

平成26年1月15日

MR検査室の防災指針

日本磁気共鳴医学会 安全性評価委員会

目次

前文	1
1. MR装置の設置	2
2. 建物構造	4
3. 防災情報システムの活用（緊急地震速報）	4
4. MR装置室の防災点検	4
5. 防災訓練	8
6. 防災計画における留意点	11
資料	12
文献	14

前文

MR装置は通常経験する地震に耐えられるように設計、設置されているが、直下型地震や大震災ではMR装置本体だけでなく、付帯設備やインフラの障害の影響が避けられない。本指針では、東日本大震災によるMR装置の被害状況の調査結果に基づいて、震災による被害を最小化し、震災後のMR装置の安全管理と復帰の迅速化を計る上で有効と考えられる事前対策を集約した。MR装置の設置場所、機種や設置状況、診療体制等により最適の選択肢が異なる部分もありうるので、各施設で情報を収集し、十分検討の上、施設としての具体的な防災指針を定めていただきたい。

1 MR装置の設置

地震による強振動でMR装置本体ならびに周辺装置が被る損傷を最小限に抑えるための具体的な方策について述べる。

1.1 MR装置本体ならびに患者用寝台、排気管

1.1.1 設置方式

- ・ 東日本大震災以降に各装置メーカーが採用しているMR装置本体の設置方式は、硬性固定（1. アンカーボルト固定方式）、軟性固定（2. エポキシ樹脂固定方式¹⁾）、非固定（3. 鋼板上非固定設置方式、4. 鋼板上非固定制振設置方式、5. 台座配置方式、6. 改良台座配置方式²⁾）に分類される（資料I参照）。
- ・ 従来型のアンカー固定しない3方式（上記3-5）はアンカー固定方式よりも装置本体への全般的な被害傾向が見られることが明らかとなった（文献1）。特に装置本体の移動により気化したヘリウムの排気管（クエンチダクト）が変形・破断する2次的損傷を生じる可能性も高まる。
- ・ 震度5以下ではMR装置の全般的な被害程度の軽減にはアンカーボルト固定方式が有効である³⁾。
- ・ 復旧の工数については、従来型のアンカー固定しない3方式（上記3-5）は、アンカー固定方式で生じうる床の破損やボルト破断等の結果、重大な損傷による修繕が必要となった場合と比較すれば、少ない期間と費用で修復可能と考えられる。

1.1.2 患者用寝台

- ・ 装置本体と完全に一体型の場合は装置本体とほぼ同一の挙動をする。
- ・ 脱着式の寝台は本体に固定されている限り、装置本体と挙動を同一にすると考えられる。脱着式の寝台は患者を速やかに撮影室外に避難させられる利点があるが、強い軸ずれ等の原因により本体から外せなくなる場合も想定して、脱着式であっても非常時のための非磁性ストレッチャーを常備することを推奨する。
- ・ 昇降機構が装置本体から独立している場合は、強振動により昇降機構のみが移動してマグネット本体と患者寝台の軸にずれが生じ、患者テーブルをボア内から引き出せなくなる場合がある。その防止のために昇降機構の床への十分な固定が望ましい。

¹ エポキシ樹脂固定方式は、阪神淡路大震災以降に採用された方法である。東日本大震災でマグネット本体の移動損傷を経験した施設の中には、復旧に際してこの方式を採用した施設があるが、震災時における評価はまだ定まっていない。

² 改良台座配置方式は、東日本大震災後に採用された方法で、震災時における評価はまだ定まっていない。

³ 震度（気象庁震度階）と設置方式毎の地震被害の状況：東日本大震災ではMR装置へのなんらかの被害の有無に関して、震度5強まで（被害発生率10～11%）と震度6弱以上（36.5%）で有意差が認められた。また、アンカー固定あり（13.0%）とアンカー固定なしの場合（36.4%）でも被害発生率に有意差を認めた。

1.1.3 排気管（クエンチダクト）

- ・ MR 装置本体の移動による排気管の損傷を防止あるいはその程度を軽減するため、装置メーカーと協議の上、十分な強度を持ち、かつフレキシブル機構を有する材料での施行が望まれる。
- ・ 今後の MR 装置本体の設置に際しては、各方式の特徴を十分に理解の上、当該地域で想定される最大の振動を考慮し装置メーカーと十分協議して決定すること。

1.2 機械室に配置される各種キャビネット

- ・ 機械室に配置されるキャビネット類は相当程度の高さを有するものが多く、強振動による移動と共に転倒防止のための対策が必要である。
- ・ 壁際に設置される各種キャビネットは、「医用画像診断装置の耐震指針（JESRA X-00862000）」に則り、キャビネット前下部、キャビネット後下部（壁側）、キャビネット後上部（壁側）の組み合わせにより固定すること。

1.3 操作卓ならびにメインコンピュータ

- ・ メインコンピュータや操作コンソール・各種モニタ等を載せたテーブルは、強振動での移動による壁等への衝突や移動による各種ケーブル・コネクタの破断を防止するために床への固定が望ましい。
- ・ キャスター付きの机脚等は、必ずキャスターを固定しておくこと。
- ・ 操作コンソール・モニタ等は、テーブルの上に防振マット等を敷くことにより振動による滑り・転落を抑制することができる。

1.4 受信コイル等の整理棚

- ・ 棚板に防振マット等を敷くことにより受信コイル等の収納品の滑り・転落を抑制できる。

1.5 前室に配置の備品等

- ・ 通常、前室には点滴スタンド・救急カート・各種廃棄ボックス等の備品が配置されている。強振動あるいは MR 室が高層階に設置されていて長周期振動があらかじめ想定される場合、患者救出等の際に開放状態となった撮影室入口から、これらのキャスター付備品が撮影室内部に進入する可能性がある。その事を念頭において、キャスター付備品については撮影室入口付近への配置を避けると共に、キャスターをロックした状態で配置することにより吸引事故の防止に留意すること。

2 建物構造

2.1 建物の免震化

建物の建築時に建物を免震構造にすることが最大の地震対策と言える⁴。

免震構造で施行されなかった場合は、床免震装置や台座（機器）免震装置等により部分的に免震化する技術・工法も開発されている。なお、採用に際しての留意すべき事項は資料Ⅱを参照されたい。

2.2 長周期振動に対する対策

- ・ 高層建築物の高層階では、地震の発生により建物の固有周期に基づく共振現象により長周期振動に見舞われる場合があるが、このような長周期振動に対してMR装置がさらにどのような挙動を示すかは不明な部分が多い⁵。現段階では、できるだけ下層階への設置が望まれる。
- ・ 既に高層階に設置されている場合は、「1.5 前室に配置の備品等」に述べた対応が必要である。

3 防災情報システムの活用（緊急地震速報）

先に伝わる地震波であるP波を検知し、地震被害の主因となるS波が伝わる前に逼迫した危険を知らせる緊急地震速報（予報）⁶は、S波到達前にガントリー内の患者救出を開始する契機となるので、その受信設備を整備することが望ましい⁷。

- ・ S波到達予想時刻の情報が提供される緊急地震速報（予報）が推奨される。
- ・ 緊急地震速報（予報）は地震到達までの時間や震度に誤差が含まれることを念頭に置く必要がある。
- ・ 現時点では、直下型の地震に対しては緊急地震速報の恩恵は少ない。

4 MR装置室の防災点検

災害による被害を最小限に止めるためには、日ごろより防災を意識した点検を行うことが肝要である。以下に地震等の災害に備えて定期的に行うべき点検項目を要約するので、各施設で必要事項を手順書に反映させ、項目のチェックシートを作成されたい。

⁴ 基礎免震の有効性： 東日本大震災において、宮城県北部の震度7を記録した地域のある施設は、同一メーカーのMR装置を2台所有し、1台は基礎免震構造による本館に設置し、もう1台は耐震構造の平屋建て別棟に設置していた。免震構造本館の装置には全く被害がなかったが、耐震構造の別棟に設置した装置は本体が台座から外れ大きく移動し、本体カバー下部が破損、上部カバーが脱落する等の大きな被害を被った。別棟も高い耐震性能により、本館同様に建物自体に損傷はなかったが、内部はまさに震度7の激震を免れなかったのである。

⁵ 東日本大震災において、東京都内のビルの9階に設置されたMR装置が大きく回転・移動した事例が報告されている。

⁶ 緊急地震速報には、警報と予報の2種類がある。地震波にはP波（秒速約7km）とS波（秒速4km）があり、P波による揺れが初期微動、後から伝わるS波による強い揺れが主要動で、後者が被害をもたらす。緊急地震速報（予報）はマグニチュード3.5以上を推定（又は震度3以上を予測）した場合に、S波到達予想時刻や受信地点の予測震度などの情報を提供する。緊急地震速報（警報）は震度5弱で警報が発せられるが、具体的な推定震度と猶予時間は発表されない。

⁷ インターネットで緊急地震速報を受信するシステム（ソフトウェア）も提供されている。

- 4.1 緊急地震速報(警報または予報)による地震発生通報システム(設置のある場合)
- ・ システムの動作原理を理解し、その正常動作を確認する。
- 4.2 停電発生時に動作する自家発電設備等の非常電源設備
- ・ 自施設に設置されている非常電源設備の概要を理解する。
 - ・ 自家発電装置については、運転可能日数の推定のために A 重油等燃料の貯蔵量を確認する。水冷式自家発電装置の場合は、冷却水の供給方法についても確認する。
 - ・ 非常用電源設備からの電源供給範囲を確認する。(MR 装置本体、冷凍機等冷却システム、空調システム、強制排気ファン、酸素濃度計、電灯・コンセント等)
 - ・ 遅延クエンチ発生を防止するために、液体ヘリウムの蒸散を抑制する冷却システムへの非常用電源設備からの電源供給が望まれる。さらに、可能であればクエンチが発生した際の安全対策として強制排気ファンや酸素濃度計への電源供給も望まれる。但し、非常用電源設備からの電源供給の範囲については、容量と施設全体の優先順位により決定すること。
- 4.3 停電発生時の情報収集方法
- ・ 停電発生時には院内電話・PHS 等は使用不能になることを考慮し、院内の災害対策本部等の設置場所・メンバー・連絡体制についてあらかじめ周知しておく。
 - ・ 停電の際の外部との連絡方法として、衛星電話は有効な手段である。衛星電話が配備されている場合はその動作確認を行う。
- 4.4 液体ヘリウムの残量確認方法
- ・ 停電によって冷却システムが長期に停止する場合には、液体ヘリウムの減少量は通常よりも大きくなるため、停電時の液体ヘリウム残量は確認すべき重要な情報である。
 - ・ 液体ヘリウムの残量は、機械室(コンピュータールーム)内のレベルメータに表示されるものと、システムが起動した状態で操作卓画面内に表示させるものがある。残量確認の方法を周知しておくと共に、停電時は液体ヘリウムの残量が通常の方法では確認できない場合がほとんどであることも周知しておく。
 - ・ 停電により冷却システムが停止した際の液体ヘリウムの減少率を事前に MR 装置メーカーから情報入手しておくことが望ましい。尚、残量を推測するためには、通常使用状態での減少推移も参考となるので、日常点検時に液体ヘリウム残量を記録しておくことを推奨する。
 - ・ 液体ヘリウムの減少によりクエンチを生じる限界残量(%、リットル)と、そ

の指標としての意味は、マグネットの仕様により異なるのでMR装置メーカーに確認しておくといよい。

4.5 クライオスタット内圧の確認方法

- ・ ユーザーが簡便にクライオスタット内圧を確認できる装置については、表示装置の位置を確認する。
- ・ クライオスタット内圧の正常範囲を周知しておく。

4.6 酸素濃度計の確認と周知事項

- ・ 撮影室内酸素濃度計の設置場所を確認する。
- ・ クエンチが発生し、撮影室内にヘリウムガスが充満すると酸素濃度が低下する。
- ・ 酸素濃度の正常範囲は 20～21%であり、酸素濃度が 18%以下になった場合は危険なので原則として入室を禁止する。
- ・ 停電の際はバッテリー駆動への自動切り替えが設定されていない限り酸素濃度計が動作しないので、撮影室への入室に際しては十分注意を払うべきである。
- ・ 停電から復電しても直ちにはセンサーが正常に働かない。

4.7 強制排気ファン⁸の確認と周知事項

- ・ 強制排気ファンのスイッチ位置を確認する。
- ・ 強制排気ファンは、クエンチによるヘリウムガスの撮影室内への漏出に際して酸素濃度の低下に連動して自動的に動作するように設計されている。
- ・ 手動スイッチにより強制排気ファンの動作確認をする。(但し、大きな音が出るので予め院内や周辺住民に周知するなどの配慮が必要である。)

4.8 緊急電源停止ボタンの確認

- ・ 緊急にシステム電源を停止させるためにボタンの位置を確認する。
- ・ 装置メーカーごとの「緊急電源停止ボタン」の動作内容を確認する。

4.9 緊急消磁ボタン(クエンチボタン)の確認

- ・ 即時に磁場を落とす「緊急消磁ボタン」の位置を確認する。
- ・ 「緊急消磁ボタン」の操作により消磁する際の装置の挙動についてあらかじめ周知しておく。

4.10 磁性体が吸着した場合の対応手順と周知事項

- ・ 磁性体が装置本体に吸着した場合に、「緊急消磁ボタン」を使用して磁場を落

⁸ JIS Z4951:2012「磁気共鳴画像診断装置-基礎安全及び基本性能」では緊急排気システムについては規定されていないが、日本画像医療システム工業会(JIRA)が作成した「MR装置引き渡しにおけるガイドライン Rev. 1.1」には「MR室内には、緊急排気装置と酸素モニタが備わっていることの確認(超電導タイプのマグネットの場合)」とあり、災害に備えての日常点検も重要である。

とすかどうかの判断は、「人身事故であるかどうか」が一つの判断基準である。

- ・ 熟練していない者が吸着した磁性体を引き剥がそうとする行為は、2次災害を引き起こす可能性が高い。物損だけの場合は、装置メーカーのサービスマンに対応を依頼すること。

4.1.1 非常用マニュアルの設置場所の確認（停電下でのマニュアルの参照手段）

- ・ 非常用マニュアルは停電を想定して必ず印刷物を用意し、設置場所を確認する。

4.1.2 現場の立ち入り禁止措置

- ・ 発災後、強磁場の危険性から患者・職員、警官・自衛官等を保護するために撮影室（マグネットルーム）への入室を厳重に制限する必要がある。
- ・ 「立ち入り禁止テープ」による立ち入り制限、開錠が必要となった際の連絡先を記した「MR室施錠中！」の張り紙をしたうえでの施錠等により、立ち入りを禁止することを周知しておく。これらの処置に必要な材料を予め準備し保管しておくことよ。

4.1.3 MR装置破損状況の確認事項の把握

- ・ 装置本体の移動、患者用寝台の移動、支持機構の破損、本体カバー（エンクロージャー）の脱落・破損、各種ケーブルの破損・破断、クエンチパイプの破損・破断、受信コイル等整理棚の移動・転倒
- ・ 操作卓の移動・破損、メインコンピュータの移動・破損、機械室キャビネットの移動・破損・転倒、空調機の破損
- ・ 扉・壁・天井・床・磁気シールド・電磁シールドの破損
- ・ 中央配管設備（酸素・窒素・吸引）の設備の破損・パイプ類の破断（ガス漏れに備えて、遮断栓の位置を確認）
- ・ 冷凍機の破損・パイプ類の破断、空調機室外機の破損・パイプ類の破断（漏水に備えて、止水栓の位置を確認）
- ・ 津波や漏水・雨漏りによる浸水の有無

4.1.4 ヘリウム排気管の室外排気口とその周辺の点検

- ・ クエンチ発生の際に強制排気ファンが作動すると、排気管を通り室外排気口から低温のヘリウムガスが排出される。室外排気口には、ヘリウムガスの排出を妨げる障害物（鳥の巣など）がないか、また、その周辺には柵等で人の立ち入りを制限する対策が施されているか確認する。

4.1.5 応援体制、避難誘導の役割分担

- ・ 必要に応じて応援を得るための体制を確認する。

- ・ 入院患者・外来患者の避難誘導等への人員の派遣について確認する。

4.1.6 主な災害対策用常備品

- ・ 携帯型強磁場警報機、携帯型酸素濃度計、ケミカルライト、非磁性消火器、非磁性体のパール（撮影室ドアが歪んで開かない時に使用）、立入禁止テープ
- ・ 「MR 室施設中！」と「強磁場発生中！」の張り紙（いずれも連絡先も記載）

5 防災訓練

日ごろから災害が発生した場合に備えて訓練をしておくことは、被害の程度を最小限にとどめ、さらに２次的被害の発生を抑制するために重要である。頻度は、施設全体の防災訓練にあわせて年１回の頻度で行うことを推奨する。以下に、定期的に行うべき防災訓練として必要と考えられる事項を示す。

5.1 初期対応（地震発生からスキャン中の患者の救出まで）

緊急地震速報受信システムの有無、患者用寝台脱着機能の有無により初期対応は異なる。

5.1.1 地震発生、直ちにスキャン停止

a. 緊急地震速報の受信手段を有する場合

緊急地震速報の発令により直ちにスキャンを停止する。

b. 緊急地震速報の受信手段がない場合

初期微動（P波）を感じた時点で直ちにスキャンを停止する。本震（S波）襲来前の可及的早期にスキャンを停止することを強く勧める。

5.1.2 撮影室への入室、患者を前室まで退避

クエンチ発生に備えて、入室前に手動スイッチにより強制排気ファンを動作させる。（強制排気ファンのスイッチが操作卓から遠く、その起動に時間がかかる場合はクエンチが発生していない限り入室を優先させる）。

①可及的速やかに撮影室に入り、患者に「地震が来ます」と声をかけながら患者をボア内から患者用寝台上に引き出す。次のようなケースを設定して、訓練することが望まれる。

- ・ すでに激しい揺れにより装置本体が移動しており、患者用寝台との間で軸ずれが生じ、途中から患者テーブルを引き出せなくなる。
- ・ 頭頸部用の大型受信コイルが激しい揺れでボア内壁に干渉し、途中から患者テーブルを引き出せなくなる。
- ・ 患者テーブルを引き出せない状況において、患者はマジックテープ等を利用した患者固定帯で固定されている。

- ・ 患者テーブルを引き出せない状況において、患者は乳房用受信コイルにうつ伏せの状態固定されている。
- ・ 患者テーブルを引き出せない状況において、患者は全下肢撮影用の大型受信コイルで固定されている。
- ・ 患者テーブルを引き出せない状況において、患者は怪我や障害等により自力で動くことが困難である。

② a 脱着式の患者用寝台の場合

- ・ 激しい揺れが来る前であれば患者用寝台を本体から引き離してそのまま前室まで引き出し、寝台を降下させる。
- ・ 患者用寝台を本体から引き離す前に激しい揺れが襲来した場合は患者に覆いかぶさるようにして患者が寝台から転落するのを防止すると共に、自分の姿勢を保持する。激しい揺れが収まってから患者用寝台を本体から引き離して前室まで引き出し、寝台を降下させる。

* 強振動による軸ずれ等の物理的被害により脱着式の患者用寝台がマグネット本体から取り外せなくなる場合を想定して⁹、非磁性のストレッチャー等も常備すると有用である。

b 本体と一体型の患者用寝台の場合

i) 独歩患者に対して

- ・ 激しい揺れが来る前であれば患者用寝台を最低位置まで降下させ、引き続き患者を前室まで誘導する。
- ・ 患者用寝台を降下させた時に激しい揺れが襲来してしまった場合は患者に覆いかぶさるようにして患者が寝台から転落するのを防止すると共に、自分の姿勢を保持する。激しい揺れが収まってから患者用寝台を最低位置まで降下させ、患者を前室まで誘導する。

ii) 独歩以外の患者に対して

- ・ 激しい揺れが来る前であれば患者用寝台を最低位置まで降下させ、そのまま揺れが収まるのを待つ。
- ・ 激しい揺れが襲来してしまった時は患者に覆いかぶさるようにして患者が寝台から転落するのを防止すると共に自分の姿勢を保持する。激しい揺れが収まってから患者用寝台を適宜降下させ、非磁性のストレッチャー等に移送して前室まで誘導する。

⁹ 東日本大震災において報告あり。但し、本体と一体型と同様の状態になるのみで、それ以上のデメリットは無い。

5.1.3 初期対応の留意点

初期対応の最大の目的は患者の安全確保であることは言うまでもない。さらには、スタッフの安全確保も重要である。初期対応の訓練では以下の事項を理解する。

- ・ 激しい揺れと同時に停電が発生し、非常照明の僅かな明かりの中での対処となる可能性がある。
- ・ 激しい揺れのために建物が変形し、撮影室の扉が開閉不能となることもある。撮影室に入る際には扉を開放状態で固定する工夫も必要である。
- ・ 激しい揺れによる装置本体や患者用寝台の移動に起因する身体の挟み込み、ならびに脱落した本体カバーや整理棚から転落した受信コイル等による殴打の危険性がある。
- ・ 即時クエンチが発生する可能性があるが¹⁰、その場合は慌てずに次の対応を行う。
 - ✓ 操作室にいる時点でクエンチが発生した場合は、直ちに手動スイッチにより強制排気ファンを動作させる。

通常、強制排気ファンは室内の酸素濃度低下に連動して自動的に動作するように設計されているが、自動動作を待たずに手動で動作させる。
 - ✓ 次に、直ちに撮影室に入室し、自らの姿勢を低く保ちつつ可及的速やかに患者を引き出し前室まで退避する。

撮影室内にヘリウムガスが漏出することを想定して、頭の高さを発生した雲状のヘリウムガス¹¹よりも低くするために、姿勢を低く保ちつつ¹²、可及的速やかに患者を引き出し、患者にもできるだけ低姿勢を取らせて前室まで退避する。
 - ✓ 撮影室に入室中にクエンチが発生し、室内の酸素濃度低下に連動して自動的に動作しなかった場合は、手動スイッチで動作させる。
 - ✓ 強制排気ファンが作動しなかったり、マグネットの移動により排気管が断裂して、想定よりも多量のヘリウムが撮影室内に放出される可能性がある。
- ・ MR 装置本体の移動等による各種ケーブルの破損・破断が生じた状態で MR 装置を使用すると、電気火災発生の可能性がある。このような状態で通電してはならない。
- ・ 中央配管による酸素配管の破断による酸素漏出の可能性はある。

¹⁰ 発災直後に地震が原因となって発生するクエンチで、東日本大震災での頻度は約1%

¹¹ 天井付近から次第に床に向かって充満し、極低温のために空気中の水蒸気を結露させて白い雲のように見える。

¹² 肺胞毛細血管から肺胞腔に出てくるガスの酸素濃度はおよそ16%であり、通常は空気中で濃度21%の酸素と濃度勾配に従って交換される。16%以下の酸素濃度の空気を吸い込むと、通常とは逆の濃度勾配により血中酸素が肺胞腔に引き出され、血中酸素濃度の低下を引き起こす。この状態が呼吸中枢を刺激し、反射的に呼吸を促進することになり、さらに低酸素濃度の空気を吸い込んで悪循環に陥る。このように酸素濃度の低い空気は一度吸い込むだけで死に至る危険がある。

- ・ 沿岸地域においては、津波の襲来にも留意しなければならない。
- ✓ あらかじめ津波被害が想定されている地域では、常に津波到達までの時間を念頭に行動すること。
- ✓ 初期対応に引き続き、上階への避難や指定避難所への避難を一連の行動として訓練することが望ましい。
- ・ ダムの決壊・山崩れ等々、施設の立地条件により起こりうる 2 次的災害についてもあらかじめ検討しておくことを推奨する。

5.2 患者・付添家族・スタッフの安全確認と報告

5.2.1 人的被害状況の確認および応急処置

- ・ 初期対応に引き続き人的被害の状況を確認する。
- ・ 怪我人の発生を想定して、骨折・切創等に対する応急処置の訓練も行うことを推奨する。

5.2.2 人的被害状況を所属長へ報告

人的被害の有無ならびに被害の程度を施設で決められた方法で所属長に報告する。

5.3 施設の災害対策マニュアルに従った対応

上記「5.1」ならびに「5.2」までを MR 検査室での 1 次訓練とし、以降は施設が定めた災害対策マニュアルに従った対応を行う。

5.4 防災点検の実施

上記「4. MR 装置室の防災点検」については、定期的な実施を担保するために、「5.1」、「5.2」、「5.3」に引き続き MR 検査室での 2 次訓練として行うことが望ましい。

6 防災計画における留意点

放射線業務を行う部門や医療施設全体の防災計画の中で MR 検査室の防災計画を位置づけ、優先順位を判断すること。また、時間外、休日等に発災した際には、MR 担当者の登院まで時間を要する場合があることも想定される。施設の防災マニュアルには、一般職員による貼り紙や立ち入り禁止テープを用いた MR 撮影室への入室制限措置についても記載することを推奨する。

尚、災害時は、通信インフラ障害により装置メーカーのサービス対応コールセンターとの連絡が困難となることが予想される。代替連絡先や代替連絡手段について装置メーカーと協議しておくことが望ましい。

資料

I 現行の MR 装置の設置方法の分類

1 アンカーボルト固定方式

アンカーボルトにより直接床に固定する方式、現在設置されている装置の多くがこの方式を採用している。

2 鋼板上非固定設置方式

アンカー固定することなく、マグネットの脚部に鋼板を敷き、鋼板上にそのまま据え置く方式。

3 鋼板上非固定制振設置方式

アンカー固定することなく、マグネットの脚部に鋼板を敷き、その上にアブソープションコイルを介してそのまま据え置く方式。

4 エポキシ樹脂固定方式

マグネットの脚部を床にエポキシ樹脂により固定する方式。

* 阪神・淡路大震災後に採用された方式で、1 日で施行可能である。

5 台座配置方式

アンカー固定することなく、床に円筒形台座を置いて台座上に固定せずに脚を載せ置く方式。

6 改良台座配置方式

床に円筒形台座を置いて台座上に固定せずに配置し、本体にはキャスター付き脚を台座周囲に追加装備する¹³。

II 建物構造の分類と部分免震

MR 装置の設置されている建物構造の分類を以下に要約する。免震構造については、その種類と各々の特徴を整理し、耐震構造や制振構造に対する優位性についてまとめる。なお、建築基準法施行令改正による新耐震基準施行（1981 年 6 月 1 日）前の建物は、下記の分類に該当しない。

1 建物全体構造の違いと揺れに対する応答性能

a. 耐震構造

- ・ 建物の骨組みなどを強化し、地震の揺れに対し建物の崩壊を防ぐ。

¹³ 台座に隣接するように、本体側にキャスター付きの脚を追加装備することにより、強振動により本体が台座から転落・移動しても本体カバー裾部の損傷程度を軽減し、復旧作業を簡素化することを図っている。東日本大震災を経験し、台座配置方式の改良型として考案された。

- ・ 柱を強化したり、耐力壁を増やしたり、接合部を固めて耐震性を高める。
- ・ 建物ならびに内部の揺れを減衰することはできない。

b. 制振構造

- ・ 建物に組み込んだ制振部材・装置が地震による揺れを吸収し、建物に地震エネルギーが伝わりにくくする。
- ・ オイルダンパー・鋼材ダンパー・粘弾性壁により地震エネルギーを吸収する。
- ・ 建物の揺れを減衰して損壊を防ぐと共に内部の揺れもある程度低減する。

c. 免震構造（基礎免震）

- ・ 建物の基礎部分に設置された免震装置が建物と地盤を絶縁することにより地震の揺れを吸収、建物への地震エネルギーを大幅に低減する。
- ・ 積層ゴム・すべり支承・転がり支承等で地震エネルギーを吸収し、地震動を長くゆっくりとした揺れに変換する。オイルダンパー等を併用して長く続く揺れを抑制する。条件によって、地震の加速度を数分の1（～9分の1）程度まで、気象庁震度階を2～3段階小さく、それぞれ低減させる効果がある。
- ・ 建物の固有周期を長くしてゆっくりと揺れることで建物の損壊を防ぎ、内部の揺れも大幅に低減する。建物内の人々の安全を確保するだけでなく、設備機器・什器への影響も大幅に低減されるため、地震後の施設の機能維持をはかることが可能となる。
- ・ 但し、高層建築物が長周期振動地震に対して共振する問題があるように、免震構造も建物の固有周期を長くするため、長周期振動地震との共振が問題になる。また、従来型の二次元免震では、鉛直方向の揺れに対しては免震の効果は期待できない。

d. その他（杭頭免震、中間階免震）

- ・ 「杭頭免震」は、免震装置を直接杭の上に設置することで、基礎免震に必要なだった「免震基礎」部分の大幅削減を可能とした。基礎部分の掘削も浅くなり、ローコスト化と工期短縮がはかれる。
- ・ 「中間階免震」は、建物の中間階に免震装置を設置する。基礎部分の深い掘削を必要としない。敷地境界にクリアランスがない、傾斜地である等の条件下で基礎免震よりも有利になる場合がある。

2 部分的な免震構造の種類と特徴

以下の方法は、精密機械や測定装置等に用いられてきた方法であるが、MRI装置への応用は検討が始まったばかりであり、評価はまだ定まっていない。

- a. 床免震
 - ・ 装置を設置する床の一部、あるいは特定の部屋やフロアにのみ免震装置を設置する方法で、必要な装置あるいは部屋全体に後付けが可能。
 - ・ 例えば、セルシートと呼ばれるベースの上に特殊樹脂コーティングの滑走プレートを敷いて免震機構を実現する。
- b. 台座（機器）免震
 - ・ 免震を必要とする装置の下に設置する装置で、必要な装置に後付けが可能。
 - ・ 例えば、直交する 2 方向のそれぞれ独立した傾斜レール上を、装置を載せるテーブルが滑走する。
- e. 床免震・台座（機器）免震を設置する際の留意事項
 - ・ 床免震装置に関しては集中荷重の制限があり、10 数トンのマグネット本体を 4 脚で支える MR 装置に応用するには技術的工夫が求められる。
 - ・ 床免震装置ならびに台座（機器）免震装置には可動範囲に制限がある。また、台座（機器）免震装置では装置設置面と床の間に 10 数センチ程度の段差を生じる。
 - ・ いずれの装置も排気管にはクエンチにより生じる内圧の上昇に耐えられる強度と一定の可動性を必要とする。
 - ・ 装置を設置する範囲での床免震や台座（機器）免震では、強振動や長周期振動の際は人が立つ床に対して MR 装置が数 10 センチの幅で滑ることになり、患者救出の際にスタッフに危険が及ぶ可能性がある。
 - ・ 付加工事による免震化を施行する場合は、壁や天井に接続されている固定物と免震構造上のユニット（マグネット本体や患者寝台等）の移動幅を考慮して、詳細に技術的な設置計画を策定することが求められる。

文献

- 1 東日本大震災による MR 装置被災調査の実施報告 日本磁気共鳴医学会誌 33、92-119、2013
- 2 医用放射線機器等の対地震設置に関する動向調査研究報告書：日本画像医療システム工業会 1998 年 3 月
- 3 医用画像診断装置の耐震指針（JESRA X-00862000）：日本画像医療システム工業会 2000 年
- 4 MR 装置引き渡しにおけるガイドライン Rev.1.1：日本画像医療システム工業会 2006 年
- 5 病院スタッフのための地震対策ハンドブック -あなたの病院機能を守るための身近な対策- 防災科学技術研究所 2012