

原著

令和 6 年能登半島地震での放射線課における災害対応の振り返りと課題

赤坂正明

恵寿総合病院 放射線課

【要旨】

最大震度 7 とする令和 6 年能登半島地震は、七尾市以北で甚大な被害をもたらした。道路の段差、家屋の倒壊、停電など職員が駆け付けるのも容易でないほどの地震災害であったが、本館は免震構造で、館内の放射線機器の損傷は全くなき、またトイレの使用や飲用水などに大きな問題も発生しなかったため、緊急的な検査や手術などは問題なく行える状態であった。

本発表においては、有事において想定外の事態をできる限り少なくするために、今後の対応における課題、事業継続のための準備に何が必要かを検討した。

放射線機器で問題となったのは、本館以外の耐震構造の施設で機器のエラーや損傷が発生し、運用開始までに時間を要したこと、さらに排水設備の一部や暖房の復旧に数か月程かかり、患者さんに我慢を強いたことであった。一方、免震構造を有していた本館は、一般撮影、CT、MRI、血管撮影など救急で用いられる医療機器は早期復旧により普段とほぼ変わらない運用が可能であった。

災害時の医療業務継続において、職員の迅速な召集、機器の保全、患者の安全確保は非常に重要である。今後の課題として、発災が平日日中であれば多数の検査待ち患者や、治療中の患者、MRI 検査中の患者など放射線機器からの退避が必要な事態となり、避難誘導に困難を伴うことが予想される。今後は定期的な避難誘導訓練なども行うことで、平日日中帯での災害時への迅速な対応に繋がればと考える。

Key Words : クエンチ, BCM / BCP

【はじめに】

当院では、2007 年能登半島地震、2011 年東日本大震災の教訓から 2013 年病院本館の建設時に免震構造を採用している。

免震構造がどの程度まで地震災害に有効であるのか、正直なところ登院するまでは懐疑的な面はあったが、それは今回大きく覆された。大規模地震災害時において医療機器の保全と早急な復旧には免震構造でなくてはならないことを今回身をもって経験した。しかし、実際の事業継続活動については、振り返りを行って、未来に備える必要がある。今回の体験を通して病院の放射線業務の状況や対応について平時と変わらない運用ができたか、逆に運用

が困難となった点は何があったかを洗い出し、有事において想定外の事態をできる限り少なくするために、今後の対応における課題、事業継続のための準備に何が必要かを検討した。

【方法】

令和 6 年能登半島地震における恵寿総合病院放射線課業務への影響と対応について、平時と変わらず運用できたこと、平時のように運用できなかったこと、そして平時の運用に近づけるための連携・協力の 3 つに分けて振り返りを行った。具体的には、放射線課技師のチーム対応、恵寿総合病院および他施設の検査機器の被災状況に対する認識・評価・被

害の予防・対応について振り返り、事業継続計画（Business Continuity Plan : BCP）実現のために重要な因子となったものは何かを抽出した。

【結果】

・平時と変わらず運用できたこと

今回の地震は元日の 16 時 10 分に発生している。休日であったため、放射線業務は当直技師 1 名体制で待合室に数名の患者がいる程度であった。そのような中で地震災害が襲ったわけだが、当直技師によると本館内は免震構造のおかげで少し強く揺れた程度でそれほど大きな地震の実感は無かったようである。ただ、常時と明らかに異なったため、不安を抱えながら、すぐに救急外来へ向かった。救急日直医の指示を仰ぎ、待合室の外来患者と近隣から避難してきた住民の方を 2 階へ避難誘導する対応にあたった。

当院は七尾湾がすぐ目の前にあるため、津波災害に警戒しなければならず、避難誘導を慌てず安全に行うことは重要である。階段で 2 階待合室に避難誘導を行い、避難された方の安全確保を落ち着いて適切に行えたことは、本当に良かったと思う。

地震後すぐに停電が発生しているが、電気が供給されない場合は自家発電装置に切り替わる。今回は数秒ほどの停電で済み、自家発電が使用されずに放射線機器全てが使用可能であった。これは大田変電所と和倉変電所から受電できる 2 回線受電の仕組みであったからである。通常は大田方面から受電しているが、停電したことにより予備側として和倉方面からの電気の供給を受けることが可能であった。このため、震災当日より問題無く電気を使用できる状態であった。

発災時の職員召集については、LINE で行っている。放射線課では個人情報を含まない簡易な連絡は LINE で行っていた経緯があったため、行動可能であった職員 6 名（筆者含む）が参集した。LINE が困難であればメールや法人内で使用している Microsoft Teams（マイクロソフト社が提供しているメッセージングアプリ）の手段がある。参集した頃

には辺りは暗く視界が悪くなっており、建物の倒壊、電線の落下などの危険な箇所、また道路の段差で迂回を余儀なくされた中で、よく駆け付けてくれたと思う。

災害時に大事なこととして、患者の安全確保、装置の保全、職員召集、業務体制の維持などが挙げられる。免震構造により機器が守られたこと、電力の 2 回線受電により問題なく電気が使用できたこと、病院に参集した職員が複数いたことで、一般撮影、CT、MRI、血管撮影など救急で用いられる医療機器は早期復旧により普段とほぼ変わらない運用が可能であった。

・平時のように運用できなかったこと

本館は免震装置により放射線機器被害は皆無だったが、隣接する耐震構造である PET-CT リニアックセンターは被害が生じた。また他に健康管理センターがある 3 病棟、さらには田鶴浜診療所や恵寿鳩ヶ丘クリニックにも一般撮影などの機器があるが、全て耐震構造の建屋内にあり、機器のエラーや損傷などによりすぐに運用というわけにはいかなかった。

PET-CT に関しては、平成 19 年の震度 6 強の能登半島地震の際、アンカー 1 本で装置が固定されていたが、それが外れて位置ずれを起こし復旧に時間を要した。その教訓から、令和 3 年 3 月の装置更新時にはアンカーの本数を 1 本から 4 本に増設した。今回の地震でも 1 本は外れてしまったが、位置ずれはなく電源投入のみで撮影が可能であった。設置時に機器が動かないようにさらに固定を増やしたことが功を奏した。

しかし PET-CT 検査の際、放射性医薬品を投与するための FDG (^{18}F - fluorodeoxyglucose) 投与機は、重量が 180 kg あり横に倒れて壁に穴を開けた（写真 1）。当時院内にいたりハビリススタッフ 5 人がかりで苦労の末起こし上げた。機器の状態に問題は無かったが、付帯する点滴棒が破損した。重量物であるほど固定をしっかりさせる必要性を改めて認識させられた。PET-CT 検査については通常診



写真1 FDG 投与機による壁の破損写真

療日である1月4日から検査開始できたが、検査薬であるFDG供給がストップしたため、翌1月5日より検査を開始している。ガンマカメラも緊急停止のエラーが出たが、調整を行い復旧できた。同じく薬剤供給ストップのため1月5日より検査を開始している。

リニアック装置については、起動するも放射線が出ない状態だった。機器メーカーに対応依頼し、翌1月2日にエンジニアが来院して確認したところ、機器内の部品脱落があった。部品を取り付け後、正常動作が可能となった。施設については、当院の放射線業務従事者が自主点検表に沿って異常がないことを確認し、さらに照射時に外部への放射線漏洩が無いことを確認し点検している。仮に線量の漏洩など法令報告対象となる異常があれば、原子力規制庁事故対処室に報告が必要だが、今回はそのような被害は無かった。問題点としては、建物自体が隣接する本館のように井戸水からの給水配管が無く、トイレの水を流せなかったことだった。PET-CT検査については放射性医薬品を体内に静注投与するため、検査中の排泄は管理区域内の専用トイレを使用しなければならなかった。PET-CTリニアックセンター施設内地下には管理区域専用の排水設備（貯留槽を含めた浄化槽など）があるため、そこで希釈または減衰させて法令に定められた排水濃度基準値以下であることを確認してから放出する必

要がある。そのため、患者が使用したトイレに水を流し入れて排水するか、水を使わず凝固剤での回収を考慮した。ただし凝固させる場合は、放射性廃棄物として1週間は保管しなければならず断念した。非常時ということもあり、本館から排水目的で水を容器に入れて台車で運び、トイレの横のバケツに水を貯めて流すといったことで対処した。さらに貯留槽から基準値以下となった約1.5 tもの排水を行ったかったが、地震により市側の下水配管のずれが発生していることが分かり排水を可能な限り控えたわけだが、他の工事もあり排水使用できるようになったのは3月21日からであった。

暖房については、使用できる状態ではなかったため、地震対策本部よりオイルヒーターを複数台設置してもらい暖をとることで対処した。1月19日には復旧している。

3 病棟と恵寿鳩ヶ丘クリニックの一般撮影装置は立位撮影台、高圧キャビネットが大きく位置ずれしたが、技師で撮影可能な状態に戻した。後日メーカーによる床固定によって対策を施している。田鶴浜診療所は、建物自体が傾いた影響で天井走行のX線管球を電磁ロックにて静止してないと、勝手に滑って動く状態となっていた。X線撮影についてはなんとか行える状態であったが、接触しないように十分注意して検査を行う対応となった。

・平時の運用に近づけるための連携・協力として

発災当日の18時頃、館内アナウンスにより本館3階に設置された地震対策本部に職員が集められた。ホワイトボードにはすでに幾つもの被災情報が書き出されており、受け入れがたい現実を目の当たりにして言葉にならなかった。筆者は放射線機器である一般撮影、CT、MRIなどが問題なく使用できる旨を報告したわけだが、他にも手術、電子カルテの使用ができるとの他課からの報告があり、本館が全く問題無いという驚きと、この災害に対しなんとかするという気持ちにさせてくれたのを覚えている。また、大変な災害発生後ではあったが、駆けつけた職員が周りに複数いることは、心理的にも大き

く励まされた。

外来患者の放射線業務が落ち着いていたこともあり、5 病棟の患者の搬送応援に向かうこととなったわけだが、5 病棟のエレベーターが使用できなかったため、5 病棟の 4 階、5 階の入院患者に対し、階段を使って 6 人 1 組で担送し、交代で何度も往復した。患者の重量と安全に神経を使い、かなり大変だったことを記憶している。さらに病室のロッカー、ベッド、荷物などの移動に携わった。この作業は深夜まで続いたが、皆何とかしたいという一心だった。

【考察】

当院での放射線課の業務運用を振り返って考えてみると、本館が免震構造であったことは、患者の安全・安心、機器の損傷の回避、職員の希望をつなげるものであったと思われる。筆者自身は、発災数日は、気持ちの高ぶりや、なんとかしないとイケないといったような感覚の中で業務をしていたわけだが、現地の七尾市内になかなか水道水が来なかったことによる精神的な疲弊、また実家が奥能登にあるスタッフもおり、自身の被災家屋や家族の震災対応の中で、個々に問題を抱えていた。震災後数か月の間は、患者さんで精神的に不安定な方や理不尽に怒る方もいたが、生活基盤ができたことにより徐々に落ち着いてきたように感じた。

今後の課題として、今回の地震災害は祝日で外来診療を行っていない時であったが、これが平日日中であれば多数の検査待ち患者や、治療中の患者、MRI 検査中の患者など放射線機器からの退避が必要な事態となり、避難誘導に困難を伴うことが予想される。医療機器として重量物である MRI は、地震によるマグネットの移動による配管の損傷、チラーや空調の故障などで、急激なヘリウムの減少が起き、クエンチといった液体ヘリウムの急激な気化による危険性がある。クエンチは、超伝導状態を保つための液体窒素が気体となって放出され、酸素飽和度が低下することによって発生する。室内に患者がいた場合、失神や痙攣など二次災害の危険性が高くなるため、早急な避難対応をすることが求められる。

実際クエンチが発生すると、体積が 700 倍に気化したヘリウムがクエンチダクトを通して屋外に放出される。それと同時に強制排気ファンが自動で作動するが、ダクト内の漏れや、外れていた場合は検査室内に流れ込む可能性がでてくる。一般的に室内にヘリウムが充満されると気圧が上がって内開きのドアは開かなくなるが、ダクトに損傷がなく強制排気ファンが正常に作動すると、検査室内は陰圧になり、内開きの扉は開きやすくなり、逆に外開きの扉は開きにくくなる。当院では、外向きと内向きの扉があるため、ダクトの損傷があったとしてもすぐに患者避難に向かう事は可能な状態ではある。しかし入室する場合に最も注意することは、検査室内の酸素濃度で、通常 20.8%ある濃度が 16%程度で頭痛や吐き気、10%で失神や痙攣で行動の自由が失われ、6%以下では数呼吸で呼吸停止・心臓停止に陥っている。二次災害を起こさないためにも入室前に必ず「酸素濃度計」で酸素濃度を確認することが求められる^{1,2)}。当院では免震構造により MRI も全く損傷は無く、一時的な停電により主電源が落ちていただけで、再起動にて検査可能であった。東日本大震災時には多くの病院で停電などにより液体ヘリウムが減り、長期使用不能やクエンチ発生可能性が高まったことで、電源を落として立ち入り禁止の措置を講じた施設があったようである³⁾。

これを踏まえて放射線課では、災害時の停電時対応の動画マニュアルや災害時避難誘導のためのアクションカードを新たに作成した（図 1）。今後は定期的な避難誘導訓練なども行うことで、平日日中帯での災害時への迅速な対応に繋げられればと考える。

当院にある事業継続マネジメント（Business Continuity Management : BCM）/ BCP の課題にもあるが、電話が不通、長期の停電、自家発電の不発動、道路の不通による人員招集の困難といったさらに難度の高い災害レベルの発生は、今後も予想される。BCM / BCP の中には、重要な業務を中断させない、また万一業務の中断を余儀なくされた場合においても、使用可能な資源を活用し最低限度のサービス

提供をするとあり、今回の災害から学んだことをさらに活かし、今後の災害医療対応に繋げていなければならない。

停電マニュアル 投稿 ファイル Notes		
+ 新規 アップロード グリッドビューでの編集 共有		
停電マニュアル		
名前	更新日時	
CT(Aquilion)計画停電時の対応.mov	2024年6月23日	
CT(Flash)①計画停電前の準備.mov	2024年6月19日	
CT(Flash)②計画停電後の復旧.mov	2024年6月19日	
MRI① 計画停電前の準備.mov	2024年6月19日	
MRI②計画停電後の復旧.mov	2024年6月22日	
PET①-1計画停電前の準備.mov	2024年6月17日	
PET①-2 計画停電前の準備.mov	2024年6月17日	
PET①-3計画停電前の準備.mov	2024年6月17日	
PET②電源回復後の対応.mov	2024年6月17日	
マンモ 計画停電時の対応.mov	2024年6月24日	
透視室①計画停電前の準備.mov	2024年6月17日	
透視室②計画停電後の復旧.mov	2024年6月17日	
透視室③復旧後装置が起動しない場合.mov	2024年6月17日	
透視室④復旧後画像が異常な場合.mov	2024年6月17日	

【結語】

震災記録を忘れないという思いで今回発表することとなったが、地震災害は日本全国いつでもどこでも可能性があるため、平時から備えることの重要性を改めて、実体験として教えられた。今後の地震災害対策の一助になれば幸いである。

放射線課

災害時避難・誘導アクションカード

このカードを手にとった技師は、右記の事項に沿って行動してください。

災害発生直後、直ちに検査を終了し、患者さんの安全を確保。

- ①避難経路を確認。
 - ・本館1Fシーサイドホールへ避難・誘導（トリアージスペースとなるため）
- ②応援職員に指示。（いる場合）
 - ・検査中・検査待ち・患者さんの家族等の避難・誘導を補助
 - ・要救助者・負傷者の避難・誘導
- ③責任者に報告。
 - ・いない場合は、あなたが責任者です

↓

責任者へ報告後、「災害時機器点検アクションカード」に従い、機器の点検を実施する。

図 1-② 災害時避難誘導アクションカード

実施(活動・対策)内容 ①動画マニュアル作成

□ 動画マニュアル（新）

- ・手順やスイッチの場所がわかりづらい
- 一連の流れがわかる動画で作成

スイッチの場所や
動線がわかりやすい！



図 1-① 停電時対応動画マニュアル

放射線課

災害時機器点検アクションカード

このカードを手にとった技師は、右記の事項に沿って行動してください。

災害発生直後、患者さんの安全確保する
地震の場合、揺れが収まったら、余震・津波に
気を付けながら、機器周囲を確認する

① 非常電源対応機器の動作確認

対応機器については、裏面を参照。

・動作不良あり

責任者へ報告後、動画または紙マニュアルを
使用して復旧にあたる

・動作不良なし

責任者へ報告後、検査の実施

対応すべき検査がない場合



② その他の機器の動作確認を実施する

非常電源対応機器リスト

放射線機器	担当会社	顧客No.	連絡先
X線発生装置 (8番撮影室)	SHIMADZU (丸文通商)	168529#	0120-524-333
DR処理装置 (8番撮影室)	FUJIFILM (北陸ワキタ)	4772	0570-02-7007
CT検査装置 (10番CT室)	CANON	4902749-050	(修理) 0120-5032-56 (操作) 0120-514-555

その他の機器リスト

放射線機器	担当会社	顧客No.	連絡先
CT検査装置 (11番CT室)	SIEMENS	732-40018909-CT02	0120-041-387
X線発生装置 (7番撮影室)	SHIMADZU (丸文通商)	168528#	0120-524-333
MRI検査装置 (1番MRI室)	SIEMENS	732 40018909 MR01	0120-041-387
透視検査装置	SHIMADZU (丸文通商)	(1F) 139721# (3F) 139723#	0120-524-333
血管造影装置 (2番血管造影室)	SIEMENS	732 40018909 XA02	0120-041-387
血管造影装置 (12番血管造影室)	SIEMENS	732 40018909 XA03	0120-041-387
ポータブル撮影装置	FUJIFILM	CALNEO Go PLUS	0570-02-7007

放射線課

災害時アクションカード

このカードを手にとった技師は、右記の事項に沿って行動してください。

地震発生直後 MRI 対応手順

① 患者の安全確保

ストレッチャーを横付けし、患者を
早急に撮影室外に誘導する
撮影中であれば手動で動かし出す
→ クエンチ発生時の対応



② 職員の安全確保

高圧の電気回路を有する装置である為、漏電、回路損傷（警報装置も含む）の危険性に留意し、安全確保に注意を払う。
安全が確認できない場合は、近づかない。

③ 二次災害の防止

磁性体の吸引とクエンチが主な危険要因の為、警告表示とMR検査室への立ち入り禁止を表示

④ MRI装置の保全

停電によりMRI装置の冷却装置が停止し冷媒減少が一定以上進むとクエンチを起こす可能性がある。
通電状態だけでなく冷却システム全体の稼働状態を監視し、冷却系の配管や弁等に破損が無いか、室外機も含めて確認を行う。

地震、津波災害後

装置保全

建物やMR装置の設置状況に重大な異常は認められないが、MRI装置メーカーによる点検が当面期待できない場合の対応について（メーカー対応困難を想定）

- クエンチや漏電による火災発生、通電による故障箇所の破損拡大の危険性があることを念頭において、緊急性の認められない検査は行わない。
- ファントムを用いたテスト撮影と寝台の動作確認を十分に行ない、装置の動作異常が無いか念入りの確認を行う。
- 人命救助の観点から緊急性の高い検査の要請がある場合は、現場で可能な限りの点検を行ない異常の内容と程度を確認した上で、下記のメーカーの意見も参考にし、施設の最高責任者がMRI装置使用の可否を最終判断する。
- 不測の事態の発生に備え必要最小限の検査内容とし、十分な人員を充てる。
- 送信機能のあるコイルに損傷が疑われる場合はそのコイルの使用を控える。

※ 裏面も参照

MRI装置メーカー：シーメンス

シーメンス連絡先 0120-041-0387

クエンチ発生時の対応

装置保全

冷却システムが正常稼働しているか

装置保全

1. 操作室横の強制排気ボタンを押す。

2. MRI検査室酸素モニタの値が18%以上であることを確認し扉を慎重に開ける。
18%以下時は警告音が鳴る。

3. 検査台移動ボタンが作動しない場合、検査台を手動で引き出し患者さんを検査室外へ誘導する。MRIストレッチャーを横付けして、注意して退避させる

4. 検査室を閉鎖し、メーカー及び関係部署に連絡。

シーメンスのサービスコール
(0120-041-0387)

放射線課課長、必要時に警察、消防へ連絡



※電気が来ていない場合は、上記1、2を省略

- ・室外設置の冷却装置も含めて冷却システム全体の稼働状態を確認。
- ・マグネットの冷凍機（コンプレッサ）とその冷却装置の両方が動作しているか。
- ・冷却装置やその配水管全体に漏水がないか、断水していないか。
- ・コールドヘッドが動作しているか、コールドヘッド周辺に氷結がないか。
 - ・冷却システムに損傷が見られた場合、装置メーカーと連絡を取り応急的処置について協議する。
- ・停電により冷却システムが停止し、非常電源への切り替えが可能な場合、切り替えの手順について複数名で十分な確認を行ってから実施する。

復帰に向けた準備、システム管理全般

MR装置の使用を停止すべき該当事項が無いか確認

- ・空調と冷却系を復帰させ、室温やマグネット内圧が基準値に復帰し安定するまで一定時間の正常動作を確認する。
- ・MR装置メーカーの指定する手順に従って再点検を行ない、MR装置のシステムの立ち上げを行う。
- ・システムが正常に立ち上がったら、インターフェイスの表示やデータベースの状況に異常が無いかを確認する。
- ・システムの自己点検ユーティリティが装備されている場合は、それを利用して異常の確認を行う。
- ・寝台の動作点検を2回以上行う。
- ・マグネット内の患者と意思疎通するためのインターコムなどが正常動作するかを確認する。
- ・通信が確保されている場合はMR装置メーカーに連絡しオンライン点検等をうけて異常の確認を行う。
- ・その他、異常動作が無いことを十分確認した上でファントムを使ったテスト撮影を行ない、画像を確認する。

参照：災害時におけるMR装置の安全管理に関する指針

図1-③ 災害時機器点検アクションカード

【文献】

- 1) 災害時における MR 装置の安全管理に関する指針 日本磁気共鳴医学会 安全性評価委員会

- 2) 防災システム研究所

<http://www.bo-sai.co.jp/bias.htm> (2024 年 9 月 30 日閲覧)

- 3) MRI 検査の安全にかかわる情報発信応答基地 MRI SAFETY FORUM

<https://mri-anzen.or.jp/qa/index.php> (2024 年 9 月 30 日閲覧)