

妊娠中のMRI検査業務担当の現況と非電離放射線の意識状況調査 —結果概要と対応状況†

山口さち子*1, 井澤修平*2, 今井信也*3, 赤羽 学*4, Rianne Stam*5, 王 瑞生*1

本研究では、妊娠就業者のMRI検査業務配置を考えるにあたり、どのような情報発信が必要かを明らかにするために、平成29年11月に国内MRI設置施設(5763施設)の管理者(MRI検査責任者宛)に妊娠就業者のMRI検査業務の配置方針とその選択根拠を問うアンケートを実施した。配布した5763件のうち2103件が回収され(単純回収率36.5%),2072件を有効回答数とした。基本統計からは、MRI検査部門への女性の登用が進んでおり女性職員がMRI検査業務で存在・関与する割合は中央値(0を除外)で29.6%であった。妊娠就業者のMRI検査業務配置方針(予定方針含む)には国内一貫性は観察されず、妊娠後は積極的に配置する施設は7.6%、以前と同様の頻度で配置する施設は32.8%、配置回数を減らす施設は52.6%であり、配置を回避する傾向が高いことが示された。選択根拠については、57.6%の回答者が「これまでに影響ありという報告はないが念のための措置として」とする回答であり、かつ、有害性情報の開示と実務上のガイダンスのニーズが示された。非電離放射線に関する意識調査については一定の関心があり、配置方針の選択にも影響を与えている可能性が示唆された。将来対策として、ガイドライン、ガイダンスに関して90.5%の回答者が何らかの提案は必要であると回答しニーズの高さが明らかとなった(日本磁気共鳴医学会雑誌 Vol. 38, pp. 103-119.)。これらの結果に基づき、情報提供資料として当研究所HP、報告書・リーフレット等より「医療施設における非電離放射線—短期的影響の防護、生殖・発生への静磁界の影響の考え方—」を発行した。

キーワード: MRI検査業務, 静磁界, 妊娠就業者

1. はじめに

磁気共鳴画像(Magnetic Resonance Imaging: MRI)装置は放射線科業務における主要なイメージングモダリティであり、非電離放射線(波長では0.3THz(300GHz)以下の電波や赤外線、可視光線、一部の紫外線などの呼称)を多用する。非電離放射線は職場における普遍的な物理因子の一つであり、周波数に応じた短期的影響(静磁場は力学的作用や神経刺激作用、低周波領域では神経刺激、高周波領域では発熱)が発生することが知られている¹⁻⁴⁾。国内では労働安全衛生法の対象外であるが欧州

においては職域での非電離放射線ばく露の限度値の制定と必要に応じたリスクアセスメントの実施を求める欧州指令(Directive 2013/35/EU)が発令されるなど管理の潮流である(ただし欧州指令において、MRI検査業務は組織的対策が講じられるなどの条件において対象の例外となっている)⁵⁾。日本は経済協力開発機構(OECD)諸国の中で最も人口当たりのMRI設置台数が多く国内約6000施設で運用されている^{6,7)}。国内で主に画像診断業務を担当する診療放射線技師は女性割合が年々増加傾向であり、MRI検査業務への女性技師の配置機会も増えている。このため今や就業者の妊娠は必ずしも珍しい事柄ではなく、したがって妊娠時のMRI検査業務のありかたについて検討をし、妊娠と就業が共存するための働き方を考えることが必要な時期と考えられる。

MRI検査業務は強磁場、強度の電磁界を多用することから、その安全性については従来から評価が行われてきており、装置規格において静磁場影響、発熱、神経刺激、騒音の4項目の規制がなされている⁸⁾。しかしながら、これらは発熱や神経刺激などの短期的影響からの防護を目的としたものであり、生殖・発生への影響は慎重な議論が進められてきていた。胎児のMRI検査についてはこれまでの報告や⁹⁻¹¹⁾、2016年に報告された大規模コホート研究において器官形成期の単回MRI検査による電磁界や騒音そのものによる胎児の障害発生リスクの増大は観察されなかったことから¹²⁾、今後も議論が進むものと考えられる。しかしながら、胎児のMRI検査と異なり、MRI検査業務の従事者は一般的な作業員の中で頻度、強度ともに特異的に高く非電離放射線ばく露が発生する集団である。なお、本調査では以後非電離放射線ばく露

† 本報は、日本磁気共鳴医学会雑誌 Vol. 38, pp. 103-119 の記述より抜粋しまとめなおしたものである。

*1 山口: 労働安全衛生総合研究所 産業毒性・生体影響研究グループ(現: 環境計測研究グループ)。

王: 労働安全衛生総合研究所 産業毒性・生体影響研究グループ(現: 化学物質情報管理研究センター 有害性評価研究部)

*2 労働安全衛生総合研究所 産業ストレス研究グループ(現: 産業保健グループ)。

*3 大阪医療大学(現: 森ノ宮医療大学 診療放射線学科)。

*4 奈良医大(現: 国立保健医療科学院 医療・福祉サービス研究部)。

*5 National Institute for Public Health and the Environment.

連絡先: 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾6-21-1

労働安全衛生総合研究所 環境計測研究グループ 山口さち子*1

E-mail: yamaguchi@h.jniosh.johas.go.jp

という場合、静磁場ばく露を指す。妊娠就業者の MRI 検査業務については世界的にみても統一的な見解は存在せず、各国の行政あるいは学術団体から提言もあるが（主な方針は妊娠就業者はスキャン中に立ち入らない、というもの）¹³⁻¹⁶⁾、病院レベルでの運用基準はそれぞれ異なるのが現状である¹⁷⁾。これは妊娠就業者本人あるいは管理者が、非電離放射線（特に強磁場）の生殖・発生への影響についてこれまで明確な有害事象の報告がないものの^{14), 15), 18), 19)}、その不確かさが排除できないことを残存リスクと捉えていること（実際に強磁場の生殖・発生影響に不確かな部分が残存していたり（例：4 T 以上の強磁場など）、また疫学調査は今後の研究が推奨されていること^{1), 20), 21)}による「非電離放射線（静磁場ばく露）への意識状況の違い」や、患者移乗やコイル設置など身体負荷が発生する作業について安全をとるためという「作業状況に基づく配慮」が影響すると予想される。しかしながら、施設ごとの対応の調査のみは国外で存在するものの^{17), 22)}、その選択方針の根拠を調査したものはない。

そこで本研究では、妊娠就業者の MRI 検査業務配置を考えるにあたりどのような情報発信が必要かを明らかにするために、妊娠就業者の MRI 検査配置の現状を把握し、続いて選択方針で重要視されている項目とその背景要因を調査した。一般社団法人 日本磁気共鳴医学会、公益社団法人 日本診療放射線技師会、公益社団法人 日本放射線技術学会、公益社団法人 大阪府診療放射線技師会、公益社団法人 宮城県放射線技師会 の 5 団体との共同事業として、国内の MRI 設置施設の管理者（MRI 検査責任者宛）に妊娠就業者の MRI 検査業務の配置方針とその選択根拠を問うアンケートを実施した。ここではその概要を報告する。

なお、本研究は日本磁気共鳴医学会誌 Vol. 38, pp. 103-119²³⁾、及び当研究所 HP 報告書・リーフレット等より「医療施設における非電離放射線－短期的影響の防護、生殖・発生への静磁界の影響の考え方」^{24), 25)}にて報告済みである。

2. アンケート調査 手法

1) 調査対象施設の選定と発送

調査対象施設は日本医療画像システム白書の MRI 設置施設一覧を元にリストを作成し、宛先は「MRI 検査責任者」宛とした。平成 29 年 11 月 7 日に上記リストの 5769 施設宛に発送した。このうち不達 6 件を除いた 5763 施設を総配布施設数とした。

2) 調査票

調査手法は日本磁気共鳴医学会誌 Vol. 38, pp. 103-119²³⁾にて報告済みである。調査票の構成を表 1 に示す。I 基本情報（問 1-14）、II 就業者の妊娠に関する一般的事項（問 2-1~4）、III 妊娠中の MRI 検査就業の方針、MRI 検査業務で考慮する事項、妊娠中の

代替業務の考え方（問 3-1~8）、IV 非電離放射線全般に関する見解と、妊娠中の MRI 検査業務の今後の方針（問 4-1~8）の 4 項目 34 問と V 自由記述より構成した。

3) 調査票の回収及び集計

調査票は対象者が受領してから約 3 週間後となる 12 月 1 日（金）を投函期限とし返送するよう調査票用紙の

表 1 調査票の構成。

I 基本情報	分類
回答者の属性	
問 1 (性別, 年齢, 勤務歴, 当該施設での勤務歴, 業務配置に関する起案)	
問 2 施設属性と設置主体, 病床数, 実施業務	
問 5 部門 (MRI 装置を管理する部門) 全体の人数, 勤務形態, 時間外業務の有無, 平均就業時間, 人員充足度	基本情報
問 10 部門の MRI 装置, 装置運用に関与する人数, MRI 検査担当のシフト状況, ヘルプ業務の機会, 月間 MRI 検査件数	
問 14	
II 就業者の妊娠に関する一般的事項	
問 1 過去 3 年の妊娠事例, 出産した女性数	職場環境
問 3 部門の就業者の妊娠に対する独自措置の有無, 詳細	職場環境
問 4	
III 妊娠中の MRI 検査就業の方針, MRI 検査業務で考慮する事項, 妊娠中の代替業務の考え方	
問 1 妊娠中就業者の MRI 検査の配置の方針 (予定方針含む) (方針の詳細, 業務内容の変更の有無, 業務内容の変更内容とその時期) 問 1 の選択根拠	実施内容
問 2 (MRI 検査と生殖・発生への影響, 漏洩磁界, 身体的負荷, 勤務様態について)	選択根拠
問 3 問 1 の実施方針, 実際例	職場環境
問 4	
問 5 MRI 検査業務で「生殖・発生への影響」を考慮する際の情報提供ニーズについて, 内容及び優先順位	将来対策
問 6 漏洩磁界中の一時的体調変化の認知状況	選択根拠
問 7 MRI 検査業務で「一時的体調変化」を考慮する際の情報提供ニーズについて, 内容及び優先順位	将来対策
問 8 妊娠就業者への代替業務 (予定方針含む)	職場環境
IV 非電離放射線全般に関する見解と, 妊娠中の MRI 検査業務の今後の方針	
問 1 非電離放射線に関する情報の取得状況とコメント	選択根拠
問 2	
問 3 問 3-1 の運用見込み	将来対策
問 4 ガイドライン・ガイドダンスのニーズ	将来対策
問 5 海外の方針で施設実態に見合うもの	将来対策
問 6 安全教育の機会と頻度, 漏洩磁界の把握状況, 安全性情報の入手先	職場環境
問 7	
問 8	
V 自由記述	

1 ページ目及び本文 1 ページ目に記載して指示した。平成 30 年 2 月に実施した二次調査及び 2018 年秋以降に発送予定の施設宛調査のフィードバック希望に対応するために回答内容には施設と紐づいた ID (施設 ID) を付した。ただし、調査票入力時には分離して入力したため、本研究の範囲では回答施設及び個人を特定できる情報は含まれていない。このため、研究代表者の所属施設において本研究は研究倫理審査に該当せずとの判断を得ている。開封及び集計は外部業者に委託し、入力は 2 名が読み込みエラーの確認を行い修正しながら実施した。

3. アンケート調査 結果概要

配布した 5763 件のうち 2103 件が回収された (単純回収率 36.5%)。完全白票 17 件、調査票設問Ⅲ以降の回答数が 5 件以下の 14 件、計 31 件を無効票とし、2072 件を有効回答数とした。

<基本統計、就業者の妊娠に関する一般的事項>

MRI 装置の操作や患者介助などの MRI 装置運用における女性の比率は 2072 施設からの回答において中央値 (0 を除外) 33.3%であった。また、管理的立場への妊娠報告は妊娠初期に報告がなされる割合が最も多く (72.8%)、一方で安定期以降の報告も 19.6%あった。管理面では就業者の妊娠に対する独自措置 (非電離放射線だけでなく電離放射線も含む) について部局内で統一方針を持つ取り組みをしている組織は 21.9%であるが、このうち明文化され全職員に開示されているのは 1.7%のみであった。多数の施設で独自措置自体が検討されていなかったり、存在しても明文化されていないことが示された。

<妊娠就業者の MRI 検査業務配置に関する事項 1－選択方針について>

各施設の方針 (予定方針含む) に国内一貫性はなく、妊娠後に積極的に配置する (配置頻度を増やす) 施設は 7.6%、以前と同様の頻度で配置する施設は 32.8%、配置回数を減らす施設は 52.6%であった (図 1)。また、配置の増減に関わらず、特定の作業のみ制限を設けるなど業務内容の変更をとるものが大半であった (図 2)。MRI 検査業務のワークフローは多くの作業単位で成り立っていることを考えると、同時に複数の担当者を充てることができる施設においては、業務変更オプションを多くすることで柔軟な対応が見込まれると考えられる。

<妊娠就業者の MRI 検査業務配置に関する事項 2－選択根拠について>

「非電離放射線 (静磁場ばく露) に関する意識状況の違い」という観点では、MRI 検査と生殖・発生への影響については 57.6%の回答者がこれまでに影響ありという報告はないが念のための措置として選択根拠とすると回答し残存リスクと捉えられていた。一方で、影響ありと

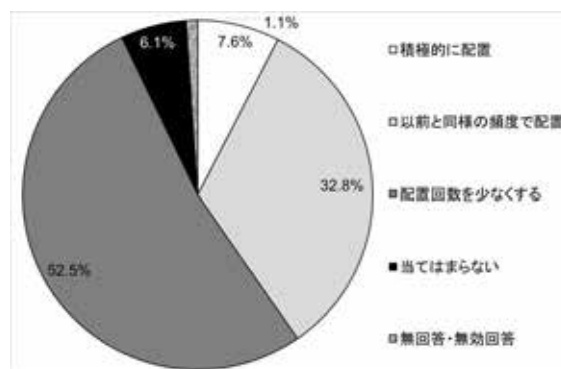


図 1 妊娠就業者の MRI 検査業務配置の方針。

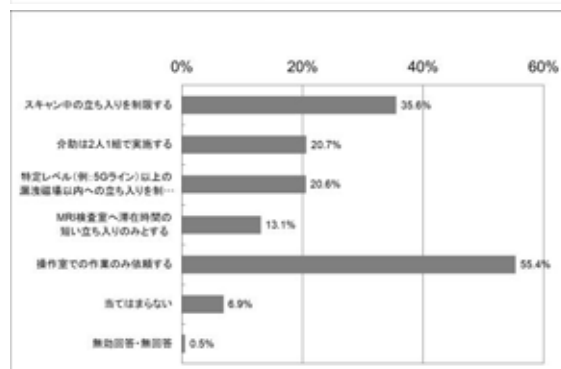
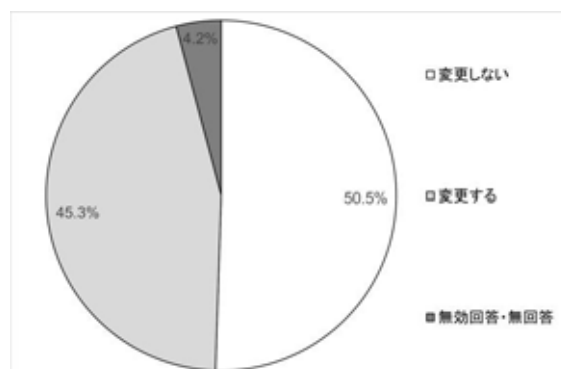


図 2 妊娠就業者の MRI 検査業務の内容の変更。上：変更方針の選択割合、下：変更内容の内訳。

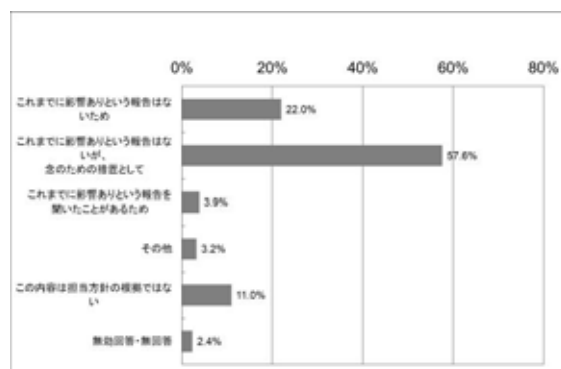


図 3 妊娠就業者の MRI 検査業務の配置方針の選択根拠。

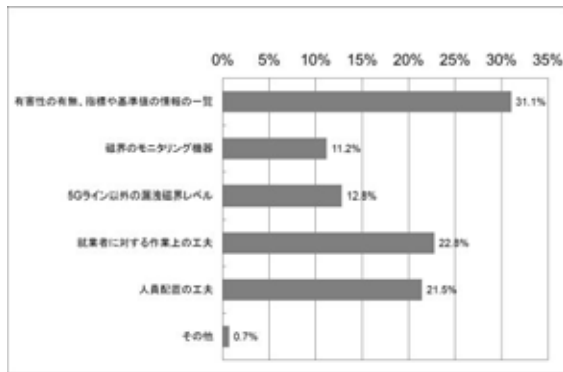


図4 妊娠就業者のMRI検査業務配置の方針に関する情報提供ニーズ(複数回答含む)。

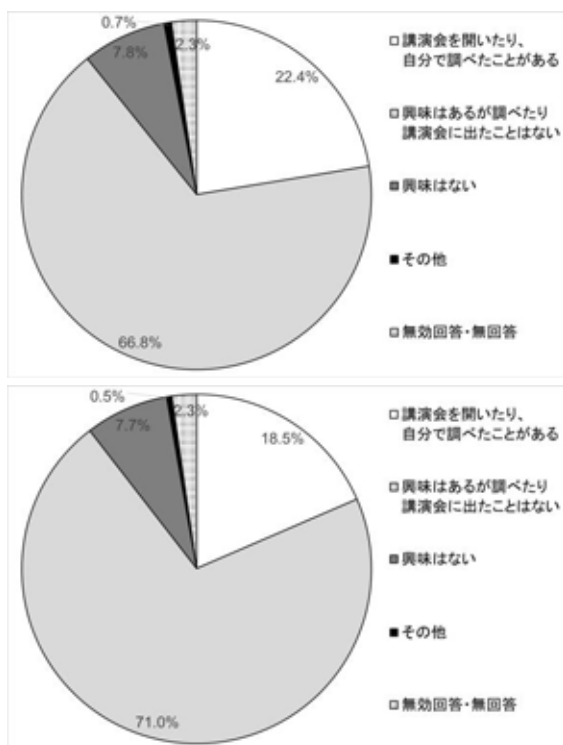


図5 医療機器から発生する非電離放射線に関する興味・関心。上：ばく露レベル、周波数に関する情報、下：ガイドライン値等に関する情報

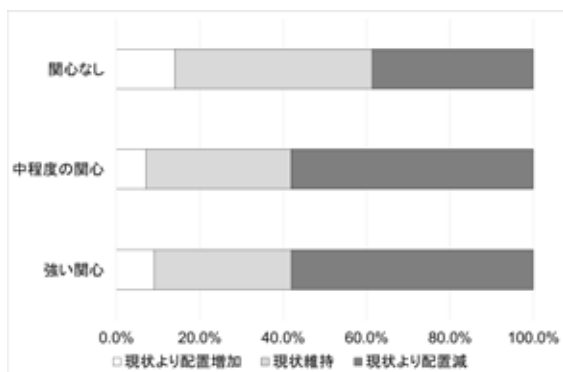


図6 医療機器から発生する非電離放射線に対する意識状況と妊娠中のMRI検査の就業方針の関連。

いう報告がないためという見解を持つ回答者も22.0%あり意識状況の差が明確となった(図3)。装置からの漏洩磁界そのものについては42.7%の回答者は配置検討の際の根拠の対象と捉えていなかった。残存リスクととらえる視点として非電離放射線の生殖・発生の影響に関するリスクコミュニケーション不足に由来する可能性が考えられる。「作業状況に基づく配慮」という観点では、患者の補助やコイルセットなどの身体的負荷について、65.2%の回答者は考慮対象との回答であったがそのうち26.2%は「介助などの身体負荷が高いため、又は低減することができない」と考えていることが示され他業務への配置を検討している可能性が示唆された。

<妊娠就業者のMRI検査業務配置に関する事項3—管理上の課題、情報提供ニーズについて>

妊娠就業者のMRI検査業務配置の実施方針は本人の希望を尊重する回答が38.8%であり、当事者に判断が委ねられるケースが多く発生しうることが明らかとなった。また、現状では施設によって対極の方針が取られうる可能性があることが示された。漏洩磁界中の急速な移動によるめまい等の一時的体調変化(転倒リスク)については認知は十分でなかった。情報提供ニーズについては、非電離放射線の生殖・発生への影響、一時的体調変化いづれについても有害性情報の開示と実務上のガイダンスが求められていた(図4)。妊娠就業者への代替業務(予定方針を含む)はMRI検査(39.1%)が第二位に挙げられており、被ばくがなく(配置を工夫すると)安静度が高いことからMRI検査は妊娠時の代替業務としても認知されていることが明らかとなった。

<非電離放射線の意識状況について>

非電離放射線について関心のある回答(「講演会を開いたり自分で調べたことがある」、「興味はあるが調べたり講演会に出たことはない」)は医療機器より発生する非電離放射線で高く一定程度の関心は持たれていることが明らかとなった(図5)。医療機器から発生する非電離放射線

表2 医療機器から発生する非電離放射線に対する意識状況と妊娠中のMRI検査の就業方針。*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (残差分析)

関心	配置増加	現状維持	配置減	計
強い	39	141	249	429
調整済み残差	0.79	-1.20	0.71	
中程度	93	449	752	1294
調整済み残差	-2.32*	-0.80	2.05*	
なし	21	71	58	150
調整済み残差	2.72**	3.22	-4.60**	
計	153	661	1059	1873

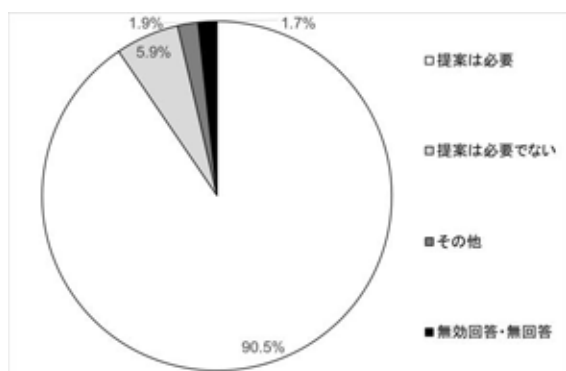


図7 妊娠就業者のMRI検査業務配置の方針に関するガイドライン、ガイドランスのニーズ。



図9 妊娠就業者のMRI検査業務配置の方針に関するガイドライン、ガイドランスのニーズ。

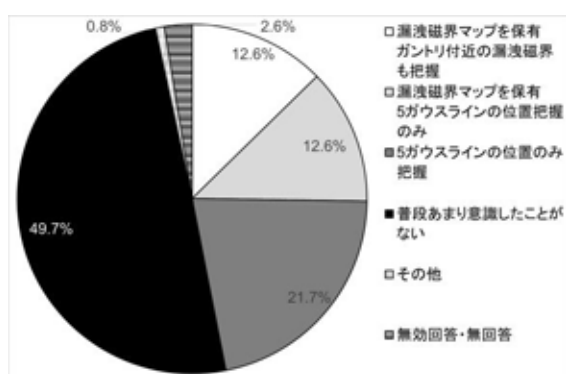


図8 作業者の漏洩磁界の把握状況。

線に対する意識状況と妊娠中のMRI検査の就業方針の関連については有意な変化が観察され (χ^2 -test, $p < 0.001$, 図6, 表2), 医療機器から発生する非電離放射線の種類・強度について興味があるものの具体的な行動を起こしていない群で有意に配置を減らす選択がされており (残差分析 $p < 0.05$), 興味なし群では配置を減らす選択より以前と同等の配置 (残差分析 $p < 0.01$) あるいは積極的配置 (残差分析 $p < 0.01$) が選択されていた。ガイドライン、ガイドランスに関しては90.5%の回答者が何らかの提案は必要であると回答し (図7), ニーズの高さが明らかとなった。また, 漏洩磁界の把握状況については普段あまり意識したことがない回答者が半数近くを占め, 十分である状況でなかった (図8)。

4. アンケート調査後の対応状況① 文献調査

アンケート調査の結果より, 52.6%の施設で作業者の妊娠時にはMRI検査業務を妊娠前より減らす, できる限り配置しない配置しないといった消極的な配置の方針を示しており^{23), 26)}, この消極的配置方針は他の観点 (身体的負荷の低減や勤務様態上の視点) もあるものの, 配置決定の背景要因として非電離放射線の有害性に対する懸念が強く影響していることが示されている²⁶⁾。そこでアンケート調査後の対応として, 非電離放射線の中でも特にMRI環境を想定し, 静磁界による生

殖・発生への影響 について情報整理と文献調査を行った。本件は, 一般社団法人 日本磁気共鳴医学会, 公益社団法人 日本診療放射線技師会, 公益社団法人 日本放射線技術学会, 公益社団法人 大阪府診療放射線技師会, 公益社団法人 宮城県放射線技師会の編集協力のもと報告書を作成し, 2019年3月に当研究所HPより発行したものである (図9)^{24), 25)}。

文献調査は, WHO EHC No. 232 (静磁界の健康影響評価書)²⁷⁾以後の静磁界による生殖・発生への影響についてアップデートを行うため, 2004年以降に発行された論文を対象とした。ヒトの生殖・発生における作業環境の静磁場影響に関する論文は該当がなかったため, 動物実験による作業環境 (長期ばく露, 複数回ばく露, 勾配ありなど) の静磁場影響を調査した報告及び胎児MRI検査のフォローアップ報告といった関連論文について一定基準での除外項目を設け (例: 静磁場ばく露であること (動物実験の場合), ばく露が胎児期であること, 英文論文のみ, 灰色文献不可, 等), PubMed及びEMF-NETより論文を検索した。

検索の結果864件が抽出され, 重複を除外した結果一次スクリーニング対象論文は707件であった。一時スクリーニングでは総説論文, 非英語論文, 非哺乳類動物, 受精前のばく露, 妊娠前の雄雌単独の生殖毒性研究を除外項目とした。17件の論文を二次スクリーニング資料とし, 最低2名の有識者に評価を依頼した。最終的に13件の論文が選定された。選定された13件の論文は動物実験8報, 胎児MRI検査に関する疫学研究5報であった。

その結果, 個別の内容では細胞・動物実験と胎児MRIの結果からは明確な有害影響は観察されていなく, 全体として既存の健康影響評価書の内容を変更するものではなかった。

5. アンケート調査後の対応状況② 諸外国の対応動向の調査

妊娠就業者に対するMRI配置について国外の状況を整理すると, 騒音の観点から撮影中はその場に留まらないことが基調となっているが一部予防的措置に関する配

慮について言及されるものもあり、国によっては対応方針に幅を持たせている現状であった^{24), 25)}。リスクアセスメントの必要性に関しても言及されていた。

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks: 新興及び新規に同定される健康リスクに関する科学委員会) の意見書 (2015)²⁸⁾や ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: 国際非電離放射線防護委員会) 声明 (2017)²⁹⁾からは当該分野は調査の継続が求められている状況であった。このため報告書においては「念のための対策」に関する考え方についても整理を行った。そのポイントとしては、

- リスクの受け取り方は個人ごとに異なるため、リスクコミュニケーションを経ても、念のための対策を講じたいと管理者または作業者が判断する場合もあると考えられる。
- 国際的な見解や過去の研究状況からは、念のための方策を積極的に推奨しないが、そのような考え方に配慮することを否定するものではない。
- ただし、安易に就業制限を設けるべきではなく、工学的、作業上の措置 (例: MRI 装置近傍での動作をゆっくりすることの意識付け、作業動線見直し、元々複数人を配置している施設においては作業内容の制限や限定) を試みるのが推奨される。

6. まとめ

本論文では、妊娠就業者の MRI 検査業務配置を考えるにあたりどのような情報発信が必要かを明らかにするためにアンケート調査を行い、その結果から文献調査と情報発信を行った。その結果、下記の点が明らかとなった。

- 妊娠就業者の MRI 検査業務配置方針 (予定方針含む) には国内一貫性は観察されない。
- 妊娠後は積極的に配置する施設は 7.6%、以前と同様の頻度で配置する施設は 32.8%、配置回数を減らす施設 (消極的配置) は 52.65%であり、配置を回避する傾向が高い。
- 選択根拠については、57.6%の回答者が「これまでに影響ありという報告はないが念のための措置として」とする回答であり、かつ、有害性情報の開示と実務上のガイダンスのニーズが示された。
- 消極的配置の選択における背景要因では、有害性やばく露防護に対する憂慮が影響を与えている可能性がある (なお、実際に解析 (サブ 1-2) にて、そのような背景要因が検出された)。

このため、非電離放射線の基本的性質や、現在までの妊娠・出産への静磁場影響の文献調査結果を HP より公表した。

今後は本調査の公表結果のフォローアップ等を行っていく予定である。

謝 辞

<実施に関して>

本研究は一般社団法人 日本磁気共鳴医学会、公益社団法人 日本診療放射線技師会、公益社団法人 日本放射線技術学会、公益社団法人 大阪府診療放射線技師会、公益社団法人 宮城県放射線技師会の 5 団体との共同事業で実施した。公益社団法人 日本放射線技術学会は調査票配布後にご協力いただいた。

<調査票作成に関して>

調査票作成 WG として前谷津文雄 氏 (公益財団法人 宮城厚生協会泉病院 放射線科)、土井 司 氏 (社会医療法人高清会 高井病院 放射線科)、引地健生 氏 (医療法人ひろせ会 広瀬病院 診療技術部放射線科)、藤田秀樹 氏 (社会福祉法人 恩賜財団 済生会支部 大阪府済生会中津病院 放射線技術部) にご協力をいただいた。

本調査を実施するにあたりご支援・ご協力いただいた有志の方々に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. Health Phys. 2009; 96(4):504-514.
- 2) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Guidance for Limiting Exposure to Electric Fields Induced by Movement of the Human Body in a Static Magnetic Field and by Time-varying Magnetic Fields Below 1 Hz. Health Phys. 2014; 106(3):418-425.
- 3) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz to 100 kHz). Health Phys. 2010; 99(6):817-836.
- 4) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric and Magnetic Fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998; 74 (4):494-522.
- 5) DIRECTIVE 2013/35/EU, Official Journal of the European Union, 2013; L 179/1-L 179/21
- 6) OECD Data: Magnetic resonance imaging (MRI) units. 2017; <https://data.oecd.org/health/magnetic-resonance-imaging-mri-units.htm>
- 7) 厚生労働省. 平成 26 年医療施設 (静態) 調査・病院報告. 2014 ; <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/14/> (last visited on April 6, 2018)
- 8) International Electrotechnical Commission (IEC) 60601-2-33, 2010, Amd 2 in 2015.

- 9) Baker PN et al., A three-year follow-up of children imaged in utero with echo-planar magnetic resonance. *Am J Obstet Gynecol* 1994; 170:32-33.
- 10) Reeves MJ et al., Neonatal cochlear function: Measurement after exposure to acoustic noise during in utero MR imaging. *Radiology* 2010; 257:802-809.
- 11) Strizek B et al., Safety of MR imaging at 1.5 T in fetuses: A retrospective case-control study of birth weights and the effects of acoustic noise. *Radiology* 2015; 275:530-537.
- 12) Ray JG et al., Association Between MRI Exposure During Pregnancy and Fetal and Childhood Outcomes. *JAMA* 2016; 316(9):952-961.
- 13) MRI working group, Using MRI safely - Practical rules for employees (in Netherlands). 2008; 1-29.
- 14) Temperton DH, Pregnancy and Work in Diagnostic Imaging Departments. 2nd Ed. British Institute of Radiology 2008; 1-17.
- 15) Expert Panel on MR Safety et al., ACR Guidance Document on MR Safe Practices: 2013. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 2013; 37:501-530.
- 16) Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency, Safety Guidelines for Magnetic Resonance Imaging Equipment in Clinical Use. Ed March 2015. 2015; 1-85.
- 17) De Wilde JP, Rivers AW, Price DL. A review of the current use of magnetic resonance imaging in pregnancy and safety implications for the fetus. *Prog Biophys Mol Biol.* 2005; Feb-Apr;87(2-3):335-53.
- 18) Kanal E et al., Survey of Reproductive Health among Female MR workers. *Radiology* 1993; 187(2):395-399.
- 19) World Health Organization, Environmental Health Criteria 232 Static Fields. 2006; 1-351.
- 20) World Health Organization, 2006 WHO Research Agenda for Static Fields. 2006; 1-6.
- 21) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Statement on Diagnostic Devices Using Non-ionizing Radiation: Existing Regulations and Potential Health Risks. *Health Phys.* 2017; 112(3):305-321.
- 22) Alorainy IA et al., Attitude towards MRI safety during pregnancy. *Ann Saudi Med* 2006; 26(4):306-309.
- 23) 山口さち子, 井澤修平, 前谷津文雄, 土井 司, 引地健生, 藤田秀樹, 今井信也, 赤羽 学, 王 瑞生. 本邦における妊娠中のMRI検査業務担当の現況と非電離放射線(静磁場ばく露)の意識状況調査 概要報告. *磁気共鳴医学会誌* 2018; 38(4):103-119.
- 24) 医療施設における非電離放射線:
https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/houkoku/2018_05/NIR.pdf#zoom=100
- 25) 医療施設における非電離放射線(概要):
https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/houkoku/2018_05/NIR_gaiyou.pdf#zoom=100
- 26) 山口さち子, 前谷津文雄, 土井司, 引地健生, 藤田秀樹, 今井信也, 赤羽学, 井澤修平, 王瑞生. MRI検査業務における妊娠就業者の配置方針の背景要因の検討. *労働安全衛生研究.* 2019; 12(1):3-12.
- 27) World Health Organization, Environmental Health Criteria 232 Static Fields. 2006; 1-351.
- 28) Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). European Commission. 2015
- 29) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP statement on “DIAGNOSTIC DEVICES USING NONIONIZING RADIATION: EXISTING REGULATIONS AND POTENTIAL HEALTH RISKS”. *Health Physics* 2017; 112(3):305-321.