

気共鳴医学会大会 0-3-309、日本磁気共鳴医学会雑誌 33、S328、2013

- 17) 磯田治夫、市川和茂、小山修司、中井敏晴、町田好男、土橋俊男、山口さち子、野口隆志、東日本大震災における「MR 検査の患者の安全確保」と「MR 装置の安全確保」について、第41回日本磁気共鳴医学会大会 0-3-311、日本磁気共鳴医学会雑誌 33、S329、2013
- 18) 町田好男、引地健生、前谷津文雄、阿部喜弘、菱沼誠、安達廣司郎、武蔵安徳、清野真也、丹治一、中井敏晴、東日本大震災における東北3県のMRI被災調査報告 ～聞き取り調査結果を中心に～、第41回日本磁気共鳴医学会大会 0-3-312、日本磁気共鳴医学会雑誌 33、S329、2013
- 19) 前谷津文雄、丹治 一、清野 清也、安達廣司郎、武蔵安徳、土橋俊男、中井敏晴 東日本大震災の被災地におけるMR装置被害の実態調査報告 第69回日本放射線技術学会総会学術大会 #298、横浜、2013. 4. 13
- 20) 土橋俊男、中井 敏晴、藤田 功、栗田 幸喜、前谷津 文雄、山口 さち子 首都圏における大震災によるMRI装置の被害傾向 第69回日本放射線技術学会総会学術大会 #299、横浜、2013. 4. 13
- 21) 引地健生、前谷津文雄、阿部喜弘、菱沼 誠、町田好男、中井敏晴 東日本大震災の地震動によるMRI装置本体への影響 -アンカー止めしていない装置の移動の有無とその要因- 第69回日本放射線技術学会総会学術大会 #297、横浜、2013. 4. 13
- 22) 中井敏晴、前谷津文雄、安達 廣司郎、武蔵安徳、引地健生、阿部 喜弘、菱沼 誠、吉岡邦浩、町田好男 東日本大震災での津波によるMR装置の被害に関する調査研究 第72回日本医学放射線学会総会 #373、横浜、2013. 4. 14
- 23) 中井敏晴、丹治一、清野真也、石森文朗、砂森秀昭、榊田喜正、松本浩史、栗田幸喜、藤田 功、土橋俊男 MR装置に見られる東日本大震災の影響に関する調査研究 第72回日本医学放射線学会総会 #374、横浜、2013. 4. 14

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む。)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

引用文献

- 1) わがこと 防災減災 第1部・あの日何が…
(1) 石巻市雄勝病院／迫る海、まさか屋上まで 河北新報 2013年01月03日
- 2) その時、看護師、保健師たちは 声をつまらせ
震災体験語る 東海新報 使命感で救護に奔走 2011年09月30日
- 3) Kanno T, Iijima K, Abe Y et al. Peptic ulcers after the Great East Japan earthquake and tsunami: possible existence of psychosocial stress ulcers in humans. *J Gastroenterol* 48, 483-90, 2013
- 4) Kishimoto M, Noda M, The Great East Japan Earthquake: Experiences and Suggestions for Survivors with Diabetes (perspective), Kishimoto M, Noda M. *PLoS Curr.* 2012 May 15 doi: 10.1371/4facf9d99b997.
- 5) Nakamura A, Nozaki E, Fukui S, Endo H, Takahashi T, Tamaki K, Increased risk of acute myocardial infarction after the Great East Japan Earthquake, *Heart Vessels.* 2013 Apr 20
- 6) Omama S, Yoshida Y, Ogasawara K, Ogawa A, Ishibashi Y, Nakamura M, Tanno K, Ohsawa M, Onoda T, Itai K, Sakata K, Influence of the great East Japan earthquake and tsunami 2011 on occurrence of cerebrovascular diseases in Iwate, Japan, *Stroke* 44, 1518-24, 2013
- 7) 渡邊 崇, 鈴木寿則, 坪谷 透, 遠又靖丈, 菅原由美, 金村政輝, 柿崎真沙子, 辻 一郎. 東日本大震災前後での自覚症状有訴率の変化-被災者健康診査と国民生活基礎調査の比較-. 厚生生の指標 60、1-6、2013
- 8) 佐藤栄児 震災時における建物の機能保持に関する研究開発 文部科学省委託研究 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 総括成果報告書 46-59、2012
- 9) 日本磁気共鳴医学会 安全性評価委員会・他監修、MRI安全性の考え方、学研メディカル秀潤社、2010、ISBN 978-4-78090-807-7
- 10) 中井敏晴、山口さち子、土橋俊男、他 東日本大震災によるMR装置602台の被害状況報告 日本磁気共鳴医学会誌 33、92-119、2013
- 11) 引地健生、中井敏晴、土橋俊男、木戸義照、磯田治夫、村田和子、第41回日本磁気共鳴医学会大会ワークショップ 震災時の地域医療を支えるMR検査の安全確保 日本磁気共鳴医学会雑誌 34、2014 (in press)
- 12) 亀井裕孟・阪神・淡路大震災におけるMR 装置の被災状況調査結果. *日磁医誌* 15(Suppl) 141-142、1995
- 13) 社団法人日本放射線機器工業会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 (平成9~11年度)
- 14) 厚生労働省. 平成17年医療施設 (静態・動態) 調査・病院報告の概要. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/05/>

Ⅱ. 分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）

分担研究報告書 1.

MR検査室における震災対策 - 防災対策と緊急対処のための2指針1提言について

研究分担者 中井 敏晴
独立行政法人国立長寿医療研究センター 神経情報画像開発研究室長

研究協力者 土橋 俊男
日本医科大学付属病院 放射線科技師長

研究要旨

平成23年3月11日に東日本大震災が発生し、多くの犠牲者と被害を出した。医療機関は震災時の救命活動の拠点となるにもかかわらず、自らも被災し設備の損傷を免れ得ないばかりか、その職員も被災者となる。そのような状況下で、まだ余震が続く中、本来の医療活動に加え震災による傷病への緊急的な対応が必要となるため、医療器機の安全確保は重要な課題となる。MRI装置は国内で6000台が稼働し日常診療でも重要な役割を果たしているが、低温冷媒、高磁場、高電圧を用いるため、震災時には医療機関が自ら緊急的な安全管理の手順を確立し、2次災害の発生を防止しなければならない。さらには、被災後にMR装置を安全かつ可能な限り速やかに復帰させ、期待される災害後医療の一端を担うことが求められる。我々は、平成24年度に東北・関東の7都県で今回の東日本大震災で実際にどのような被害がMR装置に発生したか、発災当時に検査担当者が取った処置や行動、検査現場の視点から捉えたMR装置復帰過程の状況や課題、今後の防災対策に対する考えなどを明らかにするための調査を行なった。その結果を基に、「災害時におけるMR装置の安全管理に関する指針」（震災発生後のMR装置の安全管理）、「MR検査室の防災指針」（MR検査室の防災対策）、「MR装置の緊急停止システムの仕様統一に関する提言」（震災などの非常時において、患者を安全に避難させるために操作すべき各種の非常停止ボタンの仕様標準化）の2指針1提言を策定した。医療施設が自らMR装置の被災状況を点検する標準的な手順を確立できれば、その安全管理や使用再開の可否がより適切に判断でき、震災後医療への貢献にもつながると期待される。

A. 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では多数の医療機関も被災した。今回の大震災は震災発生後の医療活動において、画像診断機器を使用する上での安全担保について改めて考えさせられる契機となった。特にこの 20 年間の画像診断機器の普及はめざましいが、その間に発生した大地震との違いは、極めて強い地震が東日本の太平洋沿岸部全域に及ぶ広範囲に影響を及ぼしたことと、大規模な津波被害を伴ったことである。その結果、電力、通信、道路などのインフラ障害が広範囲かつ長期間に渡って発生した。最近の画像診断機器は精密な電子機器として複雑化しており、多くの場合その安全管理はメーカーの保守点検による品質管理を前提としている。今回のような大震災において極めて多数の画像診断機器が同時多発的に被害を受け、さらにはインフラ障害のために実際の保守作業が実施不可能になるという状態は未曾有の出来事であったと言わざるをえない。一般の事業所と異なり、医療機関は震災が起きたとしても業務を中止することはできず、むしろ医療ニーズは増大する。震災発生の有無とは関係なく、疾病は一定数発生する。震災が発生すれば受傷者が多数発生し、さらには震災後の生活環境の悪化のために慢性疾患の悪化が起きる¹⁻⁵⁾。このような震災後医療を担うためには、震災が発生しても可能な限り医療機関としての機能を落とさないようにする日頃の対策が不可欠である。今日の医療においては、画像診断機器があらゆる疾病や外傷の診断や治療効果の判定に不

可欠の存在となっており、震災が発生しても可能な限り速やかに復帰させられれば、その恩恵は大きい。しかし、今回の大震災で見られたように震度 6 や 7 の強い地震の影響を受けた場合、医療機器が外見上明らかに破損していなくても想定外の故障が発生していたり、すぐには異常が明らかにならなかつたりする可能性を考慮しなければならない。従って、診療再開の絶対的な必要性という医療機関の立場からは、医療機器の担保が大きな課題となってくる。

MR 装置はさまざまな疾患の診断に不可欠の画像診断機器であり、X線撮影装置や CT と並んで震災後医療における必要性が報告されているが⁶⁾、その一方で震災により被害が目立つ画像診断機器⁷⁾の中でも特に大きな被害が出る傾向がある。さらには、停電が発生しても高磁場を発生し続け、超電導型の装置では超低温であり気化による急激な不活性ガスの発生を生じる液体ヘリウムを使用しているので、震災の発生に際しては二次災害の防止と被害の最小化を考えなければならない。このような物理工学的な理由に加えて、我が国においては特に MR 装置の普及がめざましく、人口 100 万人あたりの設置数が世界 1 であり⁸⁾、中小病院やクリニックの導入事例が珍しくない⁹⁾ことも MR 装置の防災対策が重視されなければならない大きな理由である。MRI の稼働台数は 2011 年で、一般病院において 4183 台、診療所では 1751 台、合計 5934 台、そのうち 1.5T 以上の装置が 3448 台となっている⁹⁾。これほど MR 装置が我が国で多く普及している理由は、設置すれば一定の収益が期待で

きるが¹⁰⁾、設置には特に規制が無いことも関係すると考えられる。また、MR 装置導入の決定は、採算性だけでなく施設の意識が関係していることが指摘されており、その理由として対外的なイメージや医師の確保などがあげられている¹¹⁾。

日本磁気共鳴医学会では、発災直後の平成 23 年 3 月 15 日に「災害時における MR 装置の安全管理に関する緊急提言」を公表した。その内容は、MR の安全に関する知識を基に、震災直後の対策として考えられる事項をまとめたものであったが、MR の安全に関する一般的知識を基にして組み立てられたものであったため、その妥当性を検証する必要性が残った。平成 24 年度の本研究事業では、今回の東日本大震災により東北・関東の 7 都県で MR 装置の被害状況や当時の状況についての調査を行い、発災当時に検査担当者が取った処置や行動、検査現場の視点から捉えた MR 装置復帰過程の状況や課題、今後の防災対策に対する考えなどを明らかにした¹²⁾。その結果を基にして、平成 25 年度の本研究事業として、発災時の対策である「災害時における MR 装置の安全管理に関する指針」（「災害時における MR 装置の安全管理に関する緊急提言」の改訂）と、大震災を念頭においた対策である「MR 検査室の防災指針」の 2 指針を策定した（資料 1、2）。震災という視点に立つと、MR 装置の安全管理は、1）震災発生前に行うべき防災対策、2）発災直後の緊急対処（危機管理）、3）震災後医療に必要とされる MR 装置の安全な復帰、の 3 段階に分けられるが、この 2 つの指針でこの 3 段階全体をカバーする。

また、発災時に MR 検査中の患者を安全に避難させるためには緊急用の非常停止ボタンや操作ボタンを的確に操作しなければならないが、現状ではその仕様が統一されていない。MR 装置には他の医用機器に比べ非常用の緊急停止ボタンや緊急操作ボタンの種類が多く、複数の離れた場所に配置されている。その現状調査を行い、標準化の提案と短期的な対応策を検討した。

B. 研究方法

平成 23 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、同 3 月 15 日に日本磁気共鳴医学会から「災害時の MR 検査の安全に関する緊急提言」が公表された。平成 24 年 6 月から 8 月の期間には、震災により MR 検査室に発生した被害調査を行なった¹²⁾。その結果を基にして、上記緊急提言を改訂した「災害時における MR 装置の安全管理に関する指針」と、MR 検査室における今後の防災対策で重要と考えられる事項を集成した「MR 検査室の防災指針」の 2 指針の原案を当調査班において作成した。指針を 2 つに分けた理由は、緊急時の対処と平時における防災対策は内容が異なり、関係者が置かれている状況や判断の基準が異なるので、それぞれのフェーズにおいて重要な事項を区別する必要があるためである。この原案を図 1 に示す手順で検討を進め、案文の修正を行った。

ガイドライン策定にあたっては以下の点に留意した。①具体的な数値情報や事実関係が公開されている客観的事実に基づいていること。②具体的なリスクを想定した内容であること。③具体的手段や手順を明示することに

より現場にとって実施可能な内容であること。

④防災の専門家や MR 装置メーカー等多様な立場の意見ならびにパブリックコメントを求めることにより作成過程が透明で可視化されていること。⑤特定のバイアスを排除し、作成の当事者に利益相反があってはならないこと。意見募集や案文の検討は、1) 調査班員や、その協力組織である MR 研究会、技師会等（東北・関東太平洋沿岸 7 都県）に所属し、今回の大震災による被害状況について熟知している MR 検査の当事者、2) 必ずしも大震災による高度の被害を体験していない磁気共鳴医学会会員全般¹³⁾、中部、東南海地区（9 県）の MR 検査の当事者、3) 医療、建築、防災等が専門の外部有識者（MR の防災に関わる専門家会議の委員）、4) MR 装置の製造メーカー（5 社）、の 4 グループに対して行われた。

磁気共鳴医学会会員全般からの意見募集は以下の通り実施した。第 41 回日本磁気共鳴医学会大会（徳島市、大会長：原田雅史徳島大学教授、平成 25 年 9 月 19-21 日）の出席者（1421 名）に対して準備された 1200 部の資料を配布した。19 日に開催したワークショップでは、1. 防災のためのガイドライン作成の必要性と必要条件、2. 災害時における MR 装置の安全管理に関する指針、3. MR 検査室の防災指針、4. MR 装置の緊急停止システムの仕様統一に関する提言、5. 指定発言「和歌山県下における MRI 装置の状況 大地震および津波による大災害に対する安全対策に向けて」の概要を報告した。このワークショップの時間帯も含め、大会期間中に書面によるパブリックコメントを募集した。

また、MR 装置メーカー 5 社からは、指針に対する意見だけでなく、震災対策を考える上で重要と考えられる技術的事項についての情報提供を依頼し回答を得た（回答期間：平成 25 年 8 月 23 日～9 月 30 日）。質問項目は以下の 10 項目である。

(1) 今回の東日本大震災において MR 装置メーカーの視点から見て課題となった事項は何か

(2) 発災時から現在までにユーザー向けに出した震災対策を主旨とした情報について

(いつ、どのような内容を、どのような方法で)

(3) 震災対策として、今後ユーザーに実施してもらいたい事項（防災対策、緊急対策のそれぞれで)

(4) 震災対策を念頭においたマグネットの設置方針について

1. アンカー固定を行うことを原則としているか
2. アンカー固定を行わないことを原則とする場合、その理由は何か
3. アンカー固定を行うかどうかについてユーザーの判断を求める場合にどのような情報を提示しているか
4. アンカー固定を行わなかった場合にマグネットの移動による被害を最小化するための具体的対策があるか
5. アンカー固定を行わなかった場合にマグネットの移動により発生した被害回復の負担についてどう考えているか

6. アンカー固定を行ったために却って被害が拡大したり、致命的な破損が生じた事例を把握しているか
7. 免震構造と（従来型の）耐震構造とで設置方針を変えているか、あるいは変えるべきか
8. 床免震（撮影室の床に除震装置を設置してマグネットを免震する方法）は震災対策の方法として考えているか
- （5）火災発生時における「MR装置への対処」についてユーザーにどのような説明をしているか（患者や職員の安全に関する事項以外で）
1. MR装置に起因する火災の場合と、建物の他の部分で発生した火災による延焼が考えられる場合のそれぞれについて
 2. 撮影室に火の手が回りそうな場合に、マグネットを強制クエンチさせる必要があると考えるか
- （6）MR装置の設計について
1. 震災を念頭においたマグネットやその付属品、周辺システム等の強度に関する設計基準があるか
 2. 撮影装置（寝台部分を含む）の設計に震災時の避難を想定した工夫を行っているか
- （7）クエンチボタンの操作について
1. 動作保証について何か定めがあるか（平時と震災時のそれぞれについて、機能しなかった場合の保証について）
 2. 強制クエンチ操作を行う基準やクエンチ後に発生しうる装置へのダメージ、費用負担などについての具体的な内容、説明の方法等について
- （8）緊急停止ボタン（強制クエンチボタン、電源遮断ボタン、スキャン停止ボタン、その他）の仕様を標準化するために解決しなければならない課題は何か
- （9）超伝導型のMR装置に使用されているマグネットの仕様についての情報開示はどこまで可能か
1. 冷凍機停止後のヘリウム蒸発量増加特性、必要液体ヘリウム下限値など、冷却停止状態でクエンチに至るまでの「持ち時間」の推定に参考となる情報
 2. マグネットの仕様に関する情報の取り扱いに関して、マグネットメーカーとの取り決めがあるか（ユーザーに公開ができない情報としての取り扱いがあるか）
- （10）今後予想される東南海地震、首都直下型地震を想定したユーザーへの情報提供の方針、特に
1. MR機器装置の復帰手順等（一般的な停電の場合と震災後のそれぞれについて、その具体的伝達手段）について
 2. 設置方法と震災等の影響に関するリスクについて
 3. 震災等での被害発生時の契約免責（販売時、保守契約時）について
 4. 震災時におけるサービスマンの行動マニュアルについて
 5. 社会全般への啓蒙活動について

MR装置の緊急停止システムの仕様統一については、MR装置5社が現時点で販売している代表的なMR装置に装備されている各種緊急ボタンの仕様調査と、その比較検討を行なった(資料3)。

MRの防災に関わる専門家会議では、放射線医学、生体計測、電気工学、建築学、防災学、地震観測の各分野の有識者を委員として選任し、2回の会合(平成25年7月25日、11月14日)とそれぞれの会合の後で書面確認を実施し、指針原案に対するご意見をいただいた。

以上の手順により作成された最終案は日本磁気共鳴医学会に報告された。本稿においては上記2指針1提言の内容を報告するとともに指針を参照される際に留意すべき事項を報告する。

C. 研究結果

1 2指針の策定における論点

「災害時におけるMR装置の安全管理に関する指針」と「MR検査室の防災指針」の2指針の最終案は、日本磁気共鳴医学会の安全性評価委員会で審議された後、同理事会での審議に託されて最終確認を行って決定され、平成26年1月15日に同学会ホームページより公知されるに至った。

指針の記載に関する留意事項

医療機関の機器被害は震度5と6の間に程度の境界があると報告されており^{7,12)}、日常的に遭遇する震度4以下の地震と大震災ではMR装置等の医療機器の安全管理を行う前提が変わってくる。大震災においては、それぞれの施

設の震源地からの距離、立地条件や建物構造によってさまざまな被害状況が発生する。震災によりMR装置に発生した被害の内容や程度だけでなく、他に優先すべき事項の有無、建物構造やMR装置の仕様など施設固有の条件、発災の時間帯やその時点でのMR検査室における体制、停電やその他のインフラ障害の有無、その他の偶発的な事項などから優先順位づけを含めた総合的な判断が求められる。また、施設の性格やMR検査室の体制によって実際に「何がどこまで実施可能であるか」も変わってくる。従って、あらゆる場合を想定して指針を組み立てることは困難であり、現場の状況判断に大きく依存するため全てを定型的な手順として記述することが困難な事項がある。それぞれの指針の前文において指摘しているように、この2指針を参考としてその施設の体制や運営状況を考慮して、個々の施設でMR検査室の防災対策を定めなければならない。また、MR検査従事者以外でも理解できるMR検査室の防災対策資料を準備すれば有用であろう。

施設全体の震災時手順との整合性

震災において医療従事者は所属する施設の指示に従って行動しなければならないが、同時に各々に課せられた本来の職務分担として必要な事項との兼ね合いを考慮しなければならない。震災後医療では医療ニーズは急激に需要が高まるが、一方で医療施設自体も被災し、そこで働く医療従事者も個人には被害者でもあるという制約の中で、残された資源を有効に使う可能な限りの業務を続けなければならない。本指針ではMR検査室に関する事

項を扱っているが、この指針はMR検査室で独立して運用すべきものではない。予め個々の施設が定める防災手順の中で位置づけをし整合性を取った上で、実際の被害状況も勘案して対策を実施するべきである。そのためにも、その施設において震災後医療が実際にどのようなものになるかを想定して、MR装置をはじめとする画像診断機器の運用について包括的なシミュレーションが有用であろう。

火災への対応

今回の東日本大震災では、MR検査室やその周辺で火災が発生した事例は報告されていない。阪神淡路大震災^{14, 15)}でも大規模な火災が発生したものの、MR装置に関する記録は見当たらない。火災発生時は可能な限り電源を遮断すること、消火や救援活動のために撮影室に消防士や救援者が立ち入る場合は、必要に応じて消磁（強制クエンチ）することなどが一般論として指摘されているが、それ以上に震災における大規模火災への対策として何が必要であるかは今後の検討を要するので、今回は記載を見送った。

エンクロージャ内の点検

最近のMR装置はマグネット上部にもエンクロージャ（マグネットの覆い）で覆いをするデザインのものも多く、マグネット上部にある冷却システムや排気管の様子を目視確認ができない。マグネットの表面観察や圧力計の数字も、エンクロージャを開けないと点検できない。ユーザーによるエンクロージャの取り外し作業については、予めメーカーと協議して手順を確認することが推奨される。

ユーザーによる復帰

ユーザーによる復帰の可能性は、ユーザーの知識レベル、被害状況、MR装置メーカーの考え方によるが、東日本大震災においては43.9%の施設で「MR装置メーカーによる点検作業を待てないので、病院（施設）スタッフによる点検で再稼働させた」ことが判明している¹²⁾。52.7%の施設が3日以内に装置の再稼働を行っているが、メーカーによる復旧作業が発災後3日以内に開始されたのは29.4%の施設であった。東日本大震災のような広範囲に被害を及ぼす大震災では、同時多発的に被害が発生するだけでなくMR装置メーカーの拠点も被災するので、普段のようなサポートの実施が不可能になるのは当然のことである¹²⁾。本指針ではユーザーによる復帰を行う場合に必要と考えられる点検事項をまとめたが、これは孤立無援の状態でのユーザーによる復帰を推奨する意味ではない。しかし、実際にはMR装置を導入している医療機関は一定規模を有する事が多く、特に地域の基幹病院、震災拠点病院となっており建物も十分な地震対策がなされている場合は震災後医療を担う必要からMR装置についても早期の復帰要請が強い。また、大規模病院でスタッフの熟練度が高い場合はユーザーによる復帰の潜在的能力が高いと考えられる。ユーザーによる復帰の可能性はユーザーとメーカーの個別の関係によるところが大きいと考えられる。自社社員による復帰が原則であることを強調するメーカーもあるので、事前にメーカーとよく協議の上で、発災後に何をどこまで実施するかを検討して、個々の施設で手順を定める必要がある。

液体ヘリウムの残量把握

地震の発生により液体ヘリウムの一時的な気化量の増大が生じるが¹²⁾、停電の発生により液体ヘリウムの回収・再液化が停止すると冷却槽内の液体ヘリウム量の減少は加速するので、遅延クエンチ¹²⁾に注意する必要がある。震災時においては強制換気装置が起動しない、排気経路が損傷を受けてヘリウムガスが漏出するなど、クエンチが正常な過程を取らない可能性があり、注意しなければならない。従って、液体ヘリウムの残量は重要な情報である。しかし、現状ではその測定には電源が必要であるため停電下での残量確認は困難とされている。マグネットの仕様により冷凍機停止後の液体ヘリウム減少速度が異なるので、停電下で減少する液体ヘリウムの残量を予測するためには、液体ヘリウムの残量とマグネットの特性の双方が必要な情報である。しかし、今のところマグネットメーカーの多くはその特性についての詳細情報を公開していない。

現時点ではMR装置に装備されているヘリウムメーターのバッテリー駆動化、ロガーによる測定の自動化やデータの自動送信化などの対策は標準化されておらず、今後の検討課題と考えられる。冷凍機の停止状態での液体ヘリウムの減少速度は、医療機器の安全管理に必要な情報という観点から開示が待たれるが、現時点では、普段から液体ヘリウムの量をチェックし、特に停電時における液量変化を確認するなど、設置されているマグネットの特性を可能な限り自ら把握することが対策となる。

2 MR装置メーカーからの意見聴取

震災等を念頭においたMR検査室の安全対策に関する問合せ事項に対するMR装置メーカーからの回答、代表的意見を以下に要約する。

(1) 今回の東日本大震災においてMR装置メーカーの視点から見て課題となった事項としては、①インフラ（電源、交通、通信）障害の回答が最も多く、次いで②原発による立ち入り制限や、③津波の影響が指摘された。

(2) 発災時から現在までにユーザー向けに出した震災対策を主旨とした情報提供については、①メーカーホームページ、②ユーザーミーティング、③技師会の会合、④ユーザーへの資料（文書）配布の4手段が用いられ、内容は、①磁気共鳴医学会による緊急提言にメーカー独自の情報を加えた内容、②メーカー独自の自社ユーザー向け情報の二通りに分類できた。

(3) 震災対策として今後ユーザーに実施してもらいたい事項は、①緊急対策マニュアルの整備と、それに基づく訓練、②立入禁止措置の徹底、③メーカーサービスマンとの連携、④MR装置の取り扱い説明書の熟読の4項目に分類された。

(4) 震災対策を念頭においたマグネットの設置方針については、①アンカー固定を原則としているとするメーカー（3社）と、②非固定が原則とする（但し、ユーザーの希望には対応）メーカー（2社）に方針は分かれている。アンカー固定を行わないことを原則とする理由としては、アンカー非固定が一種の免震作

用として働くこと、撮影室のシールドへの影響などが挙げられた。また、アンカー固定を原則としていても、撮影室の施工内容（建物の状況）のためにアンカー固定が困難な場合があることも指摘された。アンカー固定を原則としている全社が、①アンカー固定を行ったために却って被害が拡大したり、致命的な破損が生じた事例の報告は無く、②MR装置を設置する建物が免震構造であるか（従来型の）耐震構造であるかによって設置方針の変更は無いとしている。非固定が原則のメーカーは、アンカー固定を行わなかった場合にマグネットの移動により発生した被害回復の負担についてケースバイケースでの判断としている。床免震はアンカー固定を行わなかった場合にマグネットの移動による被害を最小化するための具体的な対策としてはまだ位置づけられていなかった。

（５）火災発生時における「MR装置への対処」については、MR装置に起因する火災の場合であれ、他のからの延焼の場合であれ、対応事項はユーザーや消防等の判断事項であり、装置の取り扱い説明としての範囲を超える部分についてはメーカーとしての関与は行っていないこと、強制クエンチは人命救助や消火活動に必要とユーザーや消防等が判断する場合であること、がMR装置メーカーの共通認識であった。

（６）MR装置の設計基準については、日本画像医療システム工業会（JIRA）が制定する業界基準（JESRA）の耐震設計（X-0086）が挙げられたが、MR装置メーカー独自の基準につい

ての言及は無かった。撮影装置（寝台部分を含む）の設計に震災時の避難を想定した工夫としては、寝台のロック解除機構による手動による引き出し、寝台の離脱による避難が可能であること、などが報告された。

（７）クエンチボタンの動作保証については、①点検時に実際にクエンチを発生させない状態での回路の動作確認までは可能であるが、その先については完全に保証できないこと、②自然災害により発生した事項については保証の対象外であること、③強制クエンチ後の復帰費用は原則ユーザー負担であること、などがMR装置メーカー共通の見解であった。なお、強制クエンチによるMR装置へのダメージは特に発生しない、とするコメントもあった。

（８）緊急停止ボタンの仕様を標準化するための課題については、①工業規格に対する具体化レベルでの共通の理解、②（国際）規格化の必要性、③制御方法の統一、などの必要性が指摘された。

（９）超伝導型マグネットの仕様についての情報開示については、①マグネットに関する詳細な情報は、MR装置メーカーはマグネットメーカー（*）との契約で守秘義務を負っていることが多いこと、②そのため、マグネットメーカーが公開している情報以上の情報は出せないこと、③しかし、個別のユーザーからの要請があれば、そのユーザーが所有する装置については一定の情報提供の可能性について検討する余地はある、あるいは、ヘリウムの減少についてのおおまかな仕様について

は回答可能、との回答を寄せたMR装置メーカーもある。ユーザーが知りたい情報は、冷凍機が止まった状態での液体ヘリウムの減少速度など、液体ヘリウムの残量を推定するための限られた情報であり、詳細な仕様の全体では無い。

* (注) 欧米のMR装置メーカーはMR装置用にマグネットを供給する欧米の主要なマグネットメーカーを系列会社化している。国内のMR装置メーカーは欧州メーカーか、日本国内のマグネットメーカーからマグネットを購入している。

(10) 今後予想される東南海地震、首都直下型地震を想定したユーザーへの情報提供の方針は、①MR装置の復帰についてはメーカーのサービスマンとの連携してほしい、②メーカーのホームページを利用した社会全般への啓蒙としての情報発信などに努めている、しかし、③東南海地震、首都直下型地震への具体的な対策については今後の課題も残っている、などの回答が寄せられた。メーカー個別の回答としては、④情報発信の場としてはユーザーミーティングを中心に考えている、⑤震災後のMR装置の復帰は社員で行う、との回答もあった。なお、震災時のサービスマンの行動については社内の指針はあるが、ユーザーに対しては非公開であるとする回答と、CSRで公開したとする回答があった。

3 パブリックコメント

第41回日本磁気共鳴医学会大会の大会期間中に書面によるパブリックコメントを募集した。主な意見は以下の通りであり、主に指針

の周知や内容の明確さに関する要望であった。

「2つの指針については、磁気共鳴医学会をはじめ関連学会のホームページからダウンロードできるようにすること」、「復帰の手順をフローチャート化するとわかりやすい」、「マグネットの移動など電源を入れることを止めることが望ましいケースについて明確に示す方がよい」、「是非とも国内統一のシール作成してください」等である。

D. 考察

これまでの地震対策は建物の耐震化と画像診断装置を設置する時の固定方法が中心であったが、今回の東日本大震災では従来の想定を越えた被害が発生した。特に震災後のインフラ障害がMR装置の稼働復帰の妨げになるだけでなく新たなリスク要因となりうること、外部からの支援が無い状態で施設のスタッフによる安全点検、復帰作業の試みが不可避となった点が注目される。しかし、診療再開の前に念入りなMR装置の点検が必要である。阪神・淡路大震災の調査報告でも、「医療機関のMR担当者からの要望として、メーカー毎ではなく共通の機器の安全基準、機器設置の安全基準、災害対応マニュアルの作成が強く望まれている」と報告されている^{9,16)}。その15年後に東日本大震災が発生するに至ってこの2指針が策定された。今回策定した指針は、多様な事象が生じ臨機応変の対応が必要となる震災における危機管理が目的であり、MR装置の管理上の規制や何らかの行動の義務化を念頭においたものではない。それぞれの施設において医療安全管理者の監督下において実施さ

れる医療機器の安全管理や施設全体の防災手順との整合性が重要である。

今回の指針策定を通して判明したことのひとつは、一般の事業所と異なり、医療機関は震災による業務休止がもともとありえないどころか、むしろ業務量が増加するという点が、医療分野以外ではあまり認知されていないことであった。医療機関に設置されている機器類は、どれもこれもそれなりの必要性があって存在し、その必要性は震災によって増えることはあっても、減る場合は少ないであろう。安全確認のために何ヶ月も使用を休止することが困難なものがほとんどである。また、近年は建築技術が進歩し、特に、免震建築の場合は大震災に見舞われても大きな被害の発生は無く、病院の機能がほぼ保たれる。一方で、耐震構造の施設では建物の大きな破損は無くても、内部に設置されている機器類は一定の損傷を受ける可能性がある。このように、震災による被害の発生状況が多様化しているのが最近の傾向と言える。個々の施設でどのような被害が予想され、その状態でどのような「震災後医療」のニーズが想定されるか、そのためにはどのような準備が必要か、十分なシミュレーションが大切である。

MR装置そのものに関しては、決して技術的には難しくないにも関わらず、実装できていない項目がいくつかあった。①停電時にすみやかにMR装置の冷却系電源を非常電源に切り替える準備ができていない施設は少数であった。②停電下でもヘリウムメーターが使用できるような予備電源（バッテリー、非常電源の利用）が準備されていない。③ヘリウム残量を

毎日自動的に記録、送信するデータロガーの装備が無い。④緊急地震速報を受けて、撮影を自動的に停止する機構が無い。①～③は、震災後の停電状態においてマグネットの管理を行うために非常に有用である。たとえマグネットの仕様詳細が不明であったとしても、個々のマグネットを丹念にモニタすることにより、現場で必要な液体ヘリウムの減少特性は確認できる。これらの項目は容易に実現できるはずであり、今後の改良を望みたい。特に停電時の液体ヘリウム残量のモニタ機能は重要である。マグネットの仕様については、医療機器として使用されている装置の安全管理に必要な情報であり、今後は、一定の項目については公開を義務付けるべきかどうか検討の必要があろう。

緊急停止ボタンの仕様統一については資料3で詳説するが、工業規格としての統一までには時間がかかると予想されるので、現場での取り組みを先行させるざるをえない。本調査研究では試案を公表したが、今後、現場での取り組みが進むことを期待したい。

E. 結論

平成25年度の調査研究として「災害時におけるMR装置の安全管理に関する指針」、「MR検査室の防災指針」「MR装置の緊急停止システムの仕様統一に関する提言」の2指針1提言を策定した。医療施設が自らMR装置の被災状況を点検する標準的な手順を確立できれば、その安全管理や使用再開の可否がより適切に判断でき、震災後医療への貢献にもつながると期待される。

G. 研究発表

1. 論文発表

- ・中井敏晴、山口さち子、土橋俊男、前谷津文雄、引地健生、清野真也、丹治 一、安達廣司郎、武蔵安徳、菱沼 誠、阿部喜弘、石森文朗、砂森秀昭、榊田喜正、松本浩史、栗田幸喜、藤田 功、磯田治夫、小山修二、村田和子、水口紀代美、木戸義照、野口隆志、梁川 功、町田好男 MR検査室における震災対策 - 防災対策と緊急対処のための2指針について 日本磁気共鳴医学会雑誌 (投稿中)
- ・Nakai T, Maeyatsu F, Adachi K, Musashi Y, Hikichi T, Hishinuma M, Abe Y, Yamaguchi S, Machida Y, Yoshioka K, The Tsunami Disaster and MR Scanners in the Great East Japan Earthquake in 2011. *Magnetic Resonance in Medical Sciences*, 2014 (in press)
- ・引地健生、中井敏晴、土橋俊男、木戸義照、磯田治夫、村田和子、第41回日本磁気共鳴医学会大会 ワークショップ 震災時の地域医療を支えるMR検査の安全確保、日本磁気共鳴医学会雑誌 34、6-13、2014
- ・前谷津文雄、丹治一、清野真也、武蔵安徳、安達廣司郎、土橋俊男、山口さち子、中井敏晴、東日本大震災の被災地宮城県におけるMR装置被害の実態調査報告、日本放射線技術学会雑誌 (in press)
- ・中井敏晴、山口さち子、土橋俊男、前谷津文雄、引地健生、清野真也、丹治 一、安達廣司郎、武蔵安徳、菱沼 誠、阿部喜弘、石森文朗、砂森秀昭、榊田喜正、松本浩史、栗田幸喜、藤田 功、磯田治夫、野口隆志、梁川 功、町田好男 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. 学会・研究会等発表

- ・前谷津 文雄 (特別講演) 災害、震災時等でのMR検査の安全確保について、山形県放射線技師会第38回MR研究会、平成25年12月8日、山形県東置賜郡川西町
- ・清野真也、丹治一、町田好男、山口さち子、中井敏晴 東日本大震災におけるMR 装置被害の実態調査 ～福島県調査報告～、第3回東北放射線医療技術学術大会予稿集、42-3、2013年11月2日 福島
- ・安達廣司郎、武蔵安徳、中井敏晴、東日本大震災でのMRI装置の被害調査(岩手県の場合)平成25年度日本赤十字社診療放射線技師会東北ブロック研修会(八戸赤十字病院)2013年9月28日
- ・武蔵安徳、東日本大震災によるMRI装置被害調査報告(岩手県地域) 岩手医用画像研究会 盛岡(岩手県立中央病院) 平成25年10月5日
- ・引地健生、前谷津文雄、阿部善弘、菱沼誠、町田好男、山口さち子、中井敏晴、東日本大震災におけるマグネット移動損傷について～宮城県内84MRI装置の設置方式の違いと強振動による影響～、第3回東北放射線医療技術学術大会予稿集、43、2013年11月2日、福島
- ・石森文朗、土橋俊男、藤田功、栗田幸喜、榊田喜正、松本浩史、砂森秀昭、中井敏晴、東日本大震災におけるMRI装置の被害状況(関東地区)～今後の震災に備えた対策、第41回

日本磁気共鳴医学会大会 P-2-172、日本磁気共鳴医学会雑誌 33、S418、2013

・引地健生、山口さち子、中井敏晴、土橋俊男、前谷津文雄、町田好男 東日本大震災の地震動によるマグネット移動の要因解析 -アンカー固定の有無と震度について-、第41回日本磁気共鳴医学会大会 0-3-309、日本磁気共鳴医学会雑誌 33、S328、2013

・中井敏晴 震災時の地域医療を支えるMR 検査の安全確保、第41回日本磁気共鳴医学会大会 WS3、日本磁気共鳴医学会雑誌 33、S145、2013

・中井敏晴、前谷津文雄、安達 廣司郎、武蔵 安徳、引地健生、阿部 喜弘、菱沼 誠、吉岡 邦浩、町田好男 東日本大震災での津波によるMR装置の被害に関する調査研究 第72回日本医学放射線学会総会 #373、横浜、2013. 4. 14

・中井敏晴、丹治一、清野真也、石森文朗、砂森秀昭、榎田喜正、松本浩史、栗田幸喜、藤田 功、土橋俊男 MR装置に見られる東日本大震災の影響に関する調査研究 第72回日本医学放射線学会総会 #374、横浜、2013. 4. 14

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

引用文献

(1)Kanno T, Iijima K, Abe Y, Koike T, Shimada N, Hoshi T, Sano N, Ohyauchi M, Ito H, Atsumi T, Konishi H, Asonuma S, Shimosegawa T. Peptic ulcers after the Great East Japan earthquake and tsunami: possible existence of psychosocial stress ulcers in humans. *J Gastroenterol* 48, 483-90, 2013

(2)Kishimoto M, Noda M, The Great East Japan Earthquake: Experiences and Suggestions for Survivors with Diabetes (perspective), Kishimoto M, Noda M. *PLoS Curr.* 2012 May 15 doi: 10.1371/4facf9d99b997.

(3)Nakamura A, Nozaki E, Fukui S, Endo H, Takahashi T, Tamaki K, Increased risk of acute myocardial infarction after the Great East Japan Earthquake, *Heart Vessels.* 2013 Apr 20

(4)Omama S, Yoshida Y, Ogasawara K, Ogawa A, Ishibashi Y, Nakamura M, Tanno K, Ohsawa M, Onoda T, Itai K, Sakata K, Influence of the great East Japan earthquake and tsunami 2011 on occurrence of cerebrovascular diseases in Iwate, Japan, *Stroke* 44, 1518-24, 2013

(5)渡邊 崇, 鈴木寿則, 坪谷 透, 遠又靖丈, 菅原由美, 金村政輝, 柿崎真沙子, 辻 一郎. 東日本大震災前後での自覚症状有訴率の変化 -被災者健康診査と国民生活基礎調査の比較-. *厚生*の指標 60、1-6、2013

- (6) 経済産業省商務情報政策局 ヘルスケア産業課 医療・福祉機器産業室 平成23年度医療機器等の開発・実用化推進のためのガイドライン策定事業（医療機器の安定供給に関する調査事業）報告書 平成24年3月、
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/shoujo/iryou_antei/report_001_01.pdf
- (7) 笥 淳夫 大規模災害に対応した保健・医療・福祉サービスの構造、設備、管理運営体制等に関する研究 平成23年度厚生労働科学研究費補助金報告書、2012
- (8) [http:// stats.oecd.org](http://stats.oecd.org)
- (9) 厚生労働省大臣官房統計情報部人口動態・保健社会統計課保健統計室 平成23年医療施設（静態・動態）調査・病院報告の概況 平成24年11月20日
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/11/>
- (10) 今井 信也 小川 俊夫 今村 知明、核磁気共鳴装置（MRI）の採算性の地域差に関する一考察：都道府県別MRI一台あたり収支の推計とその格差の要因分析 第33回医療情報学連合大会 医療情報額33Suppl, 394-397, 2013
- (11) 橋本千代、別所俊一郎、MRIの導入と利用：アンケート調査による検証 社会保障研究 47, 175-190, 2011
- (12) 中井敏晴、山口さち子、土橋俊男、前谷津文雄、引地健生、清野真也、丹治 一、安達廣司郎、武蔵安徳、菱沼 誠、阿部喜弘、石森文朗、砂森秀昭、榊田喜正、松本浩史、栗田幸喜、藤田 功、磯田治夫、野口隆志、梁川 功、町田好男 東日本大震災によるMR装置602台の被害状況報告 日本磁気共鳴医学会誌 33、92-119、2013
- (13) 引地健生、中井敏晴、土橋俊男、木戸義照、磯田治夫、村田和子 第41回日本磁気共鳴医学会大会 ワークショップ 震災時の地域医療を支えるMR検査の安全確保 日本磁気共鳴医学会誌 33、 、2013 (in press)
- (14) 亀井裕孟、阪神・淡路大震災におけるMR装置の被災状況調査結果 日本磁気共鳴医学会雑誌 第15巻、S141-142、1995
- (15) 社) 低温工学協会 平成7年度 被災調査臨時委員会、阪神・淡路大震災における低温・超電導機器被災調査報告、社) 低温工学協会、1996
- (16) 社団法人 日本放射線機器工業会 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（平成9～11年度）
http://www.jira-net.or.jp/commission/hyujunka/fr_information_01.html

MRの防災に関わる専門家会議 専門委員

阿部 修 (日本大学医学部)
高橋 俊行 (昭和大学藤が丘病院)
湯本 真人 (東京大学大学院医学研究科)
仁田 且三 (明星大学理工学部)
鎌田 崇義 (東京農工大学工学研究院)

特別委員

松井 正人 (気象庁地震火山部管理課)
佐藤 栄児 (防災科学技術研究所)

研究協力者一覧 (五十音順)

安達 廣司郎 (日本赤十字社盛岡赤十字病院)
阿部 喜弘 (独立行政法人 国立病院機構
仙台医療センター)
石森 文朗 (医療法人 聖麗会 聖麗メモリアル病院)
木戸 義照 (独立行政法人 労働者健康福祉機構 和歌山労災病院)
栗田 幸喜 (社会福祉法人 恩賜財団 済生会支部 埼玉県済生会栗橋病院)
小山 修二 (名古屋大学 脳とこころのセンター)
砂森 秀昭 (社会福祉法人 恩賜財団 済生会 水戸済生会総合病院)
清野 真也 (福島県立医科大学附属病院)
丹治 一 (公益財団法人 仁泉会 北福島医療センター)
土橋 俊男 (日本医科大学付属病院)
引地 健生 (栗原市立栗原中央病院)
菱沼 誠 (一般財団法人 厚生会 仙台厚生病院)

藤田 功 (さいたま市立病院)
前谷津 文雄 (財団法人 宮城厚生協会 泉病院)
榊田 喜正 (千葉大学医学部附属病院)
松本 浩史 (千葉大学医学部附属病院)
水口 紀代美 (医療法人治久会 もみのき病院)
武蔵 安徳 (岩手県立中央病院)
村田 和子 (高知県・高知市病院企業団立高知医療センター)
梁川 功 (東北大学病院)

協力組織

岩手MRI研究会
宮城MR技術研究会
福島県MRI技術研究会
茨城県技師会MRI研究会
千葉撮影技術研究会 MRI基礎勉強会
東京MR励起会
SAITAMA MRI Conference
公社) 日本放射線技術学会中部部会、同MRI研究会
公社) 石川県診療放射線技師会
公社) 静岡県放射線技師会
和歌山MRサロン
高知MRI研究会
公社) 高知県診療放射線技師会
GEヘルスケア・ジャパン
シーメンス・ジャパン
東芝メディカルシステムズ
日立メディコ
フィリップスエレクトロニクスジャパン

MR検査室の防災指針 策定スキーム

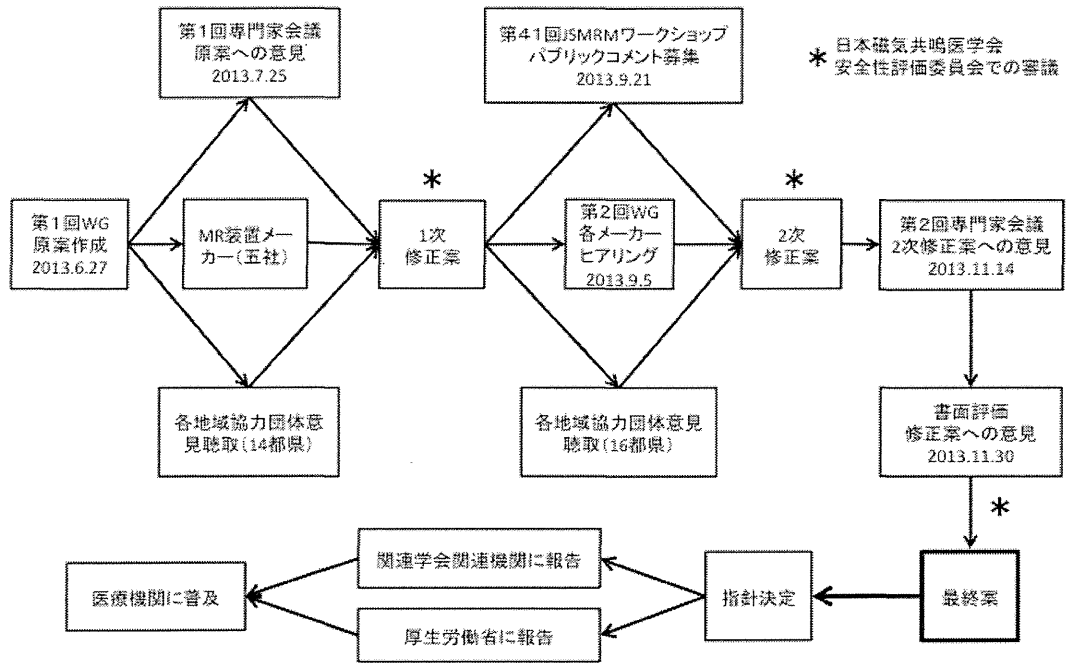


図1

資料 1

災害時におけるMR装置の安全管理に関する指針

目次

前文	1
本文	
1. 発災時の緊急的対処	2
2. 被災状況の分類	2
3. MR装置の受けた被害状況の点検項目	4
4. MR装置の重大な損傷	7
5. 静磁場発生の周知とクエンチ対策	8
6. 復帰に向けた準備、システム管理全般	8
資料	10
文献	10

前文

通常、MR装置は十分な強度をもって設計、設置されているが、直下型地震や大震災では想定外の影響が及ぶ可能性がある。本指針では東日本大震災等の被害状況から判明した事項を基にして、震災後のMR装置の安全管理として重要と考えられるものをまとめた。本指針はあらゆる場合を想定し網羅するものではないが、震災直後の安全対策として必要と考えられる標準的な事項を要約した。MR装置設置場所の被災状況、機種や設置状況により、特に何に注意を払うべきかが異なるであろう。常に「想定外」の問題が存在すると考えて、各施設の責任者の判断の基で細心の注意を払って震災発生時の対処を行っていただきたい。本指針はMR検査に携わる者の職責を念頭において作成したものであり、各施設での具体的な手順書や震災時の体制は、その施設全体の防災対策手順や運営方針との整合性に留意して定めていただきたい。

*本指針は平成23年3月15日に日本磁気共鳴医学会から出された「災害時におけるMR装置の安全管理に関する提言」を改訂したものである。