

表1 震度別に見た復旧の状況、および、MRの復旧の担い手と震度との関係(全体)

MR装置の安全指針作成の要素抽出のために、結果を分析した。

震度別に見た復旧の状況:

メーカーによる復旧作業開始までの期間、また機器が使用可能となるまでの復旧期間のいずれにおいても、震度上昇と関連した有意な復帰遅延が認められた ($p < 0.001$)

メーカーによる復旧作業(修理)開始までの期間(発災から) n371 調査報告解析						
	当日 (度数)	一週間以内 (度数)	それ以上 (度数)	なし (度数)	有意確率	
震度5未満	45.5% (5 / 11)	36.4% (4 / 11)	9.1% (1 / 11)	9.1% (1 / 11)	p<0.001	
震度5	32.5% (64 / 197)	46.2% (91 / 197)	17.3% (34 / 197)	4.1% (8 / 197)		
震度6以上	10.4% (17 / 163)	49.1% (80 / 163)	36.8% (60 / 163)	3.7% (6 / 163)		

機械が使用可能となるまでの復旧期間(発災から) n479						
	当日 (度数)	一週間以内 (度数)	それ以上 (度数)	有意確率		
震度5未満	80.0% (16 / 20)	15.0% (3 / 20)	5.0% (1 / 20)	p<0.001		
震度5	60.5% (170 / 281)	33.8% (95 / 281)	5.7% (16 / 281)			
震度6以上	15.2% (27 / 178)	55.6% (99 / 178)	29.2% (52 / 178)			

MRの復旧の担い手と震度との関係:

「病院(施設スタッフ)による点検のみによる再稼働(178件)」は震度5以下で上昇した。

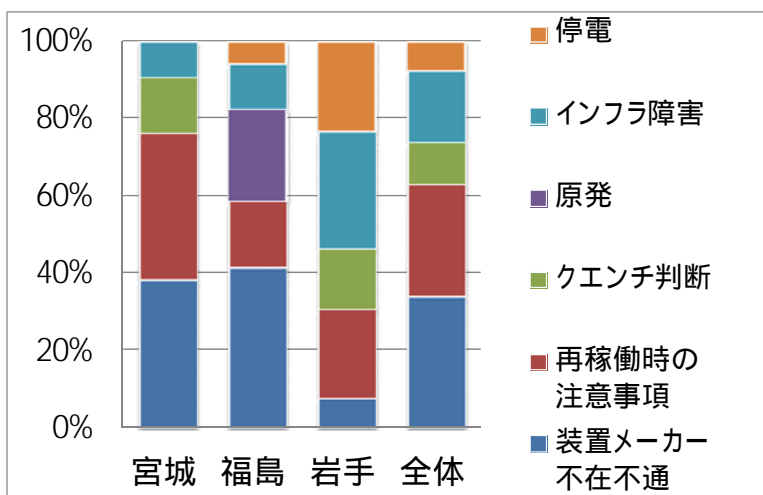
「MR装置メーカーによる再稼働(31件)」、「両者関与するもメーカー主導の再稼働(82件)」、「再稼働不能(20件)」は震度6以上で増加を示した。

MRの復旧の担い手と震度との関係(全体) n:440					調査報告解析
病院(施設スタッフ)による点検のみで再稼働させた					カイ二乗検定 有意確率
	該当 (度数)	非該当 (度数)			
震度5未満	41.7% (10 / 24)	58.3% (14 / 24)		p<0.001	
震度5	49.2% (127 / 258)	50.8% (131 / 258)			
震度6以上	25.9% (41 / 158)	74.1% (117 / 158)			
MR装置メーカーによる点検のみで再稼働させた					有意確率
	該当 (度数)	非該当 (度数)			
震度5未満	4.2% (1 / 24)	95.8% (23 / 24)		p<0.001	
震度5	2.3% (6 / 258)	97.7% (252 / 258)			
震度6以上	15.2% (24 / 158)	84.8% (134 / 158)			
両者が関与したが、MR装置メーカー主導で再稼働させた					有意確率
	該当 (度数)	非該当 (度数)			
震度5未満	4.2% (1 / 24)	95.8% (23 / 24)		p<0.001	
震度5	10.9% (28 / 258)	89.1% (230 / 258)			
震度6以上	33.5% (53 / 158)	66.5% (105 / 158)			
復旧が困難であった					有意確率
	該当 (度数)	非該当 (度数)			
震度5未満	.0% (0 / 24)	100.0% (24 / 24)		p<0.01	
震度5	2.3% (6 / 258)	97.7% (252 / 258)			
震度6以上	8.9% (14 / 158)	91.1% (144 / 158)			

表2 「復旧判断上で最も困ったこと」の自由記載

「復旧判断上で最も困ったこと」の自由記載で、もっとも回答の多かったのは装置メーカーへの不在不通であった(全体22件、宮城8件)。また、福島では原発 4件、岩手はで停電、交通インフラ障害が7件あったのが特徴的であった。表は件数、グラフは割合で示したものの。

	宮城	福島	岩手	全体
装置メーカー不在不通	8	7	1	22
再稼働時の注意	8	3	3	19
クエンチ判断	3		2	7
原発		4		
インフラ障害	2	2	4	12
停電		1	3	5

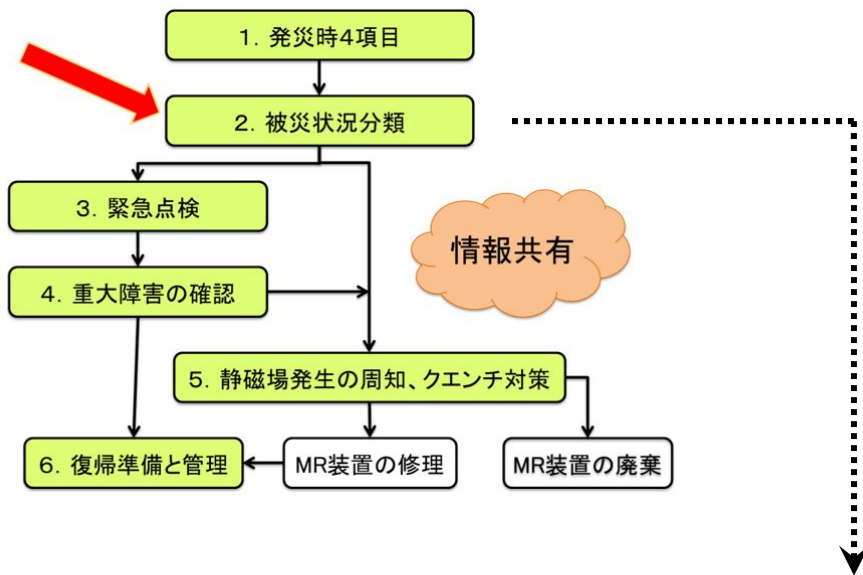


<付録1> 発災時における緊急対処 (2.被災状況の5分類とチェック項目)

「2.被災状況分類」の5つの分類の下位に位置づける形で、チェック項目のリスト化を行った。
AからEに対応するチェック項目は、次ページ以降に示す。

発災時における緊急的対処

災害時におけるMR装置の安全管理の流れ



被災状況の5分類とチェック項目

- A** · MR装置が設置された建物が倒壊、大破しMR装置が使用不能の場合(建物で管理が不能な場合)
- B** · MR装置の設置状況に重大な異常(「MR装置の重大な損傷」参照)が認められる場合(建物で管理が可能な場合)
- C** · MR装置の設置状況に重大な異常は認められないが、人命救助の必要等の理由により緊急に検査の要請がある場合
- D** · 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、震度5弱以上の影響を受けており、かつメーカーによる点検が当面期待できない場合
- E** · 上記のいずれにも該当しない場合

A

MR装置が設置された建物が倒壊、大破しMR装置が使用不能の場合(建物で管理が不能な場合)

チェック項目

- まず、現場への立ち入りの危険性について検討し、立ち入り可能ならばマグネットが励磁状態を維持しているか、クエンチが生じていないかを確認する
- 磁場が消失していない場合は絶対にマグネットに近づかないように、周囲への立ち入り禁止措置を取るとともに、警告の表示を行う
- 磁場が消失していても余震等により建物の損傷が進み液体ヘリウムが残存する重量物であるマグネットが二次的災害の原因になりうるので、立ち入り禁止措置を取る
- 行政が設置する緊急対策本部等に状況を報告する

B

MR装置の設置状況に重大な異常(「4. MR装置の重大な損傷」参照)が認められる場合(建物で管理が可能な場合)

チェック項目

- 該当のMR装置は使用しない
- 超伝導型のMR装置の場合は、冷却システムの状態を確認し記録をつける
- 復旧作業が完了するまでの間、立ち入り禁止措置と警告表示を行ない、施設内に周知する
- 配電盤レベルで冷却系、警報装置以外のMR装置のシステム電源を遮断する

C

MR装置が設置された建物が損傷を受けている場合(MR装置の被害の有無を問わない)

チェック項目

- 高圧の電気回路を有する装置であることを念頭におき、津波や降雨等に起因する漏電、回路損傷(警報装置も含む)の危険性に留意すること
- 損傷の状況からクエンチ、火災リスクの程度を評価すること
- 撮影室の電磁シールドの損傷を念頭において、その影響を評価すること

D

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、震度5弱以上の影響を受けており、かつメーカーによる点検が当面期待できない場合

チェック項目

- 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
- 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、連絡可能ならばメーカーの意見も参考にし、施設の最高責任者がMR装置使用の可否を最終判断する
- 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
- 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こと
- 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こと

E

上記のいずれにも該当しない場合

チェック項目

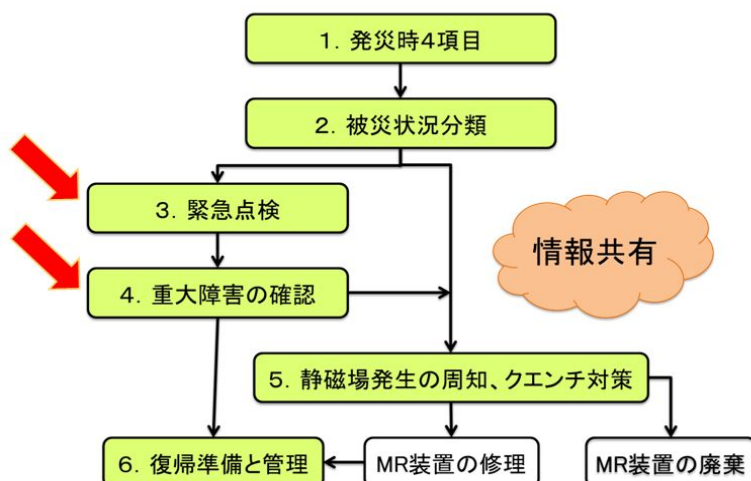
- 施設で定めた所定の点検手順が完了するまではMR装置の使用は控える事
- 使用前にMR装置メーカーの点検を受けることが望ましい
- 状況の変化は常に生じうること、特に余震や降雨の影響を考慮すること

<付録2> 発災時における緊急対処 (3. 緊急点検、4. 重大障害の確認)

「3. 緊急点検」、「4. 重大障害の確認」の下位に位置づける形で、チェック項目のリスト化を行った

発災時における緊急的対処

災害時におけるMR装置の安全管理の流れ



3. 緊急点検

以下のような項目について緊急点検が必要である

チェック項目

- クエンチが発生していないか
- 冷却システムが正常に稼働しているか
- マグネット（撮影ユニット）が移動していないか
- 機械室のユニット群（電源、制御、冷却系等）が移動していないか、移動の形跡がないか
- 撮影室の出入り扉、天井や床、壁に損傷が無いか
- 空調が正常に動作しているか
- 酸素濃度計等のモニタが正常に動作しているか
- MR室に酸素ガス等の配管がなされている場合は、ガスの漏れがないか
- オープン型MR装置の場合、磁極の支持構造に破損がないか
- 津波や雨漏り等による浸水の影響を受けていないか

4. 重大障害の確認

MR装置の重大な損傷の確認が重要である

チェック項目

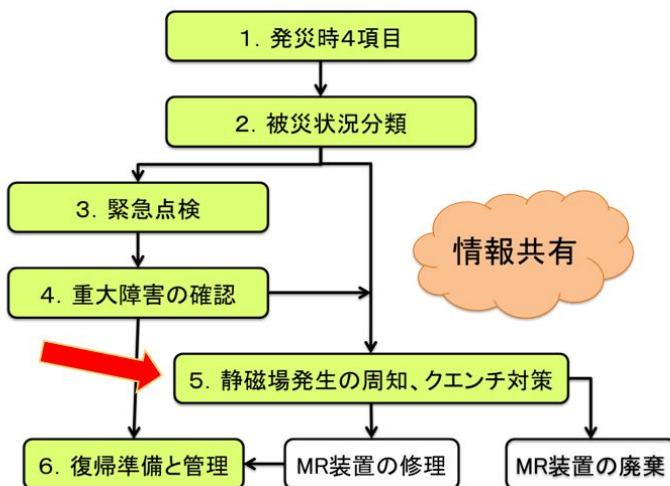
- マグネットの移動はないか
- マグネットの架台破損はないか
- マグネットや冷却機からの異常音発生はないか
- マグネット上部の配管の損傷、異常（特にクエンチダクト）はないか
- 冷却システム（室外機も含む）の破損はないか
- 寝台の破損、可動性不良はないか
- 磁性体の吸着はないか
- MR装置や配線経路への浸水、または浸水の痕跡はないか
- システムキャビネットやコンソールの転倒、破損はないか
- 撮影室シールドの重大な破損はないか
- 液体ヘリウム残量が限界線以下に低下はないか
- 落下して破損した送受信コイルはないか

<付録3> 発災時における緊急対処（5. 静磁場発生時の周知とクエンチ対策）

「5. 静磁場発生時の周知、クエンチ対策」の下位に位置づける形で、チェック項目のリスト化を行った

発災時における緊急的対処

災害時におけるMR装置の安全管理の流れ



5. 静磁場発生のお知らせ、クエンチ対策

MR装置が設置された建物が損傷を受けている場合、MR装置の被害の有無を問わず、以下のチェックが必須である

チェック項目

医療スタッフでも停電時には磁場は発生していないと誤解している可能性がある。永久磁石装置が磁場を発生し続けるのはもちろんであるが、超電導装置も、建物がかなりの損傷を受けていても、一定量の冷媒が残っていれば磁場を発生し続ける

⇒

- MR装置はクエンチして消磁されていない限り、停電時でも強力な磁場を発生していること、そのために吸引事故が発生しうることを周知する。
- MR撮影室や検査室の入口に張り紙等により磁場が発生している旨の警告を行なう

チェック項目 (続き)

地震による振動で液体ヘリウムが減少する可能性がある。また、停電による冷凍機の停止により液体ヘリウムは減少する。液体ヘリウムの充填がないまま停電が続くとクエンチに至る。

⇒

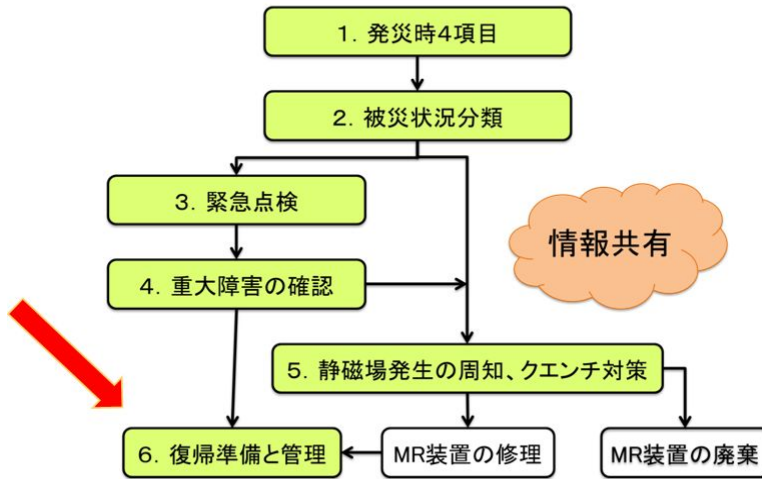
- 超伝導型MRI装置の場合には液体ヘリウムの残量に注意する
- 液体ヘリウムの残量が確認できない場合は目視によるマグネットの観察を続ける
- マグネットの内圧に変化が無いか記録をつける
- 激甚災害の発生時には、クエンチ時の対策である排気設備や酸素モニタに異常が生じている可能性があるため、強制排気システムの動作試験や酸素濃度計の動作状況の確認等を行う

<付録4> 発災時における緊急対処（6. 復帰準備と管理）

「6. 復帰準備と管理」の下位に位置づける形で、チェック項目のリスト化を行った。

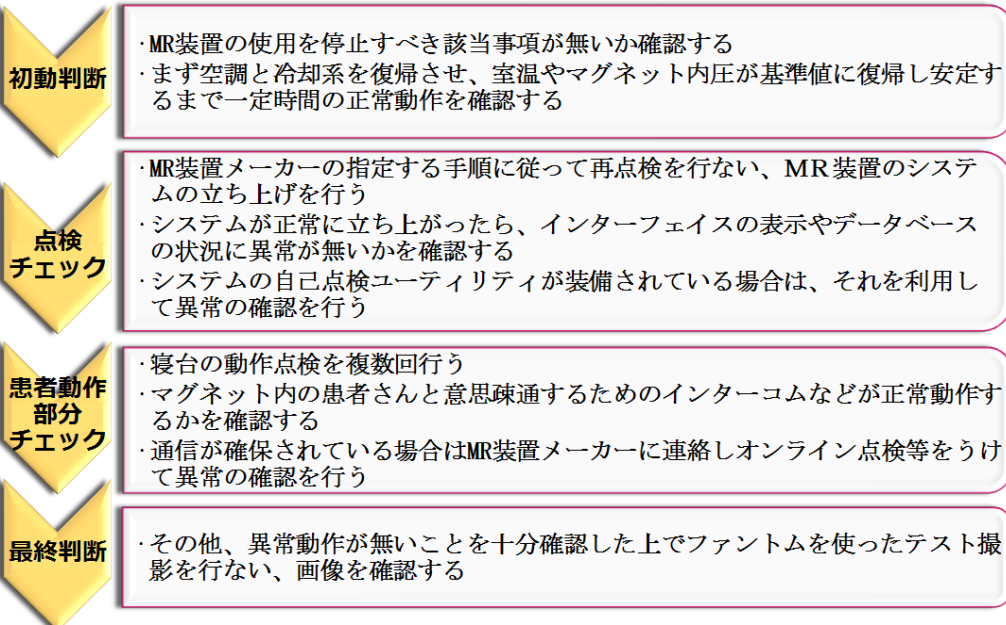
発災時における緊急的対処

災害時におけるMR装置の安全管理の流れ



6. 復帰準備と管理

復帰に向けた準備およびシステム管理全般について以下にまとめる



再稼働 ⇒判断の責任者を明確にし、事前準備として平時からの体制、訓練を！

以上

<付録5> 震災後のMR検査室の立ち入り禁止措置の例

静磁場発生の周知は極めて重要である。検査室への立ち入り禁止措置のひとつの実例と、検査室入口の張り紙の記載内容の例を示す。



【MRI装置設置室(MRI検査室)】

消防、警察、救助関係者の方々へ
この扉の先のMRI室は非常に強力な磁場が発生しています。

絶対に入室しないでください。

停電していても強力な磁場は発生したままです。また、ヘリウムガスが漏れている場合も有り、入室すると酸欠など危険な状況になる可能性もあります。

MRI検査室内に入室する必要がある場合は、必ず下記までご連絡願います。

連絡先: MRI担当者 ○○係長 000-000-0000
: MRI担当者 ○○係長 000-000-0000
: 放射線科技師長 ○○ 000-000-0000 院内PHS: 0000

