形	14	11	35	31.4%
福島	35	34	63	54.0%
茨城	52	51	79	64.6%
栃木	26	23	68	33.8%
東北関東平均	223	211	421	50.1%
群馬	6	6	59	10.2%
埼玉	13	13	163	8.0%
千葉	21	21	134	15.7%
東京	14	14	378	3.7%
神奈川	30	29	218	13.3%
山梨	3	3	32	9.4%
静岡	3	2	118	1.7%
愛知	1	0	168	0.0%
合計	314	299	1,523 (愛知を除いた)	19.6%

もちろん原発被害を伴った福島県の被災状況が他の県より少なかったとは到底言えないのは明らかであるし、操業不能が100日であっても、1日であっても1施設とカウントされるのであり、この数字は震災全体の評価に対する一つの目安でしかない。

操業不能となった全16都県（愛知は追加調査の結果、操業不能施設なしと判明）の操業不能率は19.6%であったが、東北6県に加え、被害の大きい茨城・栃木の北関東2県を加えた8件で検討すると、操業不能率は50.1%となる。上記の基準に従えば、8県全体が共助を必要とする要支援地帯であったといえるし、それは当時の実情とよく符号するものである。

●透析医療における震災による被害の本質

今回の調査で明らかになった事実をもとに、透析医療にとっての震災による被害とはどのようなものか？ を解き明かしてゆきたい。

表8 操業不能原因と操業再開日の検討

操業不能施設数とその理由	長期操業不能(4日以上)	短期操業不能(3日以内)	合計
地震による施設の損壊	23*	16	39
地震による透析機器の損壊	8	25	33
津波による施設損壊	3	1	4
原発事故に伴う事象	10	1	11
停電(計画停電以外)	61	156	217
断水	65**	75	140
透析資材不足	3	3	6
スタッフ不足	2	4	6
合計(重複有)	175	294	456

*、**：施設損壊と断水の二つの要素は、長期操業不能に及ぼす影響が他の要素に対して有意に高かった。

表9 操業不能原因

大原因	施設数	%
地震・津波による施設の損壊	72	15.8
津波・原発による事象	15	3.3
ライフラインの毀損	357	78.3
供給能力の低下	12	2.6

1. 操業不能原因の80%は、ライフラインの毀損である。
2. 15%は地震・津波による施設の損壊である。

まず透析医療における被害の本質とは何か？ であるが、災害により透析不能となる施設が出ること、と定義可能である。たとえ他に被災による被害が出たとしても、透析可能か不可能かの違いと比較すれば、あくまでも透析施設にとっては、多くの場合問題は小さいといえる。そういう視点から今回の被害をまとめてみると、表8に集約することが可能である。

まず透析不能の原因を大きく8項目に分類したが、地震による施設損壊が地震による透析機器の損壊よりも、また断水が停電よりも、長期操業不能の原因として有意に高率であることが示されている。停電よりも断水のほうが回復までにより時間を必要とする傾向があることは、以前から知られていたが、今回このように有意差をもって明らかになった。

さらにそれを地震による施設・機器損壊72(15.8%)、津波・原発という今回の震災における特殊な被害15(3.3%)、ライフラインの毀損357(78.3%)、供給能力の毀損(透析資材・労働力など)12

(2.6%)の4つに分類可能である。そうであれば、透析医療にとっての災害とは、以下のように総括できる(表9)。

- ① 80%のライフライン障害
- ② 15%の施設損壊被害
- ③ 5%の特殊な被害(津波・原発被害・供給能力の毀損)

透析医療における防災はこの3つの項目に対処すればよいことになる。このような分類が重要であるのは、災害の本体は被害状況が一番正確に災害そのものの正体を語るからである。

この事実をもとに、本章において、①80%のライフライン障害、②15%の施設損壊被害について、調査結果をもとに分析検討する。また第2章において、③5%の特殊な被害(津波・原発被害・供給能力の毀損)を、被災地からの報告を交えて検討する。

■参考文献

- 1) 赤塚東司雄：透析室の災害対策マニュアル。メディカ出版、大阪、2008
- 2) 青柳竜治：災害に学ぶ—過去から(3)2004年新潟県中越地震②透析医療の支援について。臨牀透析22:1499-1504, 2006
- 3) 赤塚東司雄：能登半島地震2007—適切な災害対策により防止された被害の記録—。日透析医会誌22:365-376, 2007
- 4) 申 曾洙：地震による被害と対策 クリニックから。腎と透析39:487-492, 1995
- 5) 高光義博：災害と透析。透析医学, 58-64, 1998
- 6) 住吉川病院。私たちの阪神大震災。兵庫県神戸市, 寿精版印刷(株), 1995, 103-8

ライフライン障害

●ライフライン障害に対する二つの対処法

概観の項で示したように、透析医療が受ける震災被害の80%はライフライン障害によるものであった。透析医療にとっての狭義のライフラインとは、電力と水のことをいう。この二つの社会資源の安定的な供給が保障されている中でしか、透析医療は円滑に実施していけないのであるが、震災において発生する一次的な被害の大半は、この二つの社会資源に対するものである。この事実が、透析と地震を切っても切れないものになっている大きな原因である。

ライフライン障害が発生した時、対処方法は二つである。一つは、ライフラインが被害を受けず、無事稼働している地域へ患者を移送することである。阪神淡路大震災をはじめとする、これまでの震災ではほぼすべてこの発想に基づいて対応が行われた。そして必要とする支援は患者の移動による対処が基本とされてきた¹⁻⁴⁾。

しかるに、今回の災害においては、被災地域のあまりに大きな広がり、被災地間交通遮断の激しさと長期化を前に、この患者を安全にそして円滑に移送するという前提そのものが崩れ去ってしまった。

結果的に北海道への遠隔地移送を行うために自衛隊の支援を必要とした宮城県の例や、原発事故のために、ひとつの地域全体が東京や新潟などの近縁遠隔地への避難を強いられた福島県の例などにおいては、避難のための交通手段・通信手段を調達することそのものが大きな困難として立ちはだかったのである。

その事態に直面して、被災地で行われたもう一つの対処方法とは、移送ができないのであれば、自前で水道と電気を調達し、地元で透析を継続する、という自助を前面に出したやり方であった。ただし、この対処法には、どうしても必要なアイテムが二つある。十分な電力を生産できる自家発電機であり、必要な水を貯蔵しておくための貯水槽である。

実際今回の震災で、孤立無援となった仙台市の仙台社会保険病院が、陸の孤島となった岩手県宮古市の後藤皮膚科泌尿器科医院が、その先見性あるリスクマネジメント力を発揮して、自家発電機を稼働し、地方自治体の支援による集中的な給水作戦によ

り地域の透析患者、ひいては透析医療を救ったことは、広く透析医療の世界で知れ渡っている。

それでは、この成功例をもとに、すべての施設が自助を基本としたライフライン障害への対処法を整備することが可能か、そしてそれは本当に有効なものとして推奨してゆくべきなのか？ という点を、われわれは明らかにしなければならない。

今回の日本透析医学会統計調査、および追加調査において、自家発電機と貯水槽についての詳細な質問が用意された理由は、このような事態を受けてのことであった。

●自家発電機や貯水槽設置に関する調査結果

自家発電装置の有無と設置場所について、震災時と年末時の両方に記載のあった3,568施設で震災前後の準備状況を比較した。自家発電装置を設置していないと回答した施設は、震災時では45.7%であった。全体では半数以上が自家発電機を有しているという結果であったが、とくに人口が密集する東京、埼玉、千葉、神奈川、大阪における設置率は約40%にとどまっていた。

東日本大震災において津波で自家発電装置が不能となった施設の中には、地上や地下に設置していたため津波の直接被害を被った施設があったことが知られている。一方で自家発電装置を屋上設置していたため津波被害を回避できた施設もあった。今回の

日本透析医学会学術調査（調査対象：4,205施設／回答：3,876施設）によると、自家発電装置を2階以上に設置している施設は764施設（21.4%）であった。これは施設全体の21.3%、自家発電機設置施設においても38.4%にとどまっていた（図4a）。

東日本大震災においては各被災地で少なくとも累計229万戸の断水が生じたとされている⁵⁾。日本透析医学会学術調査では、今回の震災で断水のため透析不能となった施設は145施設であった。断水による透析不能は透析不能理由の46.1%を占めた。

施設の設備対策としては貯水槽の設置があげられる。緊急時に使用可能な貯水槽、井戸水について、震災時と年末時の両方に記載のあった3,539施設で震災前後の準備状況を比較した。

約6割の施設では緊急時の透析用水が確保されておらず、震災前後でもその状況にほとんど変化はなかった。これも自家発電施設と同様に人口が密集する東京、埼玉、千葉、神奈川、兵庫では65~75%の施設で緊急時の透析用水が確保されていなかった。緊急時の貯水槽準備がある施設でも、その容量は通常透析1~3日分であった（図4b）。

設置場所としては自家発電装置と同様に津波被害が想定される地域については十分な検討が必要である。備蓄量としては今回のインフラ復旧の状況から、燃料の備蓄と同様に3日分程度の貯水量が望ましいと考えられる。日本透析医学会学術調査では、

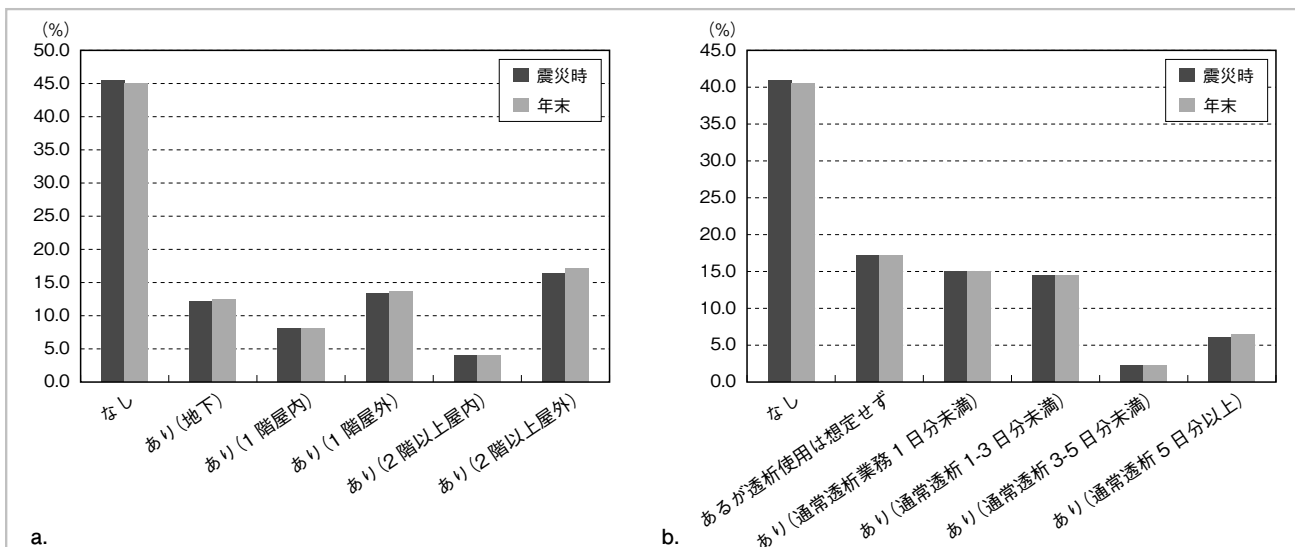


図4 a. 自家発電装置の設置率と設置場所
b. 貯水槽（井戸水）設置率と規模

3日以上貯水槽を持つ施設は306施設(8.7%)であった。

一方、水の継続的供給については行政と消防が実施主体となる。今回の震災で透析施設への水の供給が問題になった背景には、行政に「透析を維持するためには大量の水(一人1回の透析につき約120リットル)を継続的に必要とする」という認識が希薄であったことが大きな理由と考えられる。福島県では水が5トン必要なのに1トンしか出せないと判断されたり、他の医療施設に優先して透析施設に給水することに対して大きな批判が出たりした事例が報告されている⁶⁾。

行政は基本的に公平な配分を旨とする。したがって透析の特殊性の理解がなければ透析施設への優先的な給水は困難な可能性がある。さらに震災の混乱の中で透析の特殊性を最初から説明し理解を得て行政支援につなげる困難さはすでに各所で報告されている。多くは「特定の医療機関だけ特別扱いきない」と対応窓口をたらい回しにされる。結果的に行政の認識が希薄な地域では主に災害拠点病院でない民間透析施設への給水困難が生じた。しかしながら被災地における継続的かつ大量の給水確保には行政支援が欠かせないということも厳然たる事実でもある。

これらの点より災害時の給水確保には、平時における透析医療サイドから行政への積極的な働きかけが必要である。行政の理解を得るためには各県の透析医会としての取り組みに加え、各透析施設(特に災害拠点病院でない民間透析施設)は地域の行政機関と平時から意思疎通ができる環境の構築に努めることが重要である。

■参考文献

- 1) 赤塚東司雄：透析室の災害対策マニュアル。メディカ出版、大阪、2008
- 2) 青柳竜治：災害に学ぶ—過去から(3)2004年新潟県中越地震②透析医療の支援について。臨牀透析22:1499-1504, 2006
- 3) 申 曾洙：地震による被害と対策 クリニックから。腎と透析39:487-492, 1995
- 4) 赤塚東司雄：能登半島地震2007—適切な災害対策により防止された被害の記録—。日透析医会誌22:365-376, 2007
- 5) 内閣府「平成23年版 防災白書」(「防災に関してとった措置の概況」及び「平成23年版の防災に関する計画」)
- 6) B.P.up-to-date: 63, 2011

●ライフライン障害への対策

➤ 停電についての分析

今回の震災における停電の資料が東北電力と東京電力から公表されており、それをまとめた総合資源エネルギー調査会原子力安全・保全部会電力安全小委員会の図(図5, 6)および土木学会地震工学委員会ライフラインの地震時相互連関を考慮した都市機能防護戦略に関する研究小委員会の図(図7, 8)を示す。

ごく一部地域のみが停電になった福島県を除く東北全域は、震災発生と同時に停電となった。その後東北地方の停電は急速に回復してゆき、8日後には津波により大半の都市基盤が流出した沿岸部を除いてほぼ復旧している(図6, 7)。

このようにわが国において災害により損壊したライフライン、とりわけ電力は驚異的な速度で回復することが通常であった。これは今回に限らず、阪神淡路大震災のときにもほぼ同様か、あるいはそれより速い速度で回復したことが知られている(図8)。

また阪神淡路大震災において被災した兵庫県の透析施設に対して実施した兵庫県透析医会のライフライン復旧の程度の調査結果を示す(表10)。表に示すごとく停電は阪神淡路大震災の多数の震度7地帯であっても80%の施設が24時間で復旧していることがわかっている。

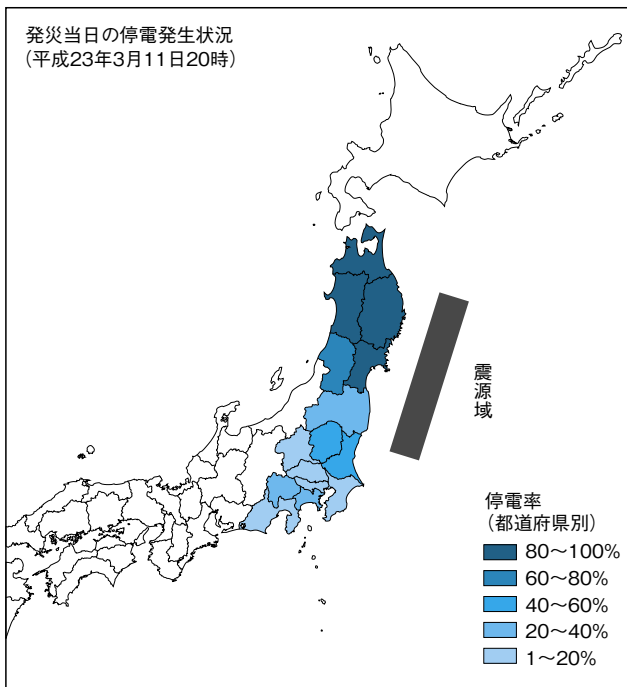
今回の宮城県の停電からの復旧は、これまでのどの災害における復旧よりも遅く、特殊な状況であることがこれらの政府機関の委員会報告でも指摘されている。最悪の都市型災害であった阪神淡路大震災よりもなお、電力供給の復旧に対し困難を極めた災害であったことがわかっており、仙台市内でも丸4日間停電が継続した。

➤ 断水についての分析

今回の震災においても断水は著しく、復旧も停電以上に時間がかかった。都道府県別の断水率を厚生労働省健康局水道課の地図と表により示す(図9, 表11)。宮城県と茨城県は、ほぼすべての水道事業者が操業不能となり、最大断水率は75%を超えている。

その後の断水からの復旧率は、土木学会地震工学委員会ライフラインの地震時相互連関を考慮した都市機能防護戦略に関する研究小委員会の図(図10)

発災当日の停電発生状況 (3月11日20時)



東北電力管内

都道府県	停電戸数	停電率 (%)
青森県	900,000	99%
岩手県	770,000	95%
秋田県	660,000	98%
宮城県	1,370,000	96%
山形県	510,000	74%
福島県	270,000	22%

東京電力管内

都道府県	停電戸数	停電率 (%)
東京都	102,665	1%
神奈川県	1,277,705	24%
栃木県	567,925	43%
千葉県	346,489	9%
埼玉県	342,878	8%
群馬県	225,524	17%
茨城県	823,404	42%
山梨県	145,009	22%
静岡県 (富士川以東)	113,051	13%

(※) 東北電力の停電率=停電戸数/需要戸数×100%で算出 需要戸数は経済産業省提供資料による。
東京電力の停電率=停電戸数/契約口数×100%で算出 契約口数は東京電力資料「平成22年度表でみる東京電力」による。

(出典)

停電戸数：東北電力HP「東北地方太平洋沖地震に関する、停電情報」<http://www.tohoku-epco.co.jp/emergency/9/index.html>
東京電力HP「東北地方太平洋沖地震による影響などについて」<http://www.tepco.co.jp/cc/press/index-j.html>

図5 東日本大震災による停電発生状況 (3月11日時点)

(出所) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会第2回電気設備地震対策ワーキンググループ 2011年11月2日配付資料から引用、改変

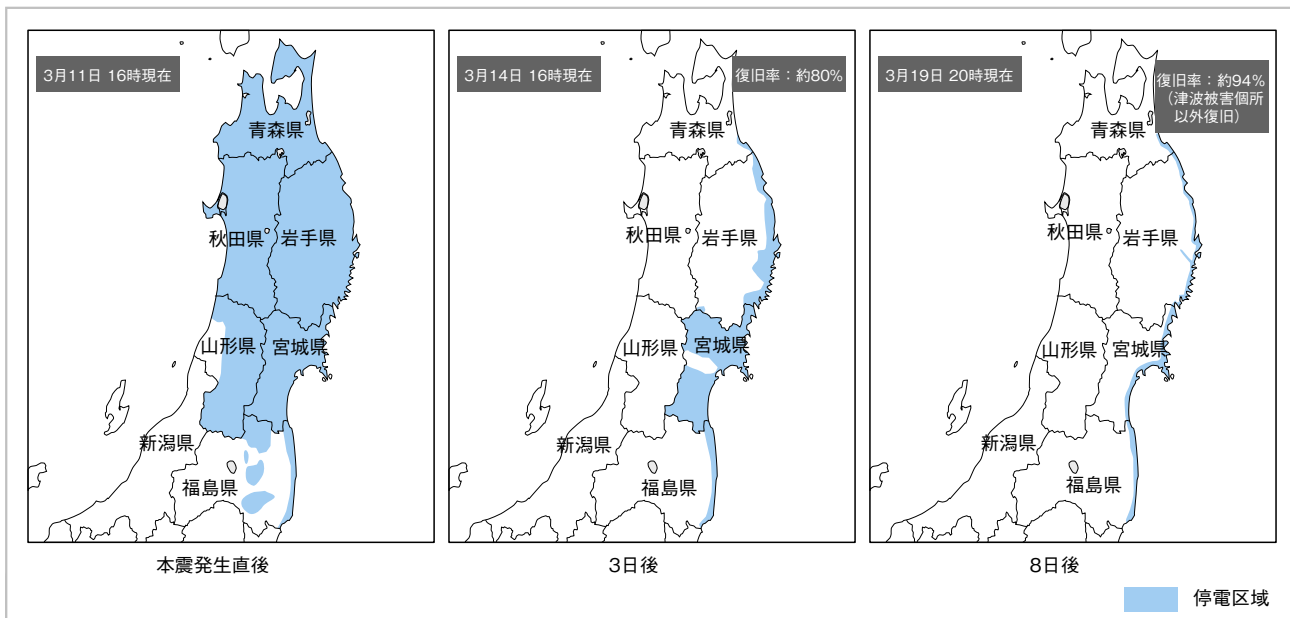


図6 停電からの回復状況 (東北電力)

(出典：総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会議事録から引用、改変)

によれば、震災後二週間が経過した3月27日においても、宮城県で約50%、岩手県で55%、福島県で85%と完全復旧には至っていない。震災当初最

も断水率が高かった茨城県は、7日目の3月17日には80%の復旧率に達した。津波で沿岸部が壊滅的な被害を受けた宮城・岩手・福島に比べ、茨城県

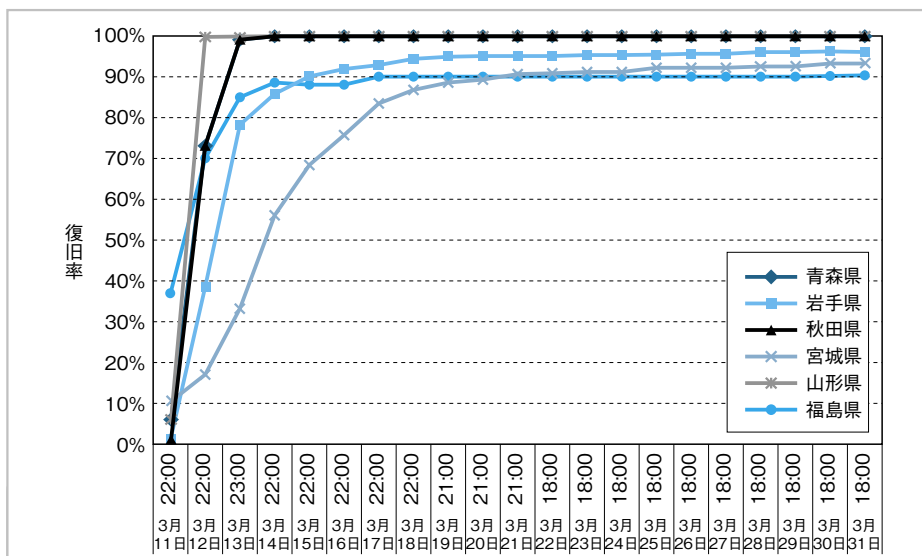


図7 東日本大震災停電復旧状況

「復旧率 = (延べ停電戸数 - 停電戸数) / 延べ停電戸数」の推移 (東北電力管内)
 (土木学会地震工学委員会「相互連関を考慮したライフライン減災対策に関する研究小委員会」改め「ライフラインの地震時相互連関を考慮した都市機能防護戦略に関する研究小委員会」2011/4/3 岐阜大学工学部社会基盤工学科 能島暢呂氏の資料から引用, 改変)

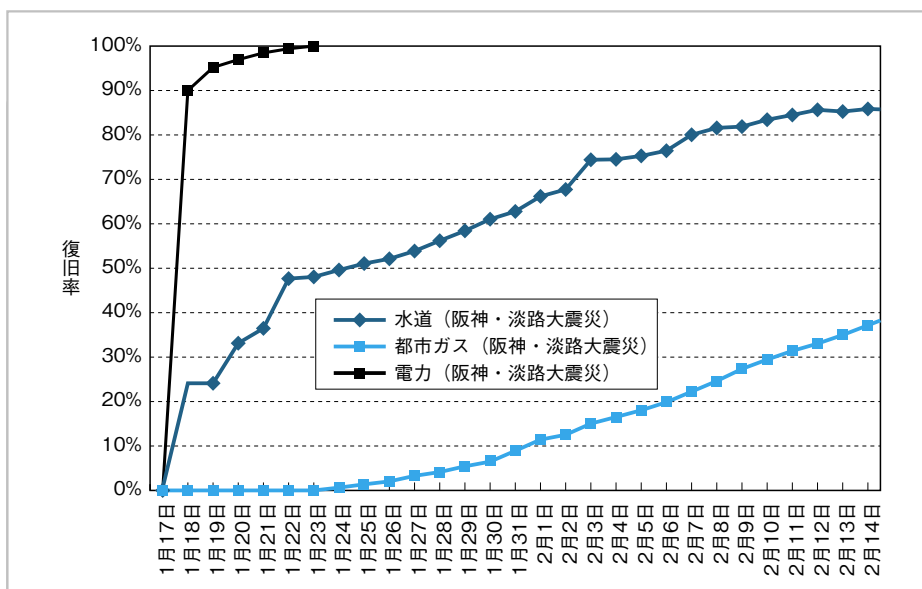


図8 阪神淡路大震災におけるライフラインの復旧状況

(土木学会地震工学委員会「相互連関を考慮したライフライン減災対策に関する研究小委員会」改め「ライフラインの地震時相互連関を考慮した都市機能防護戦略に関する研究小委員会」2011/4/3 岐阜大学工学部社会基盤工学科 能島暢呂氏の資料から引用, 改変)

の被害は人口密集地帯のほぼすべての地盤が悪いことが原因である。通常の断水が広範囲で発生した状況、ある意味想定可能な被害であったため、復旧も東北三県に比べ早かったといえる (図 11)。

断水についても阪神淡路大震災において被災した兵庫県の透析施設に対して実施した兵庫県透析医会のライフライン復旧の程度の調査結果を示す (表 10)。断水は震度7 地帯では、一週間以内に回復した施設は36%しかなく、64%が一週間以上かかっ

ている。停電の復旧が時間単位で進むのに比して、断水は日単位、震度7 地帯では週単位でしか回復しないことが示されており、それは今回の震災の津波被災地帯の状況に酷似したものと考えられる。

震度7の揺れによる被災は次元の違う被害をもたらすことが知られているが、津波の被災による被害も同程度であることが断水の回復状況からも理解される。

●ライフライン障害にどう対処するか？

以上概観したごとく、停電も断水も、その回復には典型的な共助を必要とするライフライン障害である。特に透析医療のごとく、莫大な量の水の供給を前提として成り立つ医療であれば、不十分な水供給はほとんど意味がないため、最終的な解決はライフ

ラインの完全復旧を待つことである。

問題はライフラインの遮断が続く間の対処をどうするかである。透析医療は中断したまま放置できないのであるから、前述した二つの対処法の選択肢が考えられる。

- ①ライフラインが正常に稼働している地域へ避難する。
- ②ライフラインの代替手段を用意する。

災害が最大深度6強程度で、被災地域も局地現象(半径30km程度)であった21世紀に入ってから地震(平成15年十勝沖地震,平成16年新潟県中越地震,平成19年能登半島地震など)においては、支援透析人数も少数であったので、代替手段はいくつもあった^{1,2)}。

停電についてはほとんど24~72時間以内に解消しており、停電による透析不能の長期化が問題となったことはない。

表 10 透析室から見た阪神淡路大震災

ライフライン被害状況 (兵庫県透析医会) 兵庫県下 102 施設					
停電期間	51	断水 (復旧迄)	50	ガス (停止期間)	42
24 時間	42	3 日以内	12	1 週間以内	7
48 時間	4	3~7 日	6	1 週~1 ヶ月	9
72 時間	1	7~30 日	23	1~2 ヶ月	10
96 時間	1	31 日以上	6	2 ヶ月以上	11
>120 時間	3	不明	3	不明	5

(宮本孝, 透析設備の安全確認のポイントを知っておこう, 透析ケア vol.8 259-262.2002 から引用)

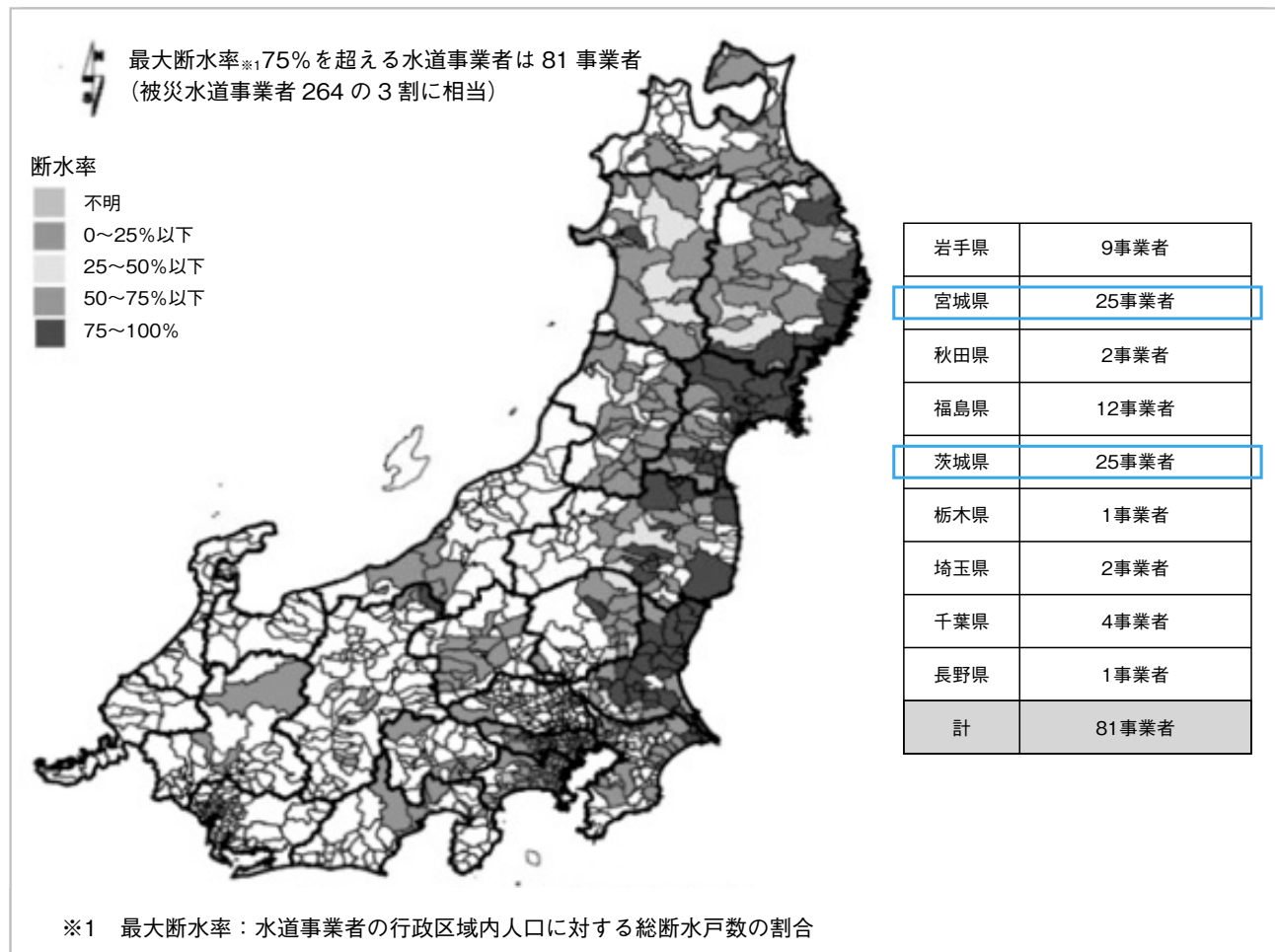


図9 最大断水率の分布 (厚生労働省健康局水道課 東日本大震災水道施設被害状況調査の概要 P3 から引用)

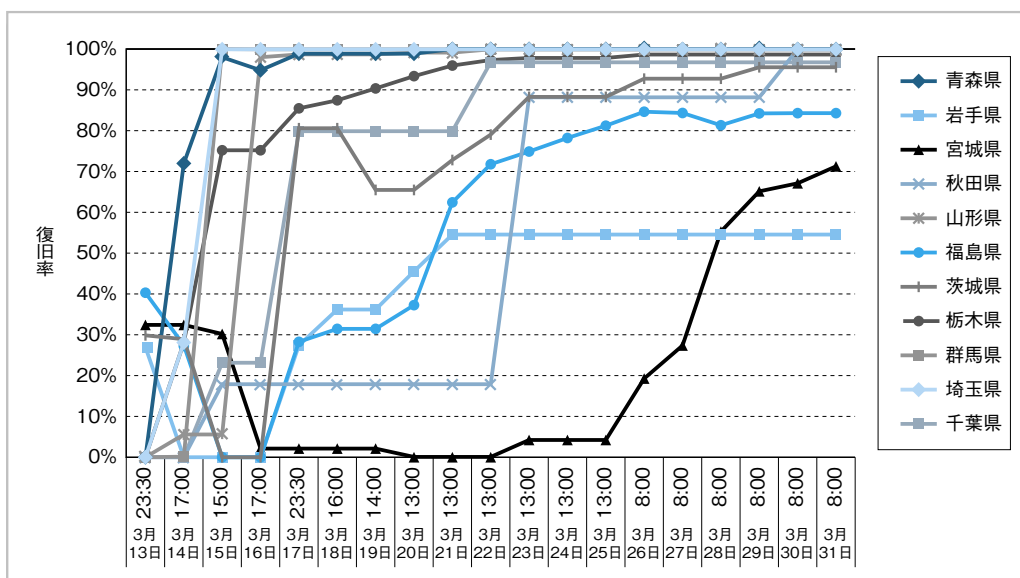


図10 東日本大震災における断水復旧率
 「復旧率 = (延べ断水戸数 - 断水戸数) / 延べ断水戸数」の推移
 (土木学会地震工学委員会「相互連関を考慮したライフライン減災対策に関する研究小委員会」
 改め「ライフラインの地震時相互連関を考慮した都市機能防護戦略に関する研究小委員会」
 2011/4/3 岐阜大学工学部社会基盤工学科 能島暢呂氏の資料から引用, 改変)

断水に関しても、平成16年新潟県中越地震で復旧までに7日間の日数を必要とした地域がごく一部あったが、おおむね3日程度で復旧している。そのような状況の中では、近隣30~40km先の街に行けば、十分な支援を受けることができたし、短期間の支援で終了させることもできた(能登半島地震における輪島市のケースでは、ある程度の規模の支援を提供できる大都市〔金沢市〕が100km以上離れた遠隔地にしか存在しなかった。そのため、大半の患者が県内長期移送を必要とした。このように特殊な地政学的問題が絡まない限りにおいて、支援の長期化はなかったのである)³⁾。

行政側も余裕があったので、広域消防の10トン給水車などを稼働させたり、自衛隊の5トン給水車などを、すべて透析医療に振り向けて対応したりという選択肢もあった。共助の破たんを共助で支援する枠組みといってもよいが、その解決策が存在した。

しかるに、今回の震災では、共助の破綻をカバーがほとんどない地域が多数出現した。第2章を参照されたいが、東北地方の各地域からの報告にもあるように、これまでの災害ほど各地方公共団体は透析患者優先の対応とはならなかった印象が強い。それ

はひとえに災害規模が巨大すぎ、投入すべき人的資源も公共資源も十分用意できたわけではなかったからである。

県内移送、県内支援のみにとどまらず、広く遠く他県への移送が行われ、あるいは福島県のごとく、移送というよりは透析患者の集団避難という事態にまで発展したのは、そもそも論ではあるがリソースの枯渇が原因の一端と考えられる。

共助を共助でバックアップできない状況に対して、自助で対応する試みは以前からある。それは、各施設における自家発電機の整備であり、貯水槽の整備である。今回ははからずも、共助が十分なバックアップ体制を組めないほど巨大な災害であったことから、自助としての自家発電機や貯水槽の役割が求められた。

今回の調査における各施設からの回答の中に、ある種意外感のある回答が多数得られた。それは、

①自家発電機を整備しているにもかかわらず、透析操業不能の原因に停電をあげている施設が多数に上った。

②貯水槽を整備しているにもかかわらず、断水を操業不能の原因としている施設も多かった。

ことである(表12, 13)。

表 11 都道府県別断水状況について

- ・岩手県、宮城県、福島県の断水被害は甚大（津波、地震動）
- ・断水率が最も高いのは茨城県で断水率 80%超（液状化）
- ・その他、液状化の被害が甚大な地域で高い断水率

都道府県	断水発生事業体の行政区域内戸数	総断水戸数 (最大断水戸数)	復旧戸数	復旧困難戸数	断水率 (%)	断水発生 事業体数
1 北海道	6,100	40	40	—	0.7	1
2 青森県	295,700	3,988	3,988	—	1.3	13
3 岩手県	485,000	195,640	174,479	21,161	40.3	30
4 宮城県	906,100	643,441	622,124	21,317	71.0	34
5 秋田県	345,700	58,515	58,515	—	16.9	17
6 山形県	265,700	9,866	9,866	—	3.7	21
7 福島県	654,800	420,606	417,878	2,728	64.2	35
8 茨城県	995,200	801,018	801,018	—	80.5	38
9 栃木県	257,700	54,861	54,861	—	21.3	12
10 群馬県	379,800	2,530	2,530	—	0.7	11
11 埼玉県	149,100	42,309	42,309	—	28.4	7
12 千葉県	2,141,000	300,778	300,778	—	14.0	16
13 東京都	6,105,600	21,000	21,000	—	0.3	1
14 神奈川県	3,644,500	2,794	2,794	—	0.1	6
15 新潟県	130,000	2,852	2,852	—	2.2	4
19 山梨県	68,300	4,320	4,320	—	6.3	5
20 長野県	56,400	1,488	1,488	—	2.6	7
21 岐阜県	64,300	325	325	—	0.5	2
22 静岡県	364,900	839	839	—	0.2	4
計	17,315,900	2,567,210	2,522,004	45,206	14.8	264

*断水発生事業体の行政区域内戸数は、断水が発生した水道事業体を対象として平成 21 年度の水道統計及び簡易水道事業年報より県別で集計した。なお、断水率＝総断水戸数／断水発生事業体の行政区域内戸数

(厚生労働省健康局水道課 東日本大震災水道施設被害状況調査の概要 P04 から引用)

表 12 の内容を解説すると、自家発電機を整備（124 施設）していながら停電を操業不能の理由にあげた施設（84 施設）の比率は 67.7%に上り、これは自家発電機を整備していない（191 施設）施設における操業不能理由に停電をあげた施設（143 施設）の比率である 74.9%と、有意差がなかった。

つまり、この表を素直に解釈すると、自家発電機を整備しようがしまいが全く同じ確率で停電による操業不能が発生する、となる。そうであれば、自家発電機は操業不能の阻止にほとんど影響していないことになってしまう（今回は、自家発電機を整備していたおかげで、停電を免れたと考えている施設を調査していないので、どの程度自家発電機が役立っていたのか、という評価はできないにせよ）。

表 13 も同様で、貯水槽を整備（110 施設）していながら断水を操業不能の理由にあげた施設（50 施設）の比率は 45.5%に上り、これは貯水槽を整

備していない施設（205 施設）における操業不能理由に断水をあげた施設（95 施設）の比率である 46.3%と、有意差がなかった。ここでも貯水槽を整備しようがしまいが全く同じ確率で断水による操業不能が発生する、となる（これも貯水槽のおかげで断水を免れた施設を調査していないので、どの程度貯水槽が役立ったのかという議論には至らない）。

しかし、自家発電機と貯水槽という、停電時の電気、断水時の水を自前で調達する自助の解決策として期待されていた二つの機器、それもその整備に莫大な費用がかかる機器が、効果がどの程度あるのかを精査することなく、有効なはずだという常識的な思い込みのまま放置することはできない。そしてなにゆえその目的を（十分に）果たせなかったのか？も明らかにしなければ、推奨することも推奨を中止することもできない。

一般使用する分には十分有効であるからこれだけ

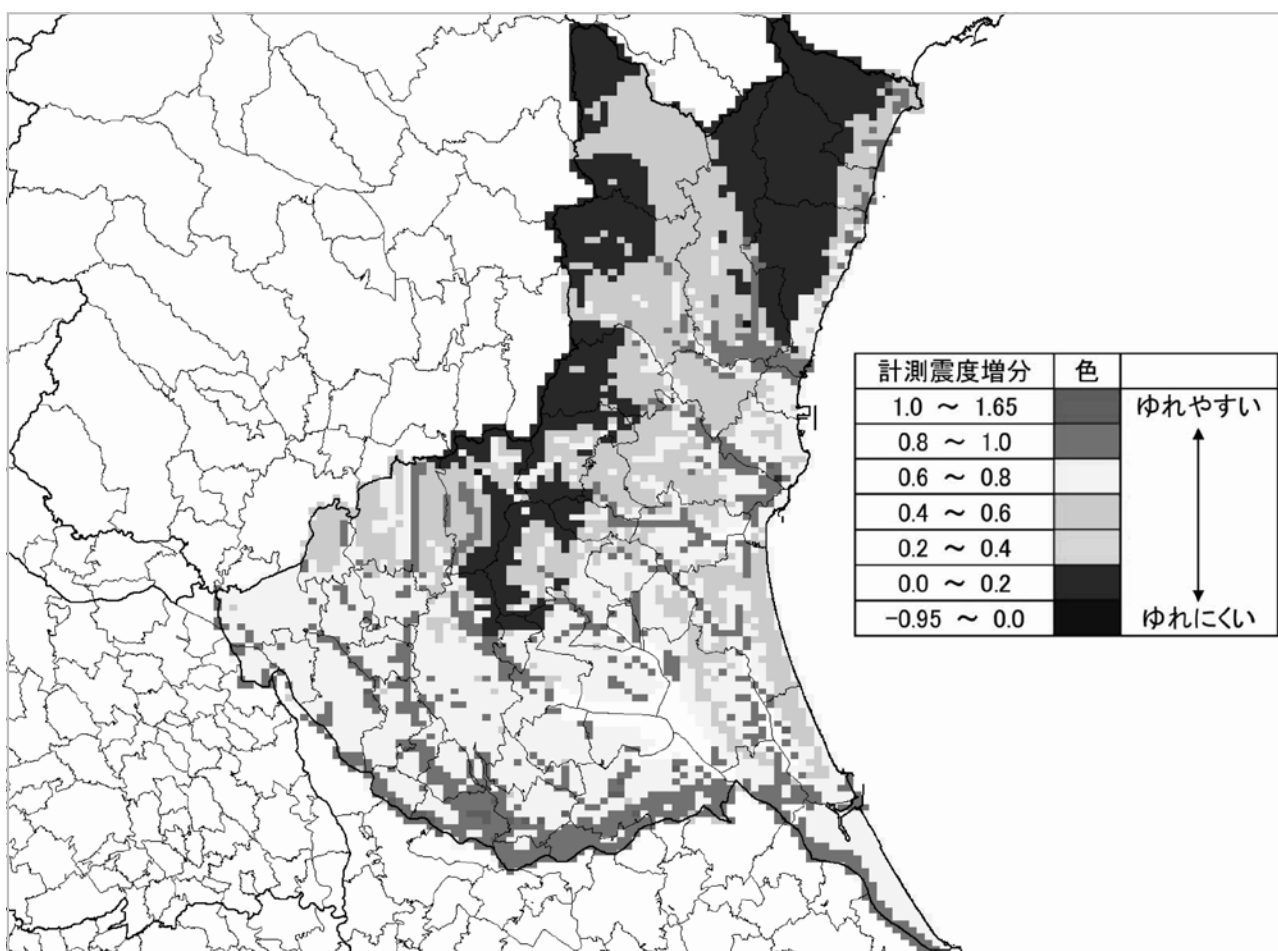


図 11 表層地盤のゆれやすさ（茨城県）

表 12 自家発電の有無と操業不能理由が停電であった施設の比較

操業不能施設の状況	施設数	調査対象施設数 315
自家発電あり	124	67.7%
操業不能理由停電	84	
自家発電なし	191	74.9%
操業不能理由停電	143	

表 13 貯水槽の有無と断水による操業不能理由が断水であった施設の比較

操業不能施設の状況	施設数	調査対象施設数 315
貯水槽あり	110	45.5%
操業不能理由断水	50	
貯水槽なし	205	46.3%
操業不能理由断水	95	

整備されてきた背景があると考えられる二つの防災機器が、なぜ透析医療においては期待された役割が果たせなかったのか？ 改善策はあるのか？ については少なくとも明らかにしなければならない。

東日本大震災の学術調査の結果分析において、日本透析医学会として追加調査を行うことを決定した一番の動機は、この謎に対する解答を得たいということであった。

実際に操業不能の解答を寄せた 314 施設に対して施行されたアンケートは表 14 の通りである。各施

設からすでにいただいた統計調査の結果を表示し、その結果に対して質問をする形式とした。

●追加調査の結果

自家発電機を整備していても、停電で操業不能となる理由について、表 15 に示した。単に整備しただけで動作確認もしなければ、実際に使ってみたこともない、という施設はほぼないであろうから、多くの場合は予期に反して作動しなかった、想定外の事情で動かすことができなかった、ということが予

表 14

施設コード	都道府県	操業再開日(3/11を1日目とする)	操業不能の理由					透析に使用可能な自家発電装置の有無、設置場所				貯水槽(井戸水)の有無、規模				RO装置、供給装置の地震対策				透析液供給装置類配管の材質								
			地震による施設・機器の損壊	津波による施設・機器の損壊	原発事故に伴う事象	停電(計画停電以外)	断水	透析器材不足	スタッフ不足	不明	なし	あり(1階屋内)	あり(2階以上屋外)	あり(1階以上屋外)	あり(通常透析1-3日分未達)	あり(通常透析3-5日分未達)	あり(通常透析5日分以上)	不明	なし	アンカーボルト固定	ジェル固定	免震装置使用	その他	不明	ステンレス	塩ビチューブ	フレキシブルチューブ	その他

質問

- ① 操業不能となった理由は、停電+断水+地震による施設・機器の損壊が3つともあげられていますが、主たる理由はどれですか？
- 1 停電
 - 2 断水
 - 3 地震による施設・機器の損壊
 - 4 停電+断水
 - 5 停電+地震による施設・機器の損壊
 - 6 断水+地震による施設・機器の損壊
 - 7 その他の回答 ()
- ② 操業不能となった理由は、停電+断水の2つがあげられていますが、主たる理由はどちらですか？
- 1 停電
 - 2 断水
 - 3 停電+断水の双方 (この場合どちらが先に復旧しましたか？ 停電() 断水() 早く復旧したほうに○を付けてください)
 - 4 その他の回答 ()
- ③ 操業不能となった理由は、停電+地震による施設・機器の損壊の2つがあげられていますが、主たる理由はどちらですか？
- 1 停電
 - 2 地震による施設・機器の損壊
 - 3 停電+地震による施設・機器の損壊双方 (この場合どちらが先に復旧しましたか？ 停電() 地震による施設・機器の損壊() 早く復旧したほうに○を付けてください)
 - 4 その他の回答 ()
- ④ 操業不能となった理由は、断水+地震による施設・機器の損壊の2つがあげられていますが、主たる理由はどちらですか？
- 1 断水
 - 2 地震による施設・機器の損壊
 - 3 断水+地震による施設・機器の損壊の双方 (この場合どちらが先に復旧しましたか？ 断水() 地震による施設・機器の損壊() 早く復旧したほうに○を付けてください)
 - 4 その他の回答 ()
- ⑤ 操業不能となった原因に、停電が含まれていますが、貴院では自家発電装置が整備されておられます。停電時に自家発電装置はどのような状況だったのでしょうか？(複数回答可。その場合主たる理由に◎、主ではないが原因となった理由に○)
- 1 作動しなかった。(自家発電機そのものが地震で壊れた、または原因はわからないが故障していた)
 - 2 作動しなかった。(周辺機器が地震で壊れた、または原因は不明だが作動しなかった)
 - 3 作動しなかった。(断水していたため、水冷式発電機を動かせなかった)
 - 4 作動しなかった。(燃料の備蓄がなかった)
 - 5 作動したが止まってしまった。(燃料は備蓄していたがすぐになくなり、動かせなくなった)
 - 6 作動したが透析に使用できるほどの電力を確保できなかった。
 - 7 その他の理由 ()
- ⑥ 操業不能となった原因に、断水が含まれていますが、貴院では透析使用を想定した貯水槽が整備されておられます。断水時に貯水槽はどのような状況だったのでしょうか？(複数回答可。その場合主たる理由に◎、主ではないが原因となった理由に○)
- 1 使用できなかった。(貯水槽そのものが地震で壊れた、または原因はわからないが故障していた)
 - 2 使用できなかった。(貯水槽に必要な水が備蓄されていなかった、あるいは地震で損傷し、水が全て流れ出ってしまった)
 - 3 使用できなかった。(停電のため貯水槽が使えなかった)
 - 4 使用できなかった。(貯水槽の配管が地震で壊れたため、水を供給できなかった)
 - 5 使用可能であったが透析に使用できるほどの水を確保できなかったため、使用できなかった。
 - 6 使用可能であり透析に使用したが、断水からの復旧まで持ちこたえるだけの水を確保できなかったため、操業を中止した。
 - 7 その他の理由 ()

- ⑦ 操業不能となった理由に地震による施設・機器の損壊があげられていますが、どちらが壊れたため操業不能になりましたか？
 1 建物、施設そのものの損壊（質問⑧へ）
 2 透析機器の損壊（質問⑨へ）
 3 両方壊れた【主たる理由はどちらですか。○をいれてください。 建物（ ）——透析機器（ ）】（質問⑧または⑨へ）
- ⑧ 操業不能となった理由に施設建物の損壊をあげた施設にお聞きします。具体的にどのように施設が壊れたため操業不能になりましたか？
 1 建物そのものが損壊し、安全確認のため当日の（あるいは当日から数日間の）操業を中止した。（安全確認後、速やかに操業再開した。修理は必要なかった）
 2 配管以外の建物そのものが損壊し、修理復旧まで操業を中止した。（修理後速やかに操業再開した）
 3 建物と土台の間の配管、又は道路から敷地へ入る繋ぎ目の配管、又は貯水槽から透析室への配管、のいずれかまたは全てが損傷したため給水不可能となった。
 4 建物がその他の理由で損壊したため、操業不能になった。その理由（ ）
- ⑨ 操業不能となった理由に透析機器の損壊をあげた施設にお聞きします。具体的にどのように透析機器が壊れたため操業不能になりましたか？
 1 床に固定していなかったため、RO・供給装置そのものが損壊、転倒、大きく移動した。
 2 床に固定していたけれども、RO・供給装置そのものが損壊、転倒、大きく移動した。
 3 RO・供給装置と壁面配管が塩ビチューブだったので、損傷した。
 4 RO・供給装置と壁面配管がフレキシブルチューブを使っていたのに損傷した。
 5 患者監視装置が多数転倒し、破損あるいは故障したため。
 6 その他の理由（ ）
- ⑩ 操業不能が4日間以上の長期にわたった理由を教えてください。
 （ ）
- ⑪ 透析液供給装置類配管の材質に塩ビチューブとフレキシブルチューブの双方を記載しておられますが、RO供給装置と壁面との接続部の配管はどちらを使用していましたか？
 1 塩ビチューブ（それではこの場合、フレキシブルチューブはどの部分に使用していましたか？）
 2 フレキシブルチューブ
- ⑫ 透析液供給装置類配管の材質に塩ビチューブのみ使用されていると回答された施設にお聞きします。操業不能の理由に施設・機器の損壊をあげておられませんが、塩ビチューブは破損しませんでしたか？
 1 塩ビチューブは破損しなかった。
 2 塩ビチューブは破損したがすぐに修理復旧したため、操業不能理由にはならなかった。
 3 RO供給装置と壁面との接続部はフレキシブルチューブを使用していたので、破損しなかった。（大半塩ビを使用していたので、塩ビのみと回答したが、接続部はフレキシブルチューブだった）
 4 その他（ ）
- ⑬ RO装置、供給装置の地震対策に関して、その他を選択しておられますが、具体的にどのような対策ですか。（アンカーボルト固定、ジェル固定、免震装置以外のその他、となっています）
 （ ）
- ⑭ 透析液供給装置類配管の材質に関して、その他を選択しておられますが、具体的にどのような素材ですか？（ステンレス・フレキシブル・塩ビ以外のその他、となっています）
 （ ）
- ⑮ 操業不能理由に津波による損壊をあげておられますが、具体的にどのような状況となりましたか？
 （ ）
- ⑯ 操業不能理由に原発事故による事象をあげておられますが、具体的にどのような状況となりましたか？
 （ ）
- ⑰ 操業不能理由を不明と回答されていますが、現時点で考えた場合何が原因であったと思われますか？
 （ ）
- ⑱ 操業不能日数の回答がされていませんが、記入漏れでしょうか？もしお分かりになればご記入お願い申し上げます。（3／11日を1日目として、 日目に操業再開した）
- ⑲ RO装置、供給装置の地震対策をなしと回答されたご施設にお聞きします。RO・供給装置は地震の揺れで移動・転倒しましたか？
 1 移動した。
 2 転倒した。
 3 移動も転倒もしなかった。
 4 その他（ ）
- ⑳ RO装置、供給装置の地震対策なし、かつ透析液供給装置類配管の材質に塩ビチューブのみを上げておられる施設にお聞きします。透析機器になんらかの破損・故障などはありませんでしたか？
 1 破損・故障はなかった。
 2 破損・故障があった。
 さしつかえなければどのような破損・故障であったか教えてください。
 （ ）
 またその破損・故障は透析操業再開の妨げになりましたか？
 （ ）

想される。

各施設からの回答は、表現がさまざまに分類に苦労したが、大まかにいうと以下の通りである。まず、停電と同時に作動したか、しなかったか、そして使えたのか、使えなかったのか？ で分類した。

作動したが使えなかった、というグループの理由で一番多かったのは、透析操業に必要な発電量を賄えなかったということである。これについては、透析使用を想定していた施設も、想定していなかった施設もあった。また当初の予定に反して、緊急手術などの患者を優先する目的で、透析使用を適用からはずした施設も多数あった。透析操業に必要な電気の量は、想像していたより莫大であり、それを賄うことのできる自家発電機を整備することは、予算的にも設置場所的にも大きな困難を伴うものであるといえる。

次に多かったのは、燃料供給がうまくいかなかったという解答である。今回の震災においては、第2章でも取りあげるように、重油の供給困難が相当長期間にわたった。自家発電機というものは相当量の燃料を消費してしまう油食いなので、相当スムーズな燃料供給体制が組まれていないと、すぐに燃料切れを迎えてしまうのである。これは、自家発電機は、実は共助たる災害時の公的な燃料補給をあてにして考えられたシステムであり、純然たる自助であると誤解して整備すると、いざという場面で共助の助けが得られず、結局使用できないことがあるということの意味しているのである。

表 15 自家発電機を整備していても、停電で操業不能となる理由

自家発電機の状況	原因	施設数	小計	%
作動したが使えなかった	透析に必要な量の発電ができなかった	32	48	94.7%
	燃料が供給されず、使えなかった	13		
	作動したが、配線ミスで使えなかった	3		
作動しなかったため使えなかった	揺れで破損故障した	17	25	
	燃料備蓄していなかった	4		
	原因不明で作動せず	4		
使えた	使用でき、電気足りた	4	4	5.3%
合計		77	77	100%

作動しなかったので使えなかったと解答された施設で最も多かったのは、揺れで破損故障した、というものである。ちゃんと使えるはずで動作確認もしていたのに、地震がきて動かそうと思ったら、動かなかったのであるから、揺れによる故障と考えるのが適切であろう。原因不明で作動せず、という解答もおそらく同じことであろうと考えられる。

燃料の備蓄をまったくしていなかった施設も少数あった。普段使えるということと、激しい揺れに耐えて無事作動してくれるというのは、次元の違う問題なのであろう。

作動した、電気も足りた、でも他の理由で操業不能となった、という返答も少数あった。今回の震災で自家発電機を通常通り使えた施設は当然と思われるかもしれないが、今回の調査で通常通り動いて役に立った、というのは解答いただいた施設のうち5.3%しかなかった。巨大災害時には、動いたことそのものが幸運である、という結果が調査結果からみて取れる。

次に貯水槽についての調査結果である（表 16）。貯水槽を整備してあったにもかかわらず、操業不能原因に断水をあげた50施設からの解答では、50施設すべて使用できなかったことが示された。

まず停電のため使用できなかったという返答が多かった。貯水槽といえども電気で動いている、のであるが、これは実際一瞬虚を突かれる回答である。通常、災害においては、停電と断水はセットでやってくるものである。断水しているケースの大半は停電もしていると考えたほうがよいので、停電を免れていない段階では、貯水槽も動かない。また、自家発電機が故障で動かないため、貯水槽を動かす電気も供給できず動かせなかった、結局なんのために整

表 16 貯水槽を整備していても、断水で操業不能となる理由

貯水槽があるも、断水で操業不能となった施設数		50	比率
貯水槽使用不能理由	停電	15	30%
	水供給不能	22	44%
	揺れによる貯水槽・配管損傷	10	20%
	その他	3	6%
合計		50	100%

備したかわからないという、同情すべき回答もあった。

次に水供給不能であるが、これも貯水槽はあっても中にいれる水がありません、自治体の協力が得られず給水車は来ませんでした、ということなのであろう。これも純然たる自助と誤解して整備した貯水槽は、実は災害時にも共助たる給水車の給水サービスを受けられるということをあてにして考えられたシステムであるから、いざという場面で共助の助けが得られず、結局使用できないことがあるということである（自家発電機の部分と全く同じ記載となった）。

さらにこれも当然ながら、揺れによる貯水槽・配管の損傷という回答が多くみられた。この回答は貯水槽に限って質問したので、この程度の数におさまった。が、揺れによる施設被害を受けた、と回答された施設の中に、多数の配管損傷あり、という回答がみられたことを考慮すると、これは同じことをいっていると考えるべきである。貯水槽からのものであろうと、水道管からのものであろうと、透析室からのものであろうと、同じ確率で配管は損傷するものである。

以上さらなる総括をすると、平時あるいは訓練で使えたものが、地震の揺れを一度経過した瞬間に壊れてしまう確率は無視できない。自家発電と貯水槽はセットなので、どちらかが何らかの理由で使用不能になると、その瞬間相棒も使用不可である。そういう観点から、二つの使用不能例をまとめて一つにして論じる（表17）。

揺れにより壊れるリスクが25%、必要量の電気・水を自前で確保できるほどの規模の機械は非常に高価であり、十分な効果をあげることの可能な機器を

整備しきれないリスクが26%、さらに莫大な量の重油の安定供給が困難32%という壁もたちはだかる。最初の段階で停電から回復できないと貯水槽もすべて使用できず、整備した意味がなくなるリスク12%も存在する。これらはすべて無視できる比率ではない。

●どうすればよいのか？

もしこれらの対策を推奨するとすれば、まず自家発電機はバックアップ用として2台整備することになる。それも2台で1施設分の電気を賄うという発想ではなく、1台で十分透析可能な規模のもの2台を揃えることが必要である。同じ理由で貯水槽についても2つ必要である。揺れによる配管損傷への対処は、自前の職員が修理できるスキルを持っていることが必要である。

今回、自家発電機も貯水槽も使えた施設は、これだけのリスクをかいくぐって、偶然使用に耐えたと考えるべきであろう。設備投資をして整備したから、災害時に自動的に使用できるというようなものでは決してない、ということがこの調査結果とその分析から理解される。

●厚生労働省健康局水道課からだされた自家発電機使用の報告

さらに、ここに興味深い資料がある。これは先にお出しした、厚生労働省健康局水道課の資料である。全国の水道局が自家発電機をどれくらい整備していて、今回の震災の際にどれほど稼働できたかを調査した結果である（表18, 19）。

ここに記された結果は、今回われわれが得た結果とはあまりにも違っていた。まず表18によれば、使用すべき自家発電機528機のうち、479機（90.7%）が使用できたとされ、使用できなかったのは49機（9.3%）にすぎなかったこと。さらに表19によれば、73%の事業者が半日から一日分の施設稼働に必要な燃料を備蓄していたとされ（これは、水道局全体を稼働することを考慮すると、莫大な量の燃料といえる）、さらに、発災後翌日までに追加の燃料を確保しているというのである。

これは、水道局が①揺れにより壊れるリスク25%、②高額な整備費用リスク26%、③燃料の継続

表17 自家発電機と貯水槽のまとめ

自家発電機使用不能例	73	123
貯水槽使用不能例	50	
十分な量確保できず	32	26.1%
燃料補給できず	39	31.7%
揺れによる損傷で使えず	31	25.2%
停電	15	12.2%
配線ミスほか	6	4.9%
合計	123	100%

表 18 自家発電設備の使用状況 (その1)

・浄水場に自家発電設備を設置してある水道事業者のうち、震度6弱以上で自家発電設備の使用状況が低くなる(使用できなかった理由)
津波による被災、冷却水の確保不可、地震による破損
稼働対象施設が被災、老朽化や故障により使用不可

浄水場への自家発電設備設置状況と震災時の使用状況^{*1}

*1 アンケート調査の結果による

数値は浄水場数、()は比率(%)

項目	4以下	5弱	5強	6弱	6強	7	合計	
全体(自家発電設備設置浄水場数)	141	136	251	205	99	8	840	
使用する 必要があった	使用した	104 (97.2)	102 (96.2)	96 (93.2)	105 (82.7)	64 (83.1)	8 (100.0)	479 (90.7)
	使用できなかった	3 (2.8)	4 (3.8)	7 (6.8)	22 (17.3)	13 (16.9)	0 (0.0)	49 (9.3)
	計	107 (100.0)	106 (100.0)	103 (100.0)	127 (100.0)	77 (100.0)	8 (100.0)	528 (100.0)
使用する必要がなかった	34	30	148	78	22	0	312	

(厚生労働省健康局水道課 東日本大震災水道施設被害状況調査の概要 P8 から引用)

表 19 自家発電設備の使用状況 (その2)

・自家発電設備を設置している水道事業者の約73%は、半日から1日分の施設稼働に必要な燃料を備蓄
・震災後の翌日までに約75%の水道事業者が燃料を確保

自家発電設備の燃料備蓄日数

燃料備蓄日数	事業体数	構成比率 ()は累計
～0.5日	0	0.0% (0.0%)
0.6～1.0日	124	73.4% (73.4%)
1.1～1.5日	19	11.2% (84.6%)
1.6～2.0日	14	8.3% (92.9%)
2.1～3.0日	5	3.0% (95.9%)
3.1～5.0日	4	2.4% (98.2%)
5.1～10.0日	2	1.2% (99.4%)
10.1～15.0日	1	0.6% (100.0%)
15.1日～	0	0.0% (100.0%)
合計	169	100.0% (100.0%)

震災後、燃料を調達できた日

月日	事業体数	構成比率 ()は累計
3月11日	49	32.9% (32.9%)
3月12日	63	42.3% (75.2%)
3月13日	7	4.7% (79.9%)
3月14日	2	1.3% (81.2%)
3月15日	9	6.0% (87.2%)
3月16日	3	2.0% (89.3%)
3月17日	4	2.7% (91.9%)
3月18日	6	4.0% (96.0%)
3月19日	0	0.0% (96.0%)
3月20日	0	0.0% (96.0%)
3月21日～	6	4.0% (100.0%)
合計	149	100.0% (100.0%)

(厚生労働省健康局水道課 東日本大震災水道施設被害状況調査の概要 P9 から引用)

供給リスク32%を簡単にクリアしていることを示している。

その理由は①揺れにより壊れても専任職員がすぐに修理可能な体制にあること、②高額な整備費用は公費で賄われること、③燃料供給は、公的機関として最優先で供給されることが確約されているため、この90.7%という自家発電機の稼働率が確保されていることによる。

これは公共の福祉を最大限実現するために、社会的資源を優先使用する権利をもつ水道局であるからこそ可能な稼働率であると考えられるということである。燃料ひとつとっても、個々の医療機関からの

要請は一蹴されても、水道局への調達は最優先で行われたのである。

これまでみてきたように、本震災における透析操業不能の主因は、80%にのぼるインフラ被害による電力と水の供給遮断であった。結果透析復旧はインフラの復旧に依存する経過となった。インフラ復旧までを耐えうる施設対策として自家発電機や貯水槽の設置がある程度有効であることが予想されたが、ライフラインの確保を共助・公助にたよらず、すべて自助でやるべしと推奨するのは躊躇せざるをえない。

●自助としての自家発電機と貯水槽のあり方

すべての施設が自家発電機と貯水槽を整備することが、問題の解決に決定的に役立つわけではないとしても、この問題に対するもっと有効な solution はないのでしょうか？ それについては、やはり宮城県からの報告に具体的に示された仙台社会保険病院の例が参考になる⁴⁾。

地域での透析基幹病院（この場合は仙台社会保険病院）に整備された巨大な2台の自家発電機を持つこの仙台の透析基幹病院に、共助たる仙台市からの医療資源（水・透析資材・人）の支援を集中することで、災害急性期を乗り切った。

一言でいうとそういうことになるのだが、これにはいくつか秘密がある。まず2台の自家発電機の整備は、莫大な費用がかかる途方もないものであるが、災害時に稼働しないリスクを軽減するための、バックアップの意義を持たせた整備であった。実際の震災時も1台は作動せず、もう1台が稼働したことで、危機を乗り切っているのであるから、リスクマネジメントの基本を守っていたことが重要であったといえる。

仙台の透析のすべてが一時的にここに集中しているのであるから、前述の水道局がもつ公共の福祉の意味合いと同等か、あるいはそれ以上に支援すべき理由があったことになる。

災害による透析不能期間は、ほぼライフラインの途絶期間と一致することが今回の震災でも証明された。そうであれば、地域透析基幹病院に十分な量の自家発電機を設置し、その期間だけ医療資源と水資源を集中投入することを推進し、そしてライフラインの再開通とともに、各施設での透析再開を目指す形—共助レベルのライフライン確保—を目指すことも、この問題の解決へ向けての選択肢となるであろう。

今後の検討課題として、地域共助としての議論が必要であろう。最優先の支援を受ける権利を得るための体制作りが欠かせないことを、今回の事実は示していると思われる。

■参考文献

1) 赤塚東司雄：透析室の災害対策マニュアル。メディカ出版、大阪、2008

- 2) 青柳竜治：災害に学ぶ—過去から (3) 2004年新潟県中越地震②透析医療の支援について。臨牀透析 22 :1499-1504, 2006
- 3) 赤塚東司雄：能登半島地震 2007—適切な災害対策により防止された被害の記録—。日透析医会誌 22 : 365-376, 2007
- 4) 木村朋由, 佐藤壽伸：東日本大震災における透析医療被災地・宮城県、透析拠点病院からの報告。医学のあゆみ 239 :307-309, 2011

施設損壊への対策

これだけの規模の震災でありながら、操業不能施設数314のうち、地震による施設・機械の損壊による操業不能は64(20.3%)施設にとどまり、大半が停電・断水によるものであった。前述したごとく停電・断水に代表されるライフライン障害は自動によって回復できる部分が少ないことから、透析施設にとって重要なのは施設損壊による透析不能の状況の分析と考えられる。

もしこれをほぼ完璧に防止できる対策が講じられれば、透析施設は基本的に、ライフラインの回復とともに操業回復が可能となる、といえるはずである。

今回の平成23年東北地方太平洋沖地震以前の地震被災(平成7年阪神淡路大震災以降、平成15年十勝沖地震、平成16年新潟県中越地震、平成19年能登半島地震、平成19年新潟県中越沖地震、平成20年岩手宮城内陸地震まで)による透析医療における施設被害の調査記録によれば¹⁾ おおむね表20に示す4つの対策が取られている場合、震度6強までの揺れに対してはほぼ対応でき、操業不能となるような被害は出ていないことが報告されていた。

今回の施設調査においては、日本全国においてこれらの対策の実施状況、並びにそれによる被害発生あるいは防止状況も調査した。

●東日本大震災学術調査結果の概略

ベッドサイドコンソールの地震対策について震災時と年末時の両方に回答のあった施設は3,562施設であった。震災前の地震対策なしと回答した施設は8.5%、震災後は7.6%とほぼ変わりがなかった。フ

表 20

1981年の新耐震をクリアしている建築物内に透析施設がある場合、以下の4つの対策のみで震度6強までの地震被災は完封でき、操業不能にはならない

1. 患者監視装置のキャスターはFreeにする。
2. 透析ベッドのキャスターはロックしておく。
3. 透析液供給装置、ROはアンカーボルトなどで床面に固定する。^{*1**2}
4. 透析液供給装置、ROと機械室壁面との接合部は、フレキシブルチューブを使用する。

*1 固定が困難な場合、免震台に載せる

**2 震度7に対しては、天井からの吊下げ固定の併用が有効

ロア設置型のコンソールでは8割以上の施設がキャスターのロックをしていなかった(図12)。患者ベッドのキャスターロックについては震災時と年末時の両方に回答のあった施設は3,559施設であった。ベッドにキャスターのある施設では9割以上でキャスターロックがされていた(図13)。

RO装置・供給装置の地震対策について、震災時と年末時の両方に回答があった施設は3,517施設であった。地震対策なしと回答した施設の割合は震災時54.0%、年末時49.9%とごく僅かに低下した。地震対策はアンカーボルト固定が最も多く、震災時で30.0%であった(図14)。また施設損壊が原因で操業不能となった64施設に限って分析すれば、RO装置、供給装置の地震対策なしと回答した施設が34/64施設(53.1%)であった。

透析液供給装置類配管の材質について震災時と年末時の両方に回答があった施設は、3,486施設であった。配管材質について震災前後で大きな変化はなかったが、地震被害に弱いとされているステンレスチューブと塩ビチューブは50.2%が使用と報告された(図15)。

今回のデータを解析するにあたって、施設機械の損傷による操業不能が、①これまでに提唱されてきた災害対策を行っていなかったことが原因であるのか、②災害対策を行っていてもそれが有効でなかったために操業不能となったのか、③あるいは、今回の震災特有の事情(長周期振動など)があるのか?を解き明かすことが、防災上の観点では有益であることが予想される。赤塚^{2,3)}によれば、透析施設の保全と地震震度については以下のような相関性があることが過去の震災の調査から報告されている。

- 1) 建築物の耐震性：昭和56(1981)年の新耐震基準を満たしている建築物において、表20に示す4つの対策を実施することで、震度6強までの地震による被災はほぼ防止できる。
- 2) ライフライン障害および極度に悪化した地盤の影響：これらの対策を講じていても、透析設備の損壊以外の別の原因により(停電、断水等ライフラインの途絶、あるいは特別に地盤が悪く揺れが増幅されるなどの特殊条件)表に示すような比率で、操業不能となることも示されている(表21)。

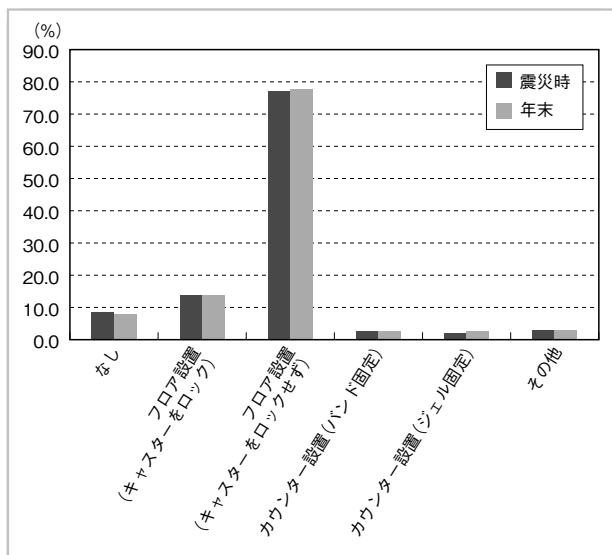


図12 ベッドサイドコンソールの地震対策

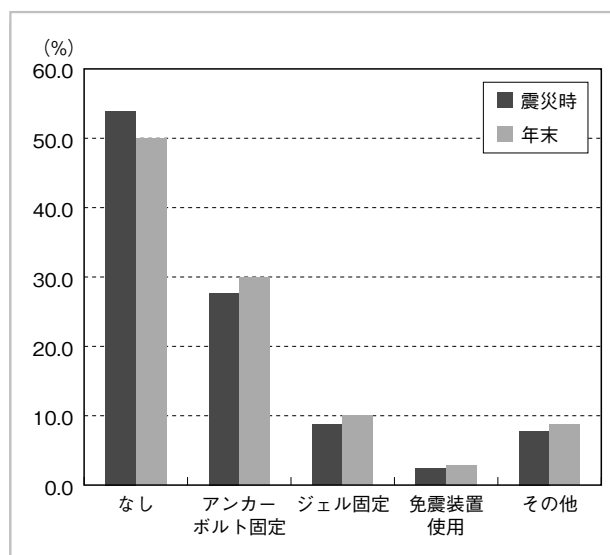


図14 RO装置、供給装置の地震対策

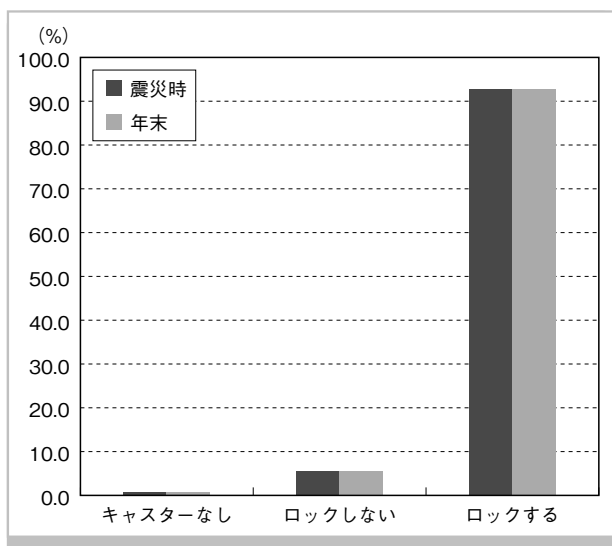


図13 患者ベッドのキャスターロック

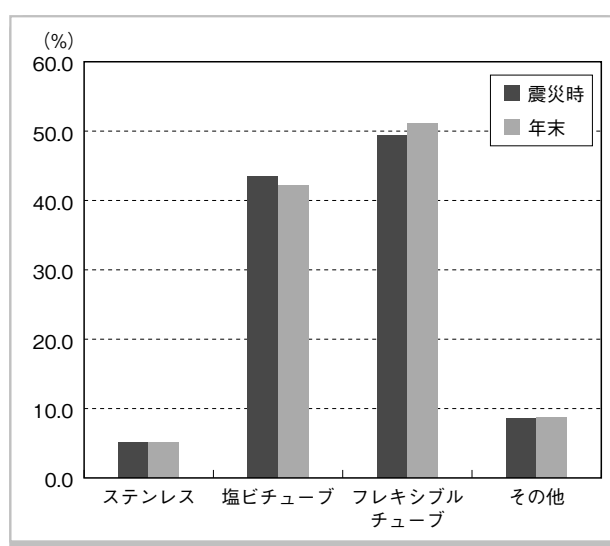


図15 透析液供給装置類配管の材質

3) 震度と操業不能日数の関連：過去の震災において震度6弱では、どのような被害（津波などの特殊事情は除く）であっても操業不能が3日以上続いたことはなかったこと、震度6強でも施設損壊と停電・断水のすべてが揃っている場合に、操業不能は長期化することが示されていた。

以上、過去の事例調査の総括をもとに、今回の統計調査の情報をさらに詳細に解析検討した。地震被災のとき、施設被害を決定づける配管は、機械と壁面の接続部の配管であることが過去の調査でわかっている¹⁾。今回、RO装置と壁面の災害対策に関する東日本大震災学術調査の結果における宮城県の回

表21 震度と透析室被災の相関関係

震度	被害状況
震度5強	基本的に深刻な透析室被害は出ない。
震度6弱	非常に狭い地域で、一つないし二つ程度の透析室が短期間（2～3日）透析不能になる可能性がある。
震度6強	より広い範囲に存在する複数の透析室が、一定期間（一週間から二週間）透析不能になる可能性が高い。
震度7 巨大津波	襲われた地域の大半は、施設建物が大きく被害を受け、崩壊してしまうケースもある。ライフラインの遮断も長期化するために数十の施設で数千人レベルで（阪神大震災1,500人が支援透析を必要とした）、更に長期の（最大一ヶ月から二ヶ月程度）透析不能期間となる可能性が高い。

答をみると、ステンレスチューブ2、塩ビチューブ19、フレキシブルチューブ36となっており、フレ

キシブルチューブの普及率が67%にすぎないが、平成23年8月宮城県腎臓協会、宮城県透析医会が別に調査した結果では、「機械と壁面との接続部配管におけるフレキシブルチューブの採用率」49/54(90.7%)とは23%もの乖離がある。

この結果の違いは、東日本大震災学術調査では、接続部を含む機械室の配管すべての材質について質問しているのに対し、宮城県の調査では透析液供給装置・RO装置と壁面との接続部の材質についてのみ質問していることから生まれたものと考えられる。

もし今回の調査結果が、この誤解に基づく回答の偏りによる影響をうけていると、結論そのものに影響が及んでしまうことが予想されたため、このことについても追加調査を行うこととした。

表22に東日本大震災学術調査において実際に、操業不能に陥った314施設へ行った追加調査の結果をまとめた。

フレキシブルチューブは基本的に壁面と機械との接続部の配管をつなぐものであるから、両者を重複採用していると解答した施設は、壁面と機械の接続部をフレキシブルチューブで、壁面のみの配管に塩ビを採用していたと考えるのが妥当である。よって接続部のみに限った配管採用状況は東日本大震災学術調査の初回調査の回答からは、フレキシブルチューブ184施設(58.4%)、塩ビチューブ112施設(35.5%)と推定された。また施設損壊が原因で操業不能となった64施設に限って分析すればフレキシブルチューブ採用施設が34施設(53.1%)、それ以外(塩ビチューブ、ステンレス、あるいはその他)採用施設が30施設(47.0%)であった。

今回の震災における地震の揺れの大きさからすると、施設損壊による被害が相当小さくなっており、フレキシブルチューブの実際の普及率は、もっと高いことが予想された。

●東日本大震災学術調査結果追加調査による検討

初回調査では地震による施設・機器の損壊とひとくくりにしてきた関係上、透析室インフラの損壊なのか、建物の損壊なのか、それ以外の配管の損壊なのかが区別できなかったため、これに関しても追加調査を実施し、施設機器損壊の状況を詳細に調査し

表22 追加調査前後のRO供給装置と壁面接続部配管の材質

操業不能 314施設における RO供給装置と 壁面接続部 配管の材質	ステン レス	塩ビ チューブ	フレキシ ブル チューブ	その他	不明
追加調査前の 回答 (重複あり)	15	132	168	29	3
		38.0%	48.4%		
追加調査後の 回答 (一部重複あり)	6	92	218	1	0
比率(%)		29.0%	68.8%		

表23 操業不能、施設透析機器損壊あり施設の塩ビ採用率(RO供給装置への地震対策があるケース、ないケース両者を含む)

	塩ビ		フレキシブル	
操業不能 314施設	92	29.0%	218	68.8%
施設 or 透析機器損壊有り 69施設	29	42.0%	40	58.0%
透析機器のみ損壊有り 33施設	17	51.5%	16	48.5%

表24 RO供給装置への地震対策がない場合における機器の移動損壊の有無(RO供給装置への地震対策があるケースを除く)

全169施設	RO移動 無し 損壊無し	RO移動 ありも 損壊無し	RO移動 あり 損壊有り	合計
塩ビ チューブ	35	12	16	63
	55.6%	19.0%	25.4%	100%
フレキシブル チューブ	65	42	2	109
	59.6%	38.6%	1.8%	100%

1. 塩ビチューブは、揺れによる移動がRO供給装置の損壊に直接結びつく。
2. フレキシブルチューブはROの移動があっても、ほとんど機器の損壊には結びつかない。

た。

追加調査により得られた結果は当初予想を上回る率で訂正され、フレキシブルチューブ168⇒218(48.4⇒68.8%)、塩ビチューブ132⇒92(38.0⇒29.0%)となり、くしくもフレキシブルチューブへの訂正率は20%増と、宮城県での調査結果とほとんど同じ結果となった(表22)。誤解を解消することで得られた結果は、少なくとも被災した地域

表25 接続部配管の材質別損壊数・損壊率

配管材質	損壊あり	損壊なし	損壊率
フレキシブルチューブ (KC ホース・PVDF・シリコン含む)	2注***	209	0.95%
塩ビチューブ	23注**	75	23.5%
ステンレスチューブ	1	4	20.0%
合計	26	288	8.3%

注**：この損壊あり23という施設数は、表24のRO供給装置に対する地震対策がなくて損壊した16施設にRO供給装置への地震対策があるにも拘わらず損壊した7施設を加えた数。地震対策があるとなかろうと損壊した施設すべてを抜き出した数値である。

注***：それに対し、フレキシブルチューブの損壊あり2は、表24と同じ数値となっている。これはフレキシブルチューブ採用施設では、RO供給装置の地震対策を行った施設においては、損壊しなかったため、表24と同じ2となったものである。

の透析施設では、地域差はあるものの60～90%の率で、フレキシブルチューブは受け入れられ、採用されていたことがわかる。

次に、当初64施設とカウントされた施設・透析機器損壊有りの施設数は追加調査において69施設に増加した(表23)。そしてこれらの特徴的な群間(操業不能314施設、施設or透析機器損壊あり施設69施設、透析機器のみ損壊あり施設33施設)での塩ビとフレキシブルチューブの採用率を比較していくと、透析機器損壊被害に絞られていくほど、塩ビの比率が高まっていくことが証明された。

さらに、RO供給装置への地震対策がない場合における機器の移動、およびそれによる損壊被害の発生率をまとめた(表24)。この表において明らかになったのは、フレキシブルチューブのまさに優秀なフレキシビリティである。地震の揺れによって機器が移動する率は塩ビ：フレキシブル＝44.4%：40.4%とほとんど差がないにもかかわらず、移動した機器の損壊率は塩ビ：フレキシブル＝25.4%：1.8%と、フレキシブルチューブの圧倒的なフレキシビリティが示されている。

さらに特異的な結果は、移動したROの損壊率はフレキシブルチューブにおいて、損壊なし：損壊あり＝42：2＝95.5%：4.5%となり、フレキシブルチューブを採用すれば、機械が完全に転倒してしまうほどのことがない限り地震の揺れで大きく移動したとしても、配管は損壊しないことが示されている。

表26 塩ビで損壊した23施設の分析

震度	6強	6弱	5強	5弱	4
	8	4	7	4	0
建築時期	1971年以前	1972-1980年	1981-1990年	1991-2000年	2001年以降
	2	3	4	7	7
RO供給装置の地震対策	床固定なし	アンカーボルト固定	ジェル固定	免震装置	その他
	16注**	4	2	1	0

注**：この床固定なし16という施設数は、表24のRO供給装置に対する地震対策がなくて損壊した16施設と同じ意味である。

また塩ビチューブは、機器の移動が直接損壊に結びつくことも示されている。塩ビチューブで損壊しなかった12件の平均移動距離は、わずか数センチ(1～3cm)であり、10cm動けばほぼ間違いなく損壊していた。

塩ビチューブの危険性は表25でも示される。RO供給装置の地震対策の有無にかかわらず、配管が損壊した施設を示すと、全26施設のうち23施設が塩ビ採用施設であった。

さらに表26において、塩ビで損壊した23施設の震度、建築時期、RO供給装置の地震対策の有無で検定してみた。明らかな有意差を認めしたのは、RO供給装置への地震対策の項における、床固定なし、だけであった。

● RO・供給装置の床面固定と配管のフレキシブルチューブ化の徹底による透析室防災の向上

次に、被災の多かった宮城県、福島県、茨城県の平均震度と4つの対策採用率を比較してみた。宮城県、福島県、茨城県の3県の全透析施設の所在地と、気象庁発表の計測震度(詳細な各都市・各街区別の震度)を突き合わせ、全県の平均震度を計算したのが、表27である。

この表より、宮城県の平均震度は5.95～6.05を示しており、震度6弱～震度6強に相当した。それに対し茨城県は平均震度5.38が示され、震度5強に相当した。平たくいうと、透析室所在地の加重平均で宮城県は県全体が震度6弱～6強で揺られ、茨城県は震度5強で揺れたことを示しているのである。

表 27 3 県の透析施設の計測震度と平均震度

	震度 4 <4.0-4.4	震度 5 弱 <4.5-4.9	震度 5 強 <5.0-5.4	震度 6 弱 <5.5-5.9	震度 6 強 <6.0-6.5	震度 7 <6.6	平均震度
宮城県			4	12	35	3	5.95-6.05*** (6 弱～6 強)
福島県		6	15	24	18		5.63 (6 弱)
茨城県	1	6	11	44	17		5.38 (5 強)

宮城県と茨城県の平均震度は震度階で 1-2 段階違う

*** 仙台市の測定震度の分布の解釈の相違で測定値が変わる

表 28 3 県の透析施設の 4 つの対策の実施率と機械の損害率

	RO・供給装置 の床面固定	配管フレキシブル チューブ化	監視装置	患者ベッド	機械の損害率
宮城県	92.5%	92.5%	87.8%	85.2%	14.3%
福島県	73.2%	58.9%	90.9%	86.2%	26.4%
茨城県	43.8%	50.0%	85.8%	93.3%	11.4%

宮城県と茨城県の機械損害率は有意差がない

宮城県と茨城県の RO・供給装置固定、配管フレキシブルチューブ化は有意差がある

表 29 主要被害県の操業不能施設における操業不能原因と施設数の関係 (重複あり)

	対象 施設数	施設機器 の損壊	停電	断水	津波/ 原発
岩手	13	3	11	3	2
宮城	45	11	42	33	2
福島	35	17	6	22	10
茨城	52	10	33	46	1
栃木	20	8	18	7	0

1. 宮城は震度が強かったのに比して、施設損壊数が少ない。
2. 福島は停電の理由が非常に少ない (停電率が非常に低かったのも原因)
3. 茨城の操業不能原因は、ほぼすべてライフライン (特に断水。極端に悪い地盤)

そして表 28 では、4 つの対策を各県どの程度採用していたかがわかるように表記した。宮城県の RO・供給装置固定率 92.5%、配管のフレキシブルチューブ化 92.5% と非常に高率を示している。それに対し、茨城県は同 43.8%、50.0% と採用率は非常に低かった (P < 0.001: 有意差がある)。ほかの要素である患者監視装置のキャスターフリー、患者ベッドのキャスターロック採用率は、どの県もすべて高率に採用されており、有意差はまったくなかった。

そのような条件の違いがあるにもかかわらず宮城県と茨城県の透析機器の損壊率はほぼ同等で、有意差が認められなかった。ちなみに建物の建築時期についても、透析施設ごとの加重平均を取って比較したところ、宮城県と茨城県の透析施設の建築時期に

表 30 施設・透析機器損壊施設の建築時期

建築時期	該当数	全対象 314 施設中の 占拠率	損壊率
1971 年以前	4	9	44.4 (%)
1972-1980 年	21	46	45.7
1981-1990 年	11	53	20.8
1991-2000 年	16	84	19.1
2001 年以降	17	122	13.9
合計	69	314	22.0 (%)

1981 年以前と 1982 年以降では明らかかつ有意な差が存在する。これは 1981 年の建築基準法新耐震基準の実施が関連していると考えられる。

についても有意差は全くなかった。

宮城県のほうが震度にして 1~2 段階大きく揺れているにもかかわらず、機械の損壊率がほぼ同等であった原因に関しては、RO・供給装置の固定率と配管のフレキシブルチューブ化以外には、一切有意差は認められなかった。つまり、宮城県の有意に低い施設損壊率をもたらした要素は、RO・供給装置の床面固定と配管のフレキシブルチューブ化の徹底である、と結論づけられたのである。

次に主要被災県 5 件の操業不能施設における操業不能原因と施設数の関係を調査した (表 29)。結果からは以下のような特徴が導かれた。

1. 宮城県は震度が強かったのに比して、施設損壊数が少ない (茨城県、福島県より全県平均震度が大きかったのに、被害は同等あるいは

それ以下であった)。

2. 福島県は停電による操業不能が非常に少ない(県全体の停電率が非常に低かったのも原因)。
3. 茨城県の操業不能原因は、ライフライン被害、特に断水が原因である。極端に悪い地盤が関係している。

●昭和56(1981)年建築基準法新耐震基準

透析機器の損壊についての比較は十分(すぎるくらい)に行ったので、建築時期と施設損壊の関係についても記述する。表30に示すごとく、操業不能314施設に関して、その建築時期との相関性を調べてみた。

建築時期は、建物の損壊率に大きく影響するのは当然ではあるが、透析機器の損壊とも密接な関連がある。建物が古く、耐震構造に問題があれば、揺れは激しくなり、透析機器そのものにも、その配管の損壊をも大きくするからである。

そして表30で非常に興味深いのは、昭和55(1980)年ころを境に、施設透析機器損壊率は、急激に悪化し、それ以後のほぼ2倍以上になっていることである。統計学的にも明らかな有意差があるのだが、その理由は建築学的には自明とされている。

それは昭和56(1981)年の「建築基準法新耐震基準」を満たした建物は、それ以前の建物に比較して、明らかな耐震優位性があるとされているのである。新耐震基準にあった建物の優位性は、この表によっても裏付けられる。

4つの対策に関して、昭和56(1981)年の新耐震をクリアしている建物、という表現が最初から使われている理由は、まさにこの耐震優位性にあり、今回の震災でゆるぎないエビデンスとなったと考えられる。

ここまで分析してきた結果は、ほぼこれまでの定説に新たな保証を与えるものといえるが、それでは透析室インフラの損壊などの大きな被害が出た場合は、どのような問題点を洗い出せばよいのであろうか。

- ①昭和56(1981)年以前の建築物で、新耐震基準を満たしていない。
- ②透析液供給装置、ROをアンカーボルト固定していない。

- ③RO・供給装置と壁面の接続部配管に塩ビを使っている。

などの透析室災害対策を実施しているかどうかの点検が最初に必要なことが、ほぼ証明されたであろう。

●長期操業不能と短期操業不能

次に、操業不能314施設についてさらに検討を加えたほうがよい事項は、長期操業不能と短期操業不能についての考察である。この章の最初に提示した表1、2で述べたごとく、操業不能は3日以内で収束するか、4日目以降になるかで非常に大きな違いが出る。このままこの地にとどまってよいのか、遠隔地への避難が必要か？ それらはすべて、この3日を境目とする災害の収束予測が大きく関連する。

そして、表9でも示したように地震被害において、透析施設の操業不能の原因は、せんじ詰めれば、①ライフラインの毀損80%、②施設損壊15%、③供給能力の低下2~3%、④原発・津波による特殊な事象2~3%、の4つの問題に収束する。それでは、今回操業不能となった314施設が操業不能の原因と指摘した事項と、操業不能日数の間に相関性があれば、長期操業不能に対する寄与率が示せるはずである。

表31を参照すると、原発事故・津波が原因で操業不能となった場合、長期操業不能となるのは必発であることがわかる。これはある意味予想通りの結果である。原発事故で長期避難を強いられたり、職員が不在となったり、あるいは津波で流されたり、床上まで水没したりした施設は容易なことで復旧できるものではない。これまでには指摘されたことのない被害の様態である。

次に長期操業不能寄与率が高かったのは、施設損壊であった。建物が完全に崩壊した仙台市の施設の操業不能が長かったので、この施設の影響が大きいとも考えられたが、施設損壊した施設においては平均値のみならず基礎的統計量・標準偏差なども、他の要素と有意な差がなかった。以上のことから施設損壊の防止は、災害対策としてやはり最重要なポイントを占める問題であることがわかる。

表 31 4日以上の長期操業不能 92 施設における各原因の操業不能寄与率

	長期操業不能施設があげた原因	平均操業不能日数	操業不能 314 施設があげた原因 注 ****	寄与率 注 *****
停電	27	10.1	217	12.4 (%)
断水	53	11.1	140	37.9
施設損壊	31	26.4	39	79.5
原発事故	10	57.5	11	90.9
津波	3	39.3	4	75.0
透析資材不足	2	原発含	6	
スタッフ不足	2	原発含	6	
合計 (重複有)	128			

注 **** 操業不能 314 施設があげた原因、とは表 2 で示した長期操業不能施設 92 と短期操業不能施設 222 の合計 314 施設のうち、原因として指摘した施設数のこと。停電は 217/314 施設が操業不能の原因と考えたことを示す。

注 ***** 寄与率とは、長期操業不能施設があげた原因 / 操業不能 314 施設があげた原因の比率。それを原因としてあげた施設のどれだけが、長期操業不能施設となったかの割合を示す。

表 32 停電と断水の解消速度

停電・断水のどちらが解消までに時間を要したか	
停電	14
断水	64
両方	21
合計	99

●停電と断水が長期操業不能に及ぼす影響

災害時における最もポピュラーかつ操業不能に影響を及ぼす要素であるライフライン損壊で、代表的な要素である停電と断水は、どちらが長期操業不能に及ぼす影響が大きかったかを、今回数量的に調査した。

表 10 に示したごとく、阪神淡路大震災における兵庫県透析医会の調査結果がある。そこでは、停電は時間単位で、断水は日単位で、ガスは週単位で復旧することが指摘されている。ただし、この調査結果はあくまでも阪神淡路大震災という巨大都市に発生した直下型地震から得られた資料である。はたしてこれが、あらゆる震災に適用できるものかどうかを知る意味でも、今回の調査結果は重要であろう。

前置きが長くなったが、特殊な事情がない限り、やはり巨大津波においても停電は断水よりも早期に解消する。この 4 日以上長期操業不能 92 施設における各原因の操業不能寄与率も非常に高く、ひとたび断水が起きれば、多くは 4 日以上停電を余儀なくされるのである。

追加調査においても、停電と断水両方を原因として挙げた施設への質問で、どちらが先に解消した

表 33 過去の震災で配管損傷を起こしたことの無い震度 5 強、5 弱で発生した配管損傷

震度	6 強	6 弱	5 強	5 弱	4
	8	4	7	4	0
建築時期	1971 年以前	1972-1980 年	1981-1990 年	1991-2000 年	2001 年以降
	2	3	4	7	7
RO 供給装置の地震対策	床固定なし	アンカーボルト固定	ジェル固定	免震装置	その他
	16 注 **	4	2	1	0

注 **: この床固定なし 16 という施設数は、表 24 の RO 供給装置に対する地震対策がなくて損壊した 16 施設と同じ意味である。

か? と尋ねてみた。

結果は表 32 に示した通りで、圧倒的に停電が早く解消する。両方同時と答えた施設も 21 あった。

阪神淡路大震災においても、東日本大震災においても、はやく停電が解消していっており、長引いたケースは特殊な場合に限られる、という知見は非常に重要な知識として理解しておくべきである。

●長周期振動による被害の実態

さて、最後の分析であるが、今回の震災でも一つ特徴的な事実があった。表 26 で示した「塩ビで損壊した 23 施設の分析」の表の中で、あの段階でわざと触れなかった重大な事実がある。

それは表 33 の最上部の行に示した震度と損壊施設数である。これまでに調査してきた震災（平成 7 年～同 21 年）において、震度 5 強より小さい揺れで、透析施設の配管が損傷したケースは 1 例もなか

った。ところが今回は11例も発生した。これらの施設は大半が東京・神奈川・埼玉などの関東地方であり、ビルの中層階（4～5階から8階、9階）にある施設が多かった（もちろんビル診療の施設がすべて低い震度で損傷を受けたわけではない）。

特に神奈川県の本物の9階にある施設は、被災時の詳細な記録ともいべき書き込みを多量にアンケート用紙の余白に書き込んでくれたのだが、その記述内容は実に興味深いものであった。

それは私たちが今まで経験したことのない、長周期振動によると思われる被害が克明に記されていたのである（実はすでに新潟県中越地震における小千谷市の被害が長周期振動であることがわかっているが、当時はそのようなことには、ほとんどだれも気が付いていなかった）。

長周期振動は、地震波のうち1～2秒から10～20秒にもなる長い周期で揺れる振動のことである。長周期振動は減衰しにくいので、震源から遠い遠隔地に思わぬ大きな揺れをもたらす、さらにそれが高層建築物の固有振動と一致して、建造物を共振させ、急激に振幅を増大させて被害をもたらすという特徴を備えている。

さらに今回の地震では、ねじり振動という特殊な揺れが発生したことから、高層階よりも中層階の被害を大きくした、とされている。この種の揺れに対しては、現在のところ日常診療と合致するような対策はほとんどとることができない。予想もつかない遠隔地で、突然共鳴・共振するビルがどれであるかを事前にも、地震発生中にも予測することなどできるものではない。幸い今回長周期振動で被害が出た施設の操業不能期間は皆短く、早期に操業再開にこぎつけていた。もちろんこれらのビル診療では、4つの対策も一切役に立たない（初めから想定していない）。

だからといって、今回被害が出たビルが次の地震でも共鳴・共振して大きな被害が出るかというところではない。だからそのビルを出ていったほうがいいという結論にもならない。ビルの中層から高層階に透析室を構えるということは、それ自体がリスクである時代となったと考えられる。

■参考文献

- 1) 赤塚東司雄：透析室の災害対策マニュアル。メディカ出版、大阪、2008
- 2) 赤塚東司雄：浦河QQ Index 2006—浦河QQ Index (Quick Quake Index) 2004の改訂一。日透析医会誌 21：413-420, 2006
- 3) 赤塚東司雄、山川智之、椿原美治：透析室地震災害と対策およびその検証について。日透析医会誌 20：211-227, 2005

資源供給能力の障害

前節において目標としたのは、主としてライフライン障害と施設損壊被害という透析医療継続に対する具体的な障害に対して、東日本大震災学術調査結果を用いて、理論的・数量的に有効な対策を明らかにすることであった。

ライフライン障害と施設損壊被害は、すべての災害に共通する基礎的な問題点である。だからその分析結果は、今回の震災のみならず、わが国において発生する地震災害すべてに共通点を明らかにするために必要なものである。

しかし、同時に今回の東日本大震災における被害の様相の中で、これまでの災害では指摘されなかった新たな問題が浮かびあがってきた。それが本節で扱う「資源供給能力の障害」である。

ここでは、われわれがこの20年間の間に経験した最も巨大で対処困難な二つの災害のうち、もう一つの巨大災害である阪神淡路大震災における資源供給能力の障害の実態を比較しながら、東日本大震災におけるそれを明らかにすることを試みた。前節までが、災害としての共通点をさぐるものであるとすれば、今節では特異点をさぐるものであるといえる。

二つの災害をここでは以下のように分類した。

1. 都市型災害 平成7年の阪神淡路大震災
2. 巨大津波 平成23年の東日本大震災

二つの災害は以下に示す理由で非常に特徴的といえるものでもある。

1. その発生地域による特徴（巨大都市に集中的な被害をもたらした都市型災害。これまでに経験のないほど広大な地域全体に、対処不能の被害をもたらした広域災害）
2. その被害の様相（巨大都市の全域が震度7の激しい揺れに見舞われることで発生した建築物の大規模な損壊。東北地方全域を襲った巨大津波による広域被害）

現代の日本においてこの二つの災害の特徴を明らかにすることは、ほぼすべての災害への一応の回答が得られるほど大きな意義をもつものである。この章で阪神淡路大震災について、概括的に取りあげ、そのうえで、IV. 資源供給能力の障害に絞って比較

検討したのは、そういう意図があつてのことである。

東日本大震災の項において取りあげる資源供給能力の障害は、被災地域の復旧・復興を阻害した重油不足による支援の停滞、通信障害に加え、透析医療にとっては透析機器・腹膜透析機器のデリバリーの問題である。

震災においては起こりうる障害であるが、阪神淡路大震災において、初めて報告を認めるものの、これまでの災害ではこの問題の報告は散見されるものの、今回ほど強調されることはなかった。

1. 阪神淡路大震災における物資供給と障害

阪神淡路大震災発生後、神戸市内約50の透析施設が透析不能となり、自施設で透析を受けることができなくなった患者は3,000名に上った¹⁾。透析操業不能原因の大半は断水である（これだけの災害にもかかわらず、意外にも停電は80%以上が翌朝までに回復しており²⁾、原因の大きな部分を占めていなかった）。透析不能施設は、神戸市の広範囲（中央区・兵庫区・長田区・須磨区・灘区・東灘区の主要都市部のほぼすべて）阪神間各都市（宝塚市、西宮市など）に及ぶものであった^{2,3)}。

震災発生直後の混乱状態の中では、通信網が途絶していたことが原因で、どの施設がどういう理由で透析不能となっているか、どこが透析可能な状態にあるのか、などの地域情報は、阪神間の被災施設にはなかなか広がらなかった。透析施設自ら情報収集をする手段がほとんど奪われてしまった中、機動性のある透析機器メーカーや医薬品卸業者の地区担当者など透析関連業者が震災翌日から精力的に情報収集活動を始めていた^{2,4-6)}。

彼らの活動や、あるいは断片的ではあるけれども各透析施設間の通信網の回復の結果、徐々にではあるけれども、震災後の状況がわかってきた。大阪府内の透析施設はほぼ無事であること、神戸市内でも北区・西区などの一部は透析可能であること、など震災の実態が明らかになるにつれ、透析可能な地域の情報は集積されてゆき、それは患者間にも広がっていった。

しかし、透析施設情報や患者の移動などをコーデ

イネートする仕組みがなかったため、これらの情報は組織的に広がることはなく、施設間の個人的な関係や、さまざまなルートから偶然知り得た情報をもとに、患者は自力で透析可能な施設を求めて各地へ散らばってゆくことになった^{5,7)}。

支援を受けることが必要となったとき、阪神間に居住する人々の意識の常として、情報収集のベクトルは東にある大阪に向かった。少ないながらも得られた情報の大半は大阪方面に偏ったため、神戸芦屋西宮の患者たちは、被災して通行もままならない阪神間の道路をぬけて避難せざるをえなかった。

大阪側の資料によれば、当時兵庫県下44施設、587人の透析患者を、大阪府下83施設で受け入れているとされる^{8,9)}。この一施設あたり7人程度の受け入れ人数という数字は、それが組織的な支援といえるものではなく、各個人がつてを頼って、情報を得ながらてんでばらばらに行ったものであることを物語るものである。

もし仮に、当時兵庫県全域の情報が集約され、組織的支援体制が組み立てられていたら、兵庫県西部の姫路方面は無傷で、通常通りの透析支援を十分に行える

ことを情報として伝達できた可能性が高い。交通機関も正常に動いており、激しい渋滞の中を大阪へ向かう必要がなかったことは、20年が経過しようとしている今日でも兵庫県透析医会では議論される。組織的支援体制が組まれないことによるデメリットは、広く患者にも施設にも及ぼすことが、阪神淡路大震災の当時の被災地、被災者、被災施設共通の認識となった⁵⁾。

大阪ルートとは別に、神戸市北区ルートも透析患者支援における重要なものであった。神戸市でも北区は六甲山系の裏側、裏六甲の高原地帯にあるため、地盤が強固で阪神淡路大震災のすさまじい揺れに完全に耐え、ほとんど大きな被害を受けることはなかった(図16)³⁾。停電も早期に復旧し操業可能であることは、いち早く彼ら透析機器メーカー・薬剤卸地域担当者の知るところとなった。彼らからの情報提供を受けた中央区・灘区・長田区などの透析不能施設とその施設の透析患者は、海岸側から有馬街道を遡って、続々と裏六甲へ30分~1時間程度で避難した(図17)。

断水で透析不能となった1施設を除いた当時の神

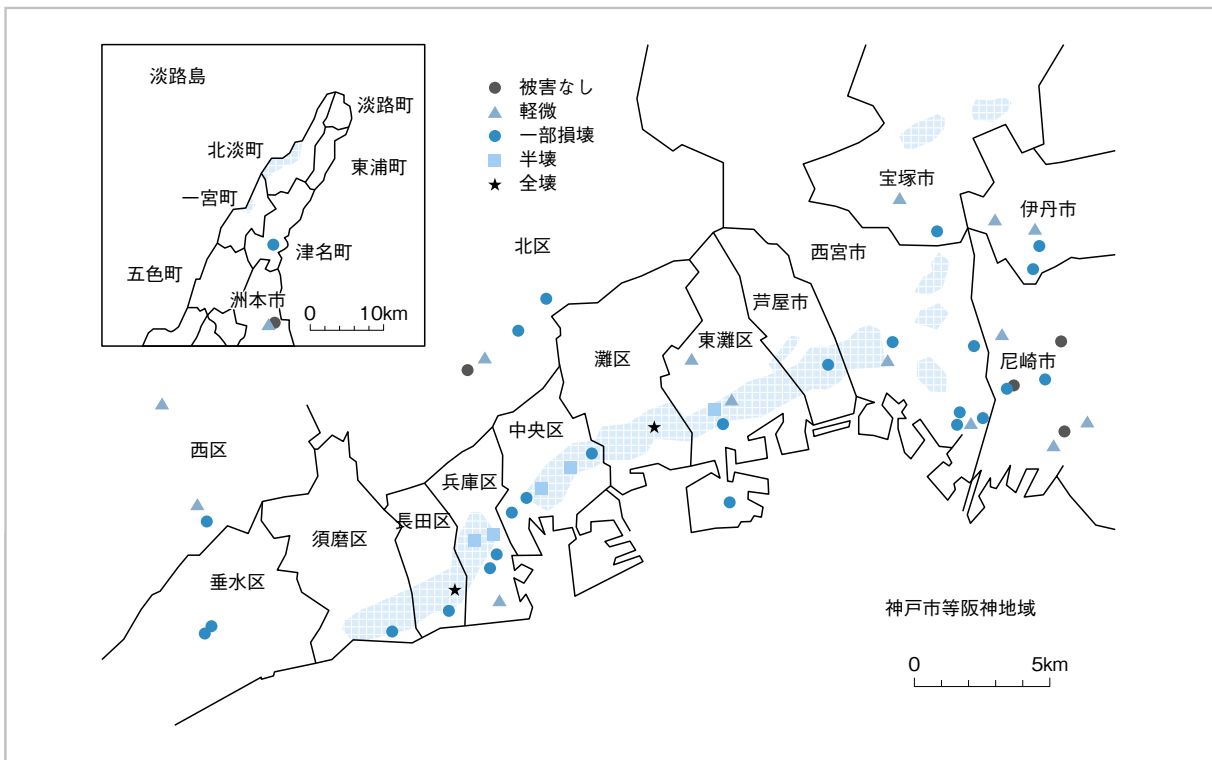
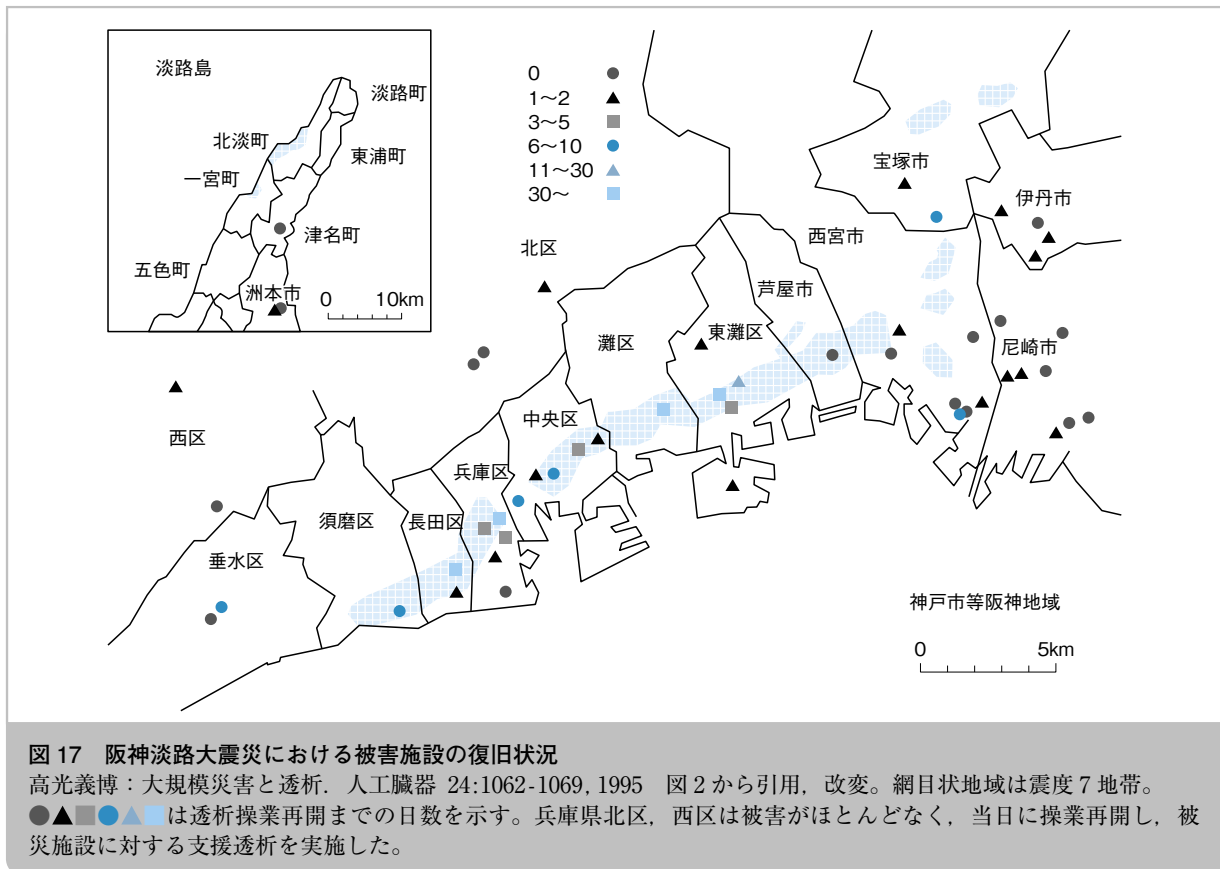


図16 阪神淡路大震災における施設の被害状況
 高光義博：大規模災害と透析. 人工臓器 24:1062-1069, 1995 図1から引用, 改変。網目状地域は震度7地帯。
 ●▲●■★は阪神淡路大震災での被害状況を示す。兵庫県北区、西区の被害がほとんどなかったことがわかる。



神戸市北区の全透析施設（済生会兵庫県病院，社会保険神戸中央病院や三田寺杣医院【現赤塚クリニック】など）は，被災して逃れてきた平常時の二倍以上の透析患者をすべて受け入れ連日の支援透析を行った。一気に必要量が増加したダイアライザーや回路などの透析機器，およびパウダーがなく液体・液体の大量の透析液は，物資としてのボリュームが大規模であるため，調達に困難を伴うはずだった。しかしここでも透析機器メーカーや卸業者が自発的に続々と大量の物資を運び入れたため，職員は朝出勤とともに山積みとなった支援物資の山を仰ぎ見るようになった【神戸市北区への患者の避難状況は，文献としては未発表。当時の担当医，担当技士からの聞き取り結果による。談話：寺杣一徳（三田寺杣医院）談話：足立陽子（社会保険神戸中央病院）兵庫県災害対策合同委員会 2013（平成 25）年における談話 山本隆行：済生会兵庫県病院】。

この状況は，後述される東日本大震災時の岩手県における，各業者の震災対応に酷似している。この時の体験が財産として，透析メーカー・卸業者の中に蓄積され，今回生かされたことがわかる。

また現在では透析医薬品メーカーに名を連ねる大手ビールメーカーは，工場の商品製造をストップし，ビール瓶に水だけを詰めて，京都からすべての輸送トラックを，あるいは所有する給水車のすべてを，神戸へと振り向けた¹⁰⁾。震災時の自発的で無私のオールジャパンの支援体制は，当時も今も変わらないものである。

阪神淡路大震災の交通傷害で最も強調されたのは，一般の救急患者の被災地からの搬送の障害である。六甲山系が海の近くまで迫る神戸においては，平野部における東西の交通ルートが狭小であり，倒壊した建築物や乗り捨てられた自動車などが，大量の障害物となった。大きな被災を免れ支援可能であった大阪への救急搬送に，大きな支障があったことが多く報告されている^{11,12)}。

しかし被災地への物資の搬送デリバリーについては，ほとんど問題とならなかった。1月の極寒期にもかかわらず，避難所では発災初日以外は，十分な支援が得られた。十分な灯油が供給されて暖房が入り，暑くて外へ出なければならないこともあったことや，食料が溢れていて困ったことがなかった，と

いう証言もみられる⁵⁾。このように人も物資も、ある程度自らの思う方向への移動が可能であったことに比較すると、今回の東日本大震災の状況との違いが鮮明になる。

当時はボランティア元年と呼ばれた¹³⁾。それまでボランティアという言葉も概念も知らなかった日本人が、じっとしてられない気持ちから奮い立ち、運行を停止した阪急電車の線路上を大阪から西へ向けて、徒歩で被災地へ向かう姿が新聞上に踊っていた。しかしそれは言い換えれば、被災地神戸へのアクセスが実は非常に容易であって、徒歩で行くことすら可能であったことを言い換えたともいえる。自衛隊でなくとも、あまつさえ米軍でなくとも、誰もが自由に支援物資を抱えて被災地神戸へ入ることができたのである。

当時のデリバリーに関して一番問題となったのは、日本の物資の大動脈ともいえる大阪神戸間のアクセス障害のため、被災地神戸を通過して物資を西から東へ、東から西へ運搬できないことによる流通障害についてである¹⁴⁾。

全国展開する企業は、工場や拠点、倉庫などを最低でも西日本と東日本の二箇所に分散する必要性がリスクマネジメントして指摘されたのである。

被災地へ物資が届けられないということは意識すらされなかった。被災地へ行くことが問題とならず、被災地を通過できないことが問題として語られた。阪神淡路大震災ですらそうなのであるから、他の災害ではほぼ何の問題にもならなかったのである。

■参考文献

- 1) 関田憲一：阪神・淡路大震災における兵庫県下透析施設の被害状況。兵庫県透析医学会誌 8:43-55, 1995
- 2) 高光義博：災害と透析。透析医学, 58-64, 1998
- 3) 高光義博：大規模災害と透析。人工臓器 24:1062, 1995
- 4) 宮本 孝：阪神大震災報告—透析サテライト施設の反省と教訓。平生会宮本クリニック, 西宮市, 1995
- 5) 兵庫県透析医学会災害対策合同委員会議事録 2013, 第4回(未発表)
- 6) 申 曾洙：元町 HD クリニック開院 20 周年記念誌—透析 20 年の歩み—付記 阪神大震災。医療法人社団元町 HD クリニック, 神戸市, 1995
- 7) 岩崎 徹, 宮本 孝, 依藤良一：災害時の透析施設の対応。臨牀透析 12:1489-1493, 1996
- 8) 小中節子：阪神大震災から得るもの 隣接患者受け入れ窓口からの報告。臨牀透析 11:1443-1452, 1995
- 9) 緊急報告 阪神大震災発生後の日本透析医学会, 大阪透析医学会, および大阪の透析施設, 会員などの対応と反省。

大阪透析医学会誌 13:1, 1995

- 10) 斉藤泰敏(キリンビール(株) 社会環境部) キリンビールの危機管理システムと阪神・淡路大震災での対応 (<特集>「企業における危機管理」) Kirin Beer's Crisis Management System and the Company's Response to the Great Hanshin-Awaji Earthquake (Features[Risk Management for Enterprises] 品質 29(2), 31-37, 社団法人日本品質管理学会, 1999-04-15
- 11) 内藤秀宗：災害地基幹病院から—被災から復興へ。腎と透析 39:499-505, 1995
- 12) 内藤秀宗：救急医療と透析医療(基幹病院での経験)。透析会誌 28:1019, 1995
- 13) 関西大学 社会安全学部 菅磨志保：日本における災害ボランティア活動の論理と活動展開—「ボランティア元年」から 15 年後の現状と課題—Logic of and Systems for Volunteer Disaster Relief Activities in Japan—Current Situations and Challenges 15 Years after the "Volunteer Year One"—社会安全学研究 創刊号 55-64, 2011
- 14) 『阪神・淡路大震災から学んだ透析医療現場の災害対策と東日本大震災の支援活動』, 森上辰哉(五仁会元町 HD クリニック臨床工学部), (日本臨床工学技士会災害対策委員会) 日機装株式会社 企業プレゼン『透析医療における災害対策』。

2. 東日本大震災における物資供給と障害

その状況とは打って変わって、東日本大震災においては、被災地への到達そのものが大問題となった。原発事故の影響もあり、被災地への交通そのものが遮断され、政府の管理下で誰もが自由に被災地へ行けない事態が起きた。通行禁止だけではなく、津波被害のため宮城県でも米軍海兵隊が道路を切り開かなければたどり着くことができなかった地域があったこと、そのため物資の供給がまったくできず、燃料不足で氷点下の避難所の状況が報告され、食料不足が極限にまで達した避難所もあった。津波が寸断した沿岸部の交通網の状況は悲惨で、長期間支援を届けられなかった地域が実に多かった。

阪神淡路大震災と東日本大震災の、どちらも未曾有の大災害であるにもかかわらず、資源の供給について大きな問題が生じた原因は何か? と考えれば、それはやはり阪神淡路大震災の被災地が都市部であること、直下型地震による被災面積の狭さ(半径 30km 未満)のおかげで、被災地域のすぐ近くまで到達が非常に容易であったことが有力視される。

大阪神戸間は日本における有数の人口密集地帯であり、物資の集積・備蓄・あるいは充実した供給体

制が元から存在しており、そこから被災地までどれほどの交通渋滞があろうと、徒歩でも物資を運べたことが被災地へのアクセスの違いとなった。

また広域津波により被害を受けた道路の復旧は、都市型災害のごとく障害物を取り除いただけでは終了せず、新たな道路の建設までを実施しないと復旧できない事態もあり、復旧の遅れは比較にならないものがあった。デリバリーの問題は、地域の破壊の質と量が関わっている。

1) 燃料について

被災地での透析維持における燃料確保には、①自家発電機の燃料など施設維持のための燃料と、②患者通院やスタッフの通勤としての燃料の2点に大別される（透析関連資材調達のための燃料確保という側面もあるがこの項では割愛する）。自家発電機の燃料については備蓄の必要性があげられる。そしてその備蓄の問題に加え、足りなくなった燃料のデリバリーが思うに任せないことが、自家発電機を十分役立つものにできなかった原因でもある。

「災害医療等のあり方に関する検討会」の報告書¹⁾では、「災害拠点病院における燃料の備蓄量については、今回の震災による停電の状況に鑑み、3日分程度を確保しておくことが必要」との提言がなされている（あくまでも災害拠点病院に限っての提言であり、一般施設へのものではない）。備蓄場所については自家発電機同様津波被害が想定される地域では、地域のハザードマップ等を参考にして検討することが必要である。

一方、今回の震災におけるガソリン不足は、透析患者移送における問題点となった。広域移送に際してのガソリン確保は、移送に必要な他の要因も加味し行政主導が望ましいが、今回広域移送が行われた宮城、福島の事例からは十分に行政支援がなされたとは言えない結果であった。

さらに被災地内のガソリン不足は、直接の被災を免れ自宅通院が可能であった安定透析患者の通院困難、すなわち透析維持の危機が懸念されるという過去の災害では指摘されなかった状況を作り出した。岩手県における震災14日後の定点調査ではガソリン不足により通院困難が予想される透析患者は約600名にのぼった。特筆すべきは、通院困難患者の約半数が甚大な被害を受けた沿岸地域ではなく、被

害の比較的少ない県北地域の透析患者という結果であった。岩手県の県北地域は県内でも過疎化が進み居住地も遠距離・広範囲に点在しているため自家用車以外の交通手段が脆弱な地域であるといえる。過疎地におけるガソリン不足は都市部より影響が大きい可能性を示唆している結果と思われる。

燃料/ガソリンの継続的な供給には前述の給水と同様の状況（透析医療に対する行政の認識の欠如）が存在する。実際地域全体がガソリン不足で行政も含めパニックの様相を呈している中では、行政に透析患者の特殊性の理解がなければ優先給油の支援を取り付けることは困難である^{2,3)}。逆に理解のある地域における行政支援は比較的円滑に行われた事例も確認された³⁾。

「安定透析患者は救急患者ではないが、生命を維持するために頻回に病院に通院することが必要な医療弱者であること。このような患者は現在国民の400人に1人存在すること。」を、医療側は積極的に発信する必要があるであろう。したがって燃料の確保についても各県の透析医会や各透析施設が一体となった行政や地域の民間業者へのアプローチによる平時からの意思疎通の構築が重要なkeyである。

しかし、同様のことは、今回に始まったことではなく、すでに平成7年兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）において神戸が経験し、その後の震災でも繰り返し強調されてきた事実でもある。そしてやはり理解のある自治体と、そうでないところが混在し、対応への混乱が繰り返されてきたことも、知る必要がある⁴⁻⁶⁾。

燃料と通院の点からは、岩手県ではガソリン不足の中でも燃料としてのガスの不足は生じていなかった。このため患者通院手段としてガスを燃料とする福祉タクシーが大きな役割を果たしたことを追記しておく。

2) 通信手段について

通信・連絡については、連絡網のネットワークの構築とこれを運用するための情報伝達ツールという二つの要点がある。また、災害時の透析医療にはクラッシュ症候群に代表される急性腎不全の対応と安定透析患者に対する慢性透析の維持の側面がある。急性腎不全の対応は災害拠点病院を中心とした救急医療のマネジメントに属すると考えるが、必ずしも

救急患者ではない安定透析患者はこの範疇には入らない。したがって災害時においても透析症例の圧倒的多数を占めるであろう慢性透析に関しては、災害時救急体制とは別系統の透析施設間の連絡網の構築が必要ということになる。

この連絡網で地域の透析情報を包括的に収集し、地域の維持透析のマネジメントを行い、さらに全国ネットワークである“日本透析医会災害情報ネットワーク”との連携がとれる形態が望ましい。日本透析医学会学術調査では災害時の情報収集・通信手段として“日本透析医会災害情報ネットワーク”をあげている施設が1,823施設(51.8%)にとどまっていることは今後の課題である。

被災3県の中で岩手県や福島県ではこのような情報ネットワークの構築がなされていなかったために震災後の情報の錯綜と初期対応の遅れが生じたことは否めない³⁾(福島県では震災後1週間で、“県中県南安達地区透析ネットワーク”や“会津透析ネットワーク”が発足し、これらが福島県の慢性透析の情報伝達やマネジメントに大きく貢献したことを追記する)。

東日本大震災では、NTT(日本電信電話株式会社)固定電話の不通(3月13日:約100万回線不通)、携帯電話の停波(3月12日:停波基地局約14,800局)により²⁾、災害拠点病院の被災状況や患者受入状況等の情報の把握が極めて困難であったとされている¹⁾。

透析施設においても多くの施設でインターネット、固定電話、FAX、携帯電話が一時不通となった。震災後12~48時間で多くの施設では何らかの通信手段が復旧したが⁷⁾、被災現場では外部との連絡手段が断たれ、テレビやラジオによる情報収集のみとなった施設もあった³⁾。

情報伝達ルートとしては全国にネットワークを展開して活動している日本透析医会災害情報ネットワークとのアクセスは非常に重要である。この点より考えると情報伝達手段としてはインターネット(メール)を介した情報伝達が有用であることには論を待たないが、本震災の事例のように既存の通信回線が不通となった場合に備えて、バックアップとしての別な情報伝達手段を検討することは重要である。

宮城県では震災前より全県的にMCA無線が配備

されており情報伝達手段として一定の効力を発揮したとしている³⁾。現時点では衛星回線や無線などがバックアップの情報伝達ツールとしてあげられているが、地域性や機器の配備に要する費用・コスト面の問題もあり、各地域に即した情報伝達ツールの検討が望まれる。実例としては、今回の震災を受けて福島県では基幹病院に衛星回線を配備し周辺施設とMCA無線で結ぶネットワーク、岩手県では全県を網羅するアマチュア無線連絡網のネットワークの構築に着手している。

3) 透析関連資材調達の障害:血液透析機器について

医療資材調達に必要な要点は、①適切な情報収集、②情報に基づく資材の調達・備蓄・供給の2点である。透析関連資材が他の医療資材と異なる点として、多種の医療資材が大量にかつ継続的に消費される点があげられる。また容量が大きく輸送・備蓄の面からも考慮される面がある。

東日本大震災において、岩手県では岩手腎不全研究会が、宮城県では透析最終拠点病院として仙台社会保険病院が、福島県では福島県立医科大学と県中県南安達地区透析ネットワーク、会津透析ネットワークが透析関連資材の調整にあたった。結果として被災3県では透析関連資材枯渇による透析維持の困難という局面は回避されるに至っている。

各県で対応方法の詳細は異なるが共通する点として、①情報収集と伝達は透析施設のネットワークを介して行われたこと、②県による差異はあるが、全体として透析関連資材は包括的に一つのパッケージとして他の医療資材から独立してマネジメントされたことがあげられる。これは前述の透析関連資材の特殊性から考えれば当然の帰結と思われる。

一方で、実際の災害時はさまざまな制約が生じるため資材の集積や運搬には行政支援(運搬車両確保あるいは緊急車両としての通行許可、優先給油、集積地確保など)が不可欠である。したがって透析関連資材のマネジメントは行政支援を担保しつつ、他の医療資材とは独立した透析ネットワーク内での調整が有用と考える。

各地域の事情に即した医療者、業者、行政の連絡体制の構築が望まれる。また、本震災後の情報網の復旧、物資の調達・供給体制の確立に至る時間経過より考えると、各透析施設は3~5日程度の透析関

連資材の備蓄が望ましい。

4) 透析関連資材調達の障害：腹膜透析機器

腹膜透析を維持するための医療資材は血液透析に比較してシンプルであるが、資材そのものの特殊性（多様性、継続性、容量など）は血液透析と大きな相違点はない。しかし、腹膜透析の医療資材のマネジメントが血液透析医療資材と大きく異なる点はその供給場所である。

在宅医療が基本である腹膜透析では、血液透析のようにまとまった資材を医療施設に供給するのみでは不十分で、そこから個別供給へ進めるためのより綿密な配慮が必要となる。これは現場医療スタッフの守備範囲を超えるマネジメントであり、血液透析同様、企業／業者や行政の関与が必要不可欠である。

今回の震災において“腹膜透析は災害に強い透析”との評価が出た要因には、単に腹膜透析システムの利点のみでなく個々の患者把握から資材供給に至る面での企業／業者の卓越した働きが背景にあったことをあげておく。

■参考文献

- 1) 厚生労働省「災害医療等のあり方に関する検討会報告書」, 2011
- 2) B.P.up-to-date: 63, 2011
- 3) 医療安全対策（東日本大震災の報告）. 日透析医学会誌 26 : 398-509, 2011
- 4) 寺嶋一徳, 申 曾洙, 関田憲一, 他：透析医療での危機管理を考える—阪神淡路大震災からの報告—. 日透析医学会誌 14 : 38-43, 1999
- 5) 宮本 孝：現地の復興と今後の課題（透析クリニック）. 透析ケア 2 : 122-129, 1996
- 6) 岩崎 徹, 宮本 孝, 依藤良一：災害時の透析施設の対応. 臨牀透析 12 : 1489-1493, 1996
- 7) 大森 聡：岩手医科大学～県外搬送患者を出さなかった県～. 透析ケア 18 : 33-39, 2012

施設防災対策・ライフライン確保・ 資源供給能力の障害・支援体制への提言

1. 透析施設は基本的な透析室内災害対策を実施し、透析室直接被害による透析不能を回避する。
2. ライフライン損壊に対し、公助に頼る電力・水確保から、共助で対応できるように地域医療圏を整備する。

解説

1. 過去の災害では、透析室内災害対策の不備による透析不能が多数を占めたが、今回の震災では震度7を経験した施設、多くの震度6の施設においても透析室の直接被害による透析不能が回避されたことが明らかになった。特に耐震構造建築仕様の透析室内災害対策として従来から推奨されている①ベッドサイドコンソールのキャスターフリー②患者ベッドのキャスターロック③透析供給装置とRO装置の壁面へのアンカーボルト固定④透析供給装置とRO装置の壁面との接続部のフレキシブルチューブ採用の4つの対策を県全体で推進してきた宮城県の施設（54施設中49施設が採用）では、震度6-7を記録した施設が多数出たにもかかわらず透析室内機械・設備の損傷による透析不能はほぼ皆無であった。この事実は阪神淡路大震災、新潟県中越地震などを経て周知されてきた透析室内の上記4つの災害対策が有効であったことを示唆する。将来の災害対策への最も重要な基本的な視点は、これまでに醸成された透析室内災害対策をさらに徹底し、透析室の直接被害による透析不能を回避することにある。
2. 大規模災害時における被災地での透析維持には、電力・水・燃料などのライフラインの継続的な確保が必要となる。これらの調整は現場医療スタッフの守備範囲を超えており、行政を中心とした支援体制が望まれる。なぜならライフラインの確保を共助・公助にたよらず自助でやるには、すべての施設に自家発電機と貯水槽を完備し、重油と数十トンの水を常に備蓄するという途方もない議論になるからである。しかし、現状の自助として整備したつもりの自家発電機も貯水槽も、そもそも燃料や水の補給は共助・公助によりなされる筈だと見越した体制であり、透析継続というレベルから考えた防災対策は、自助だけで完成するものではないことが今回の調査で明らかになった。災害による透析不能期間は、ほぼライフラインの途絶期間と一致するため、広域災害の場合の対処方法は以下の二つとなる。

- ① ライフライン途絶期間だけ地域透析中核病院に十分な量の自家発電機を設置し、医療資源と水資源を集中投入する。そして順次ライフラインが復旧し透析再開した施設間でも共助を続けながら透析医療の確保を行う。（地域透析拠点病院方式）
- ② 透析医療における共助体制が十分に整備できていない地域で巨大災害が発生した場合は、ライフラインの稼働している被災地外へ、透析患者の移送を中心とした対処を行うことである。（域外移送方式）