

平成24年度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)
「医療放射線防護に関する研究」

分担研究報告書

災害等による事故の場合の措置や事故防止に関する検討

平成25年3月

研究分担者 山口 一郎

目次

課題 2 災害等による事故の場合の措置や事故防止に関する検討

震災発生時の医療機関の対応について（震災時の放射線部門の事業継続
計画策定のために）

研究要旨	1
訓練シナリオ集	4
A 目的	6
B 方法	6
C&D 結果及び考察	6
E 結論	39
参考資料	40

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
「医療放射線防護に関する研究」(H24-医療-一般-017) (研究代表者：細野眞)

平成 24 年度 分担研究報告書
「災害等による事故の場合の措置や事故防止に関する検討」
震災発生時の医療機関の対応について (震災時の放射線部門の事業継続計画策定のために)

研究分担者 山口 一郎 国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官

研究協力者

小高 喜久雄	公益財団法人原子力安全技術センター
佐藤 幸光	純真学園大学保健医療学部放射線技術科学科
奥山 康男	駒澤大学大学院医療健康科学研究科
平出 博一	一般社団法人日本画像医療システム工業会 (J I R A)

研究要旨

【目的】

医療機関の放射線部門の特性に配慮した災害時対応として、放射線障害の防止も念頭に置いた災害に備えた訓練の質の向上策と、災害後に医療機関として最低限の放射線診療が提供できるように可能な範囲で準備する方策を明らかにすることを目的とする。

【方法】

阪神・淡路大震災、新潟県中越地震、東日本大震災に関する報告書などに基づく、医療機関の放射線部門を対象とした、災害時対応訓練シナリオを作成する。また、災害時に放射線診療が継続できるような対策を検討する。

【結果及び考察】

医療機関では、特性や期待される機能を考慮した震災に向けた対応が求められる。その中でも放射線部では、その特殊性に配慮した備えが必要であり、災害時に脅威となり得る線源や機器に関する備えを重点的に行うことが求められる。また、放射線遮へいの構造が、災害時に患者やスタッフを閉じ込める要因になることを認識すべきである。排気設備故障時の線量推計例からは、少なくとも一回のエピソードで、医薬品製造部署でなければ、災害時の空調の故障は、核医学施設では深刻な影響はもたらさないものと考えられた。

【結論】

放射線部での災害対応のこれまでの取り組みを踏まえて、医療機関の放射線部の特性や期待される機能を考慮した災害時対応訓練シナリオを作成した。また、災害時に放射線診療を継続することを目指した対策法を提示した。

目次

訓練シナリオ集	4
医療機関向けの震災シナリオ No1（日勤時）	4
医療機関向けの震災シナリオ No2（時間外：夜間時・休祭日時）	4
保健所向け震災シナリオ No3（保健所）	5
A. 目的.....	6
B. 方法.....	6
C & D. 結果及び考察.....	6
1. 医療提供施設（病院・診療所）の中の放射線部門	6
2. 放射線施設(医療施設)の震災対策のポイント	7
2.1 医療施設の震災対策	7
2.2 患者搬送等に使用するエレベータ機能と地震	8
2.3 高圧ガス等の配管と地震	9
2.4 建築構造及び付帯構造と震災発生時の対応（患者の安全）	10
2.5 災害時の診療継続のための電源確保対策	12
3. 阪神大震災、東日本大震災における被害状況から	12
3.1 震災地域に位置する医療施設を中心に放射線施設の特徴的な被害状況について ...	12
3.2 医療機関としての平時の対応及び医療法立入検査時の検査員の立場	15
3.3 大地震に対する医療機関における画像診断装置等の備えの充実に向けた日本画像医療システム工業会の取り組み	23
4. 震災発生に向けた医療機関内部の災害対応規定の充実.....	25
4.1 医療スタッフの確保	25
4.2 患者の安全と状況把握	25
4.3 情報連絡体制（被災者用を含む）	25
4.4 警戒宣言と訓練	25
5. 震災に向けた対応	26
5.1 施設構造物の耐震に関して	26
5.2 震災に伴う洪水（津波）に関して	26
5.3 設備機器あるいは重量物等	27
6. 医療機関のマンパワー確保と支援委嘱状	27
7. 震災発生時のシナリオ	28
7.1 放射線部門（日勤時：地震発生 10:00 想定）	28
7.2 放射線部門（時間外：夜間時・休祭日時）	30
8. 震災発生時の保健所（放射線）担当者シナリオ	32
8.1 ライフライン及び備蓄	32

8.2	所轄内の放射線関連の把握と関係機関との連携.....	32
8.3	災害シナリオ（保健所）	33
9.	施設設備の予防対策.....	35
9.1	建物、ならびに付帯設備等	35
9.2	電子機器類等.....	38
10.	通報・緊急連絡体制.....	38
11.	施設点検体制	39
E.	結論.....	39
	参考資料.....	40

訓練シナリオ集

医療機関向けの震災シナリオ No1（日勤時）

冬の平日の午前 10:00 頃、〇〇市中心域を震源とするマグニチュード 7.5 規模の地震が発生した。同時刻は、勤務時間中であり医療施設内には外来患者、入院患者が多く受診していた。〇〇市地域の幹線道路、鉄道網等の交通機関は機能を停止し、人があふれ始めていた。震度 4～5 程度の余震は頻繁に発生していた。

報道関係からは、〇〇市地域は広範囲にわたり家屋が倒壊し、各道路は寸断されている。また、高速道路の高架橋は落下している。現在の所、火災発生は数件のみである。震度 6 以上の地域は、▽地域から■地域にまでにおよぶ広範囲で観測されていた。▽川の河川敷、堤防は震源に近いため数カ所でひび割れや破壊が発生し洪水の危険性があると言われていた。

医療施設内の固定していない事務戸棚等は転倒し書類が散乱、天井から釣り下げた案内板は落下した。有感地震はすでに 100 回以上を数えた。

通信網については、携帯電話不通、NTT 回線電話不通で外部への通常連絡は不能となった。

医療機関向けの震災シナリオ No2（時間外：夜間時・休祭日時）

秋も深まる 10 月下旬（金曜日）の午後 7:00 頃、◎◎地区と▽地区を震源とする震度 7.8 規模の複合地震が発生した。医療機関に勤務する職員（日勤職員）の殆どは帰宅し自宅に着いた頃であった。木造住宅の多くは倒壊、ビルにあっては、窓ガラスの多くが割れて道路に落下し、帰宅途中と思われる多くの方が怪我をした。

免震構造であった医療機関は、外観上の損傷は少ないが、内部では大きな横揺れからキャスターロックをしていない医療機器及びコピー機等の事務用具は暴走し壁に激突、又は何度もの暴走により部屋の扉を破壊し、扉開閉ができなくなった。廊下に置かれた待合い用の椅子は全てが移動し、廊下を塞いでいた。避難経路の確保が行えない状況であった。

◎◎鉄道、◎◎地下鉄等の鉄道網は鉄橋落下、幹線道路は道路に隣接したビルの倒壊により数カ所で寸断され、救急車、消防車、警察車両等の緊急車両の通行を妨げていた。

通信網については、携帯電話不通、NTT 回線電話不通で外部への通常連絡は不能となった。震災発生直後◎◎地区と▽地区は停電となった。院内エレベータは緊急停止。緊急自家発電機能が作動した。

保健所向け震災シナリオ No3 (保健所)

春の平日の午後 2:00 頃、◇市中心域を震源とするマグニチュード 7.0 規模の地震が発生した。同時刻は、勤務時間中であり保健所内では検診の妊婦が数十人来所していた。◇市地域の主要道路、主要鉄道等の交通機関は機能を停止し人があふれ始めていた。

報道関係からは、◇市地域は広範囲にわたり家屋が半壊、倒壊し各道路は寸断されている。また、高速道路上では車の追突事故により火災が発生していた。震度 6 以上の地域は、◇地域から◎地域にまでおよぶ扇状の範囲で観測されていた。◇湾の防波堤が数カ所で倒壊し津波に対する危険性が報道されていた。

保健所は、10 階建耐震構造であることから倒壊は免れたが、所内は書類が散乱していた。

通信網については、携帯電話不通、NTT 回線電話不通で外部への通常連絡は不能となった。

A. 目的

2011年3月11日、東日本大震災において岩手、宮城、福島3県を中心に多くの医療機関が被災し医療活動に支障を来す事態が発生した。今後、首都直下型地震、東海・東南海・南海地震と今までに想像しえなかった大型の地震が発生する可能性が指摘されている。震災発生時に医療機関が機能停止に陥らないためには、震災時に何が起きるのかを知って、医療提供機関として、どこまで施設内部の被害を軽減できるかを考える必要がある。阪神淡路大震災以後の震災状況を調査・検討し、医療機関内の放射線施設での震災への備え、震災直後の初動のあり方について報告するとともに、医療機関の放射線部門の特性に配慮した初動訓練の参考となるよう纏める。

B. 方法

2011年3月11日に発生した東日本大震災での報告『東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について、内閣府緊急対策本部』等、及び日本国内で発生した震災に関する報告『阪神・淡路大震災について（確定報）2006年5月19日消防庁より』『新潟県中越地震（確定報）2009年10月21日消防庁より』『東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会第7回会合』『災害医療等のあり方に関する検討会報告、平成23年厚生労働省』『災害時エックス線撮影装置の安全な使用に関するガイドライン、災害時X線安全使用ガイドライン作成WG、社団法人日本画像医療システム工業会』等々多くの報告書から医療機関が行うべき初動について検討し、今後発生するとされている震災に対し想定外を想定内にするための訓練シナリオを提案する。

C & D. 結果及び考察

1. 医療提供施設（病院・診療所）の中の放射線部門

医療提供施設の中での放射線施設にあって震災発生時のスタッフの初動に関しては、一般企業の放射線施設とは大きく異なった対策がとられる。理由として以下に幾つかをあげてみた。

第1に、放射線を照射（投与）する対象物は物体（試料）ではなく、患者（人体）である。その患者の多くは疾病を抱えており自力では移動不可能な方も多く、また放射線部門へ検査のために来院する患者は検査が初めてで案内掲示を見ながら移動するという状況下であることから、避難経路の把握などできる状態ではない。健康人が自分から望んで旅行・観光などに出かけホテル・旅館に宿泊するのは全く条件が異なる。医療提供施設が抱えているのはこのような状況下であることから、震災（災害）発生時のスタッフの初動が患者の生命に大きく左右することを知っておくことも重要である。

さらに、入院中の患者（外来の患者）の中には車椅子、ストレッチャー等にて検査・治療のため放射線部門に搬送される方も多く、震災発生時の避難誘導等をどうすべきか、医療スタッフの初動について検討をすることが必須である。震災発生時、発生直後は患者搬送に最も重要なエレベータが使用できなくなる。よって、点滴、酸素等を使用中の患者に対して放射線部門ではどのように対

応するかによって、震災発生時に無事であった患者でも、容態急変が起こる可能性がある。

第2に、医療提供機関の建物構造により震災発生時の初動が異なる。今までは多くの医療提供施設は地震動があっても壊れない頑強な構造体（耐震構造）を要求されていたが、最近は、地震動を構造物内部に伝えないような免震機能をもつ構造体が主流となりつつあり、医療施設も免震構造体を採用する施設が多くなっている。この免震構造も地震動の全ての振動には対応できなく、構造物が置かれた地盤により起こりうる長周期地震動に対しては、想像を上回るゆっくりとした大きな揺れが長時間にわたり建物内部に影響をおよぼすことが明らかになっている。

自施設が耐震構造であるか免震構造であるかによって震災対応の初動が左右されることから、一般的な初動訓練を行うのではなく、自施設に最適な初動訓練を行うことが重要である。

第3に、特殊検査（治療）中の震災発生に対して、どのような初動をするかによって患者の生命に大きな影響がある。一般的な検査（胸部撮影等）では、患者転倒、機器との接触等による複合事故を防ぎ患者の安全を確保することが第一優先として初動をする。

特殊検査（治療）として心臓血管造影治療では、カテーテルが心臓血管にある状況で震災することから初動は様々な展開を要する。さらに放射線治療実施時（照射中）の震災では、治療室内には患者一人であり、地震動発生時に入口の重量扉が停電又は変形により開かなくなる可能性も考慮した初動を行わなければならない。

第4に、放射線部門に設置された大型機器類（CT・MRI・PET・加速装置等）は、装置自体にかなりの重量がある。これら大型機器類は地震動による移動・転倒を考慮して設置されているとは限らない。検査（治療）中は患者が装置ガントリ内、又は装置の直下にいることから患者の安全をどのように確保するかが初動の最重要課題である。

第5に、放射線核医学部門及び放射線治療部門にあっては放射性同位元素を体内に投与（挿入）し検査（治療）を実施していることから、震災時に他の者への放射線被ばくを最小限にしつつ当該患者の安全を確保するための初動のあり方を検討することが重要である。

以上のように一般企業の放射線施設とは異なる初動が行われなくては患者の安全は確保することができない。また、東日本大震災等のような大震災では多くの死傷者が発生し、災害医療（救急医療）提供施設として医療機関の役割は極めて大きいことから、大震災に遭遇しても医療活動に支障をきたさないことが望まれる。大震災に耐えうるように平時より震災（災害）対応に対する施設のあり方と、スタッフの初動についての防災訓練を含め再検討する必要に迫られている。

2. 放射線施設(医療施設)の震災対策のポイント

2.1 医療施設の震災対策

- ①患者の安全を確保する。
- ②職員、医療スタッフの安全を確保する。
- ③大型医療装置等、移動しないものは固定する。
- ④移動するものは、移動しないときは固定する。
- ⑤キャスター等は、固定する。
- ⑥落下しにくい工夫をする。

⑦転倒しにくい工夫をする。

医療施設の施設構造（耐震構造、免震構造、制震構造）によって震災対策の詳細部分は異なるが、基本的震災対策は上記の7つに纏めることができる。

また、上記7つに加え、地震動に耐え震災後の医療活動を適切に行うために必要なものとして、

①ライフラインの確保

ライフラインが確保できないことを想定した、

飲料水及び食料の確保・備蓄

電気設備（発電設備）の確保・・・自家発電稼働用の燃料確保・備蓄

医療ガスの確保・備蓄

②医薬品の確保・備蓄

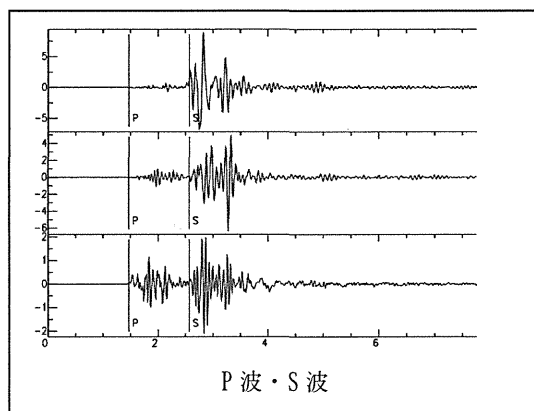
③人の確保（応援要員の適切確保・配置）

等々があげられる。

2.2 患者搬送等に使用するエレベータ機能と地震

医療機関においては様々な震災対策を行ってはいるものの、震災発生時に大きな影響を与えるものが、エレベータである事を知っている方はいるだろうか。多くの医療施設は高層化が進みエレベータ無くしては患者の移動、物資搬送等々が行えないのが現状である。このエレベータが停止することは医療機能停止に匹敵するくらい大変な事態である。

現在のエレベータには地震対策機能が装備され安全運転をつかさどっている。地震波は初期の微振動を起こすP波と、大きな揺れを起こすS波に分けられる。P波はS波に比べて地中、水中での伝搬速度が速いため、大きな揺れのS波より先に到達する。P波は大きな揺れのS波より数秒前にやってくるのでP波検出器がキャッチして、エレベータを最寄りの階に着床して扉を開くというような安全装置が組み込まれている。



また、最寄りの階へ着床する前に安全装置が作動した場合、いったん緊急停止するが安全装置が復帰し安全であることが確認されれば、運転を再開し最寄り階に着床して扉を開くというようなりスタート機能もある。エレベータはP波を感知し、いったん最寄り階に停止後、その後到達した本震の大きさをS波検出器で確認。本震が小さい場合には、エレベータは自動的に通常の運転となる。と言うように現在は多くのエレベータに地震対策機能が装備されているので、自施設のエレベータの機能を確認する事も重要である。

例：地震時管制運転装置の動作

7) 地震P波検知器が動作すると地震時管制灯が点灯する。

1) 運転中のエレベータは、自動的に最寄り階で着床し扉が開となる。乗客が降りた後は扉が閉じて自動的に停止する。

り) 扉が全開になり、エレベータ内の照明が消える。“扉開”ボタンが点灯して15～20秒経過後には扉閉となる。(エレベータ内に乗客がいる場合)

扉が全閉した後、エレベータ内の扉開ボタンが押された場合には乗客が降りるまでりを繰り返す。乗客が降りた後、扉を閉じて運転を停止する。

★強い地震(震度5弱以上)を感知して停止したエレベータは、エレベータがレールから外れている可能性もあるので、運転停止状態のままとなる。

★地震探知機が作動しエレベータが最寄りの階に停止した場合、または、エレベータが地震動によって、扉が開いたという信号を検出するスイッチが作動した場合は、急停止する。

(2005年7月23日発生の千葉県北西部地震の時は、78台のエレベータに乗客が閉じこめられた。)安全装置の誤作動で急停止した場合、エレベータ内に乗客がいれば閉じ込められることとなる。よって、地震発生直後はエレベータ内の確認も重要事項である。

大きな地震を感知して停止したエレベータは、点検を行わないと動かすことができないので、医療機関では大きな問題となる。このような事態がある程度想定し対策をとることも必要である。

東日本大震災時は、エレベータが3日間停止したため上層階への患者搬送を職員が背負って行った。入院患者の食事の搬送についても、職員全員で非常階段を使い配膳作業を行った、との報告もある。このようなことは想定可能な事態であるので、病棟には数食分の患者非常食を保管(保管場所確保も含み)することも重要である。また、患者容態急変時には、病棟より階下にある集中治療棟(ICU等)への搬送は困難であることから、予め患者容態急変時に対応する搬送可能な必要機材の準備も行っておくことが望まれる。

世界でも注目の地震国である日本にあっては、平時より震災を予想し、あらゆる面での被害も予測した対応が行えるようなシステムを構築することが重要である。

2.3 高圧ガス等の配管と地震

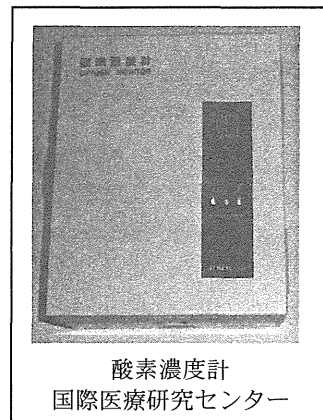
高圧ガスに関しては“高圧ガス保安法(昭和二十六年六月七日法律第二百四号)”によりその安全について規定されている。医療機関においては高圧ガス等の使用について危害予防規程に定め適切な管理を行っていることと思う。特に医療機関は、高圧ガス保安法に規制される消費施設、貯蔵施設に該当するので、法に定められた技術上の基準、及び保安管理に関する規定を十分遵守しなければならない。

高圧ガス保安法で示されているガスとは、

- 1) 不活性ガス：ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン(可燃性のものを除く。)又は空気(以下「第一種ガス」という。)
- 2) 可燃性ガス：アセチレン、水素など40種及び爆発限界が一定の条件を満たすもの。
- 3) 毒性ガス：一酸化炭素、硫化水素など33種及びじょ限量(許容濃度に相当)が200ppm以下のもの。
- 4) 特殊高圧ガス：アルシン、ジシラン、ジボラン、セレン化水素、ホスフィン、モノゲルマン、モノシランの7種

以上の4種類に分類している。

放射線部門で使用されるMRI装置の内部には液体ヘリウムが充填されており、超伝導コイルの冷却に使用している。建屋構造物又は附属構造物等で使用されている磁性体（釘・ボルト等）が震災により離脱し、液体ヘリウム容器に吸い寄せられ容器・配管等が損傷するなど超伝導状態から常伝導状態に相転移してしまうとクエンチ（電気抵抗）が生じ、そのまま電流が流れ続けるとジュール熱により液体ヘリウムが蒸発してしまう。急激なヘリウムガス流出の場合は、直ぐに気がつき対応をすることとなるが、穏やかな流出がMRI装置のカバー内で発生した場合、気づかずに検査室内が酸欠状態になることもあるので震災発生後は注意すること。



このように液体ヘリウムの蒸発漏えいは二次災害を引き起こす可能性があるため、震災発生後の点検等は熟達したスタッフによる細部にわたる点検が必要である。更に室内には、これらガス漏洩に対し室内酸素濃度の測定警報装置等の設置と酸欠防止策を講じることも重要である。JIRA から「MR装置の停電時の対処方法について（暫定版）」と「被災地で救援活動をされている方々へのMR装置に係わる重要な情報提供」が発行されているので、訓練時に活用願いたい。

2.4 建築構造及び付帯構造と震災発生時の対応（患者の安全）

施設耐震化構造	耐震化無し	耐震構造	免震構造
地震動の衝撃及び損傷について	地震動の衝撃を直接に受けることから、施設構造部に大きな損傷発生が予測され、時には施設倒壊も起こることから、余震発生前に行うべき事項を把握することは重要である。	地震動の衝撃を直接には受けるが、施設構造が頑強であることから施設自体が損傷をきたすことは少ないが、施設内部の設備等、特に電気・ガス・水道等のライフラインに損傷を受けてしまうこともある。また、大型医療装置から小型機器等も、大きな損傷を起こすことも予測される。	地震動の衝撃はダンパー等の振動吸収体により吸収され施設構造物に対する衝撃は減少する。よって、施設内の設備等、ライフラインの損傷は最小限にとどめる事ができると考えられている。しかし、長周期地震動に対しては、施設構造物が予想以上に大きな揺れを起こすのでその対策は必須である。

<p>全体的、初動について</p>	<p>自らの安全と共に患者の安全を確保する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1, 壁の破損、天井石膏ボードの落下、医療酸素関連機器、機材棚の転倒等々の被害が予測される。 2, 検査等を中止し振動が収束するまで、患者に対しての落下物・転倒物をさけ安全を確保する。 3, 避難経路の確保。余震等を考慮し、避難経路の確保。落下物、転倒物等々により避難経路の確保が困難になることから、平時から避難経路を複数想定する必要がある。 4, 施設倒壊も考慮した初動。患者の避難優先を考え、平時より安全と考えられる場所を設定し周知する。 5, 出火の有無の確認。(不使用の医療機器の電源プラグは火災予防のため抜くこと) 	<p>自らの安全と共に患者の安全を確保する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1, 施設構造物は頑強であるが、内部構造物、扉、窓、天井等々が損傷を受ける。 2, 検査等を中止し振動が収束するまで、患者に対しての落下物・転倒物をさけ安全を確保する。 3, 避難経路の確保。余震等を考慮し、避難経路の確保。落下物、転倒物等々により避難経路の確保が困難になることから、平時から避難経路を複数想定する必要がある。 4, 機材等の転倒・移動を考慮した初動。患者の避難を優先する。平時より避難経路を複数決定しておくと共に安全と考えられる場所を設定し周知する。 5, 出火の有無の確認。(不使用の医療機器の電源プラグは火災予防のため抜くこと) 	<p>自らの安全と共に患者の安全を確保する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1, 短周期地震動の地震動はほぼ吸収できることから、施設内部損傷は防ぐことができる。しかし、長周期地震動では、施設内部は予想以上に大きなゆっったりとした長時間の揺れを起こす。ゆったりとした揺れであることから、内部構造物等の損傷も少ないと考えられるが、設置されている医療機器、物品類等転倒・移動する可能性もあるので対策が必要。 2, 検査を中止し振動が収束するまで、患者に対しての落下物・転倒物をさけ安全を確保する。 3, 避難経路の確保。余震等を考慮し、避難経路の確保。落下物、転倒物等々により避難経路の確保が困難になることから、平時から避難経路を複数想定する必要がある。 4, 出火の有無の確
-------------------	---	--	---

			認。(不使用の医療機器の電源プラグは火災予防のため抜くこと)
	【エレベータ】 エレベータ等は使用不可。患者避難・搬送について事前に検討する。	【エレベータ】 エレベータ等は使用不可。患者避難・搬送について事前に検討する。(損傷を受け使用不可能になる事もある。)	【エレベータ】 エレベータ等は使用不可。(耐震構造に比べ損傷は少ないが、稼働するまで長時間を要する。) 患者避難・搬送について事前に検討する。
<p>エレベータは、震度4を超える地震動を感知すると運転を停止する機能を有している。停止した場合は設置メーカーの点検後でなければ運転することができない。(短時間で復旧は見込まれないことを知っておく。)</p> <p>地震動により停電を伴う場合、非常用電源により非常用エレベータの復電が行われるが、前述同様に設置メーカーの点検後でなければ運転は行えない。</p>			

2.5 災害時の診療継続のための電源確保対策

国公立の大規模な病院では非常用電源を備えている施設が殆どであるが、民間の病院では患者誘導灯や手術室での整備にとどまり、放射線部門を網羅できる大型の非常用電源は整備されていない。このために、放射線源が格納容器から出された状態であったり、心カテなどカテーテル挿入中の停電での対応が困難になる。

これに対して、経産省では定置用リチウム電池導入の補助金制度を設けており¹、院内の電子カルテ等の緊急避難バックアップに利用できうると考えられる。また、総務省においても類似した補助制度がある²。

放射線部門において、診療に必須の装置の電源バックアップが課題として考えられる。

3. 阪神大震災、東日本大震災における被害状況から

3.1 震災地域に位置する医療施設を中心に放射線施設の特徴的な被害状況について

1) 出入り扉の変形のため出入口の開閉困難

放射線施設の出入口(放射線障害防止法・医療法・電離放射線障害防止規則等々)は、通常1箇所となっているので、扉の変形・損傷等により使用施設内に閉じ込められる危険性があることから、脱出方法も考えておく必要がある。また、鉛衝立、関連医療機器・医療器具等

¹ http://www.kyowamaicro.co.jp/news/2012/battery_hojo.pdf

² http://www.soumu.go.jp/main_content/000130210.pdf

の転倒により避難経路が遮断することも考慮に入れ対処する必要がある。

2) 放射線使用室内の床・壁のひび割れ（クラック）

放射線使用施設の多くは地上階に設置されていることから、床・壁のクラックに対しては放射線防護に悪影響を与えてしまい、放射線漏えいという二次災害を引き起こす場合もある。発災後の放射線使用に先駆けて必ず部屋の点検をする必要がある。また、放射線使用施設が地下にある場合、床・壁のクラックは放射線の漏えい以上に懸念される状況として地下水の漏水又は建物の破壊等につながる可能性があるので前者同様点検を怠ってはならない。

3) 工作機械（およそ1tのボール盤）が台上からジャンプして移動

放射線治療部門等には工作機械が幾つか設置されている。これら工作機械は重量物であることから強固な机の上に置かれているだけである事が多い、地震動により大きく移動することを考え適切な固定を行うことと、設置台のアンカーボルト固定も実施する必要がある。

4) 床に固定されたR I貯蔵容器（およそ11tのガンマナイフ）が5cm移動

ガンマナイフ（放射線照射装置）はアンカーボルトにより床に固定されていたが、移動したことを考えると適切なアンカーボルト固定であったかが疑問視される。

5) ガンマカメラの移動による間仕切りの破損、転倒による寝台の破損、CT装置・MRI装置のガントリ移動及び寝台のずれ

ガンマカメラ、CT装置、MRI装置共にガントリと寝台が個別に設置されている。特にMRI装置は重量物であることと磁場漏えいを懸念しアンカーボルトにて固定していないことが殆どである。また、ガンマカメラ装置も重量があることと放射性同位元素の汚染等の観点からアンカーボルト固定を行っていない事が多いので注意する必要がある。

6) R I貯蔵箱の移動、扉の開放、廃棄物保管容器の転倒、移動

R I貯蔵箱等の固定は多くの施設で行われていないのが実態である。また廃棄物保管容器（R I協会製のドラム缶）についても同様に、廃棄物保管室に並べて置かれているのが現状であり、蓋を閉めている施設は少ないと考える。平時にも蓋を閉めることを推奨する。

7) 放射線遮蔽用鉛ブロックの落下崩落、防護衝立の転倒、コリメータの移動

遮蔽用鉛ブロック等は常時使用し設置場所も少なからず変更をすることから机の上に無造作に置かれているのが殆どである。また防護衝立なども同様にアンカーボルト固定をしていない状況にある事から、震災時には非常に危険なものと判断し対応をすることが必要である。

8) 放射線治療病室の遮蔽シールドが移動

放射線治療病室の遮蔽シールドは重量物であるが患者の治療部位毎に適切に移動できるよう大型キャスターが着いている。よって震災時には大きく暴走移動することも考慮してキャスターロックを常に行うことが必要である。

9) フード、グローブボックスの配管結合部の破損、排気管の破損、給排水管の破損

施設の耐震性の違いにより接合部の破損状況は大きく変わるが、免震構造であっても接合部の破損により周囲を汚染する可能性があるので点検を怠ってはならない。

10) 屋上、給水タンク破損、階下室内（撮影室）水漏れ

多くの施設では屋上には給水タンクが設置されている。施設の耐震性の違いにより屋上における揺れに大きな差はあるものの、一番大きく揺れるのは屋上であることから地震動が収束次第、屋上の給水タンクの点検を怠ってはならない事に注意する。

11) 使用施設内の戸棚類の転倒、転落

使用施設内の戸棚類については、後設置が多いので転倒防止機能が施されていない場合が多くある。震災により負傷するのはこれらの転倒によることが多く、転倒防止機能を施すことを必須とする。

12) 高圧ガスボンベ、その他の器具・器材の転倒

使用室内、廊下等に置かれているボンベ類の転倒を考慮しチェーン等で常に固定する事を推奨する。これらボンベ類は転倒にともない床上を転がり廻り他の機材との接触を起こすので要注意機材である。

13) 液状化による使用室内への浸水（30cm程度）

発災により誘発される二次災害として液状化、津波、火災等々があるので使用施設構造物の損傷具合を点検すること。また、二次災害発生に伴い避難すべきかの対応についても常に考慮する必要がある。

14) リニアック、放射線発生装置の損傷

リニアック等の放射線発生装置の多くは震度6に耐えられるようにアンカーボルト固定はされている。しかし、激震による天井からの落下物、装置本体の遮蔽ボルトの断裂等の発生により損傷を受ける場合があるので、地震動が収まったら各部の点検を行うこと。

15) X線施設のX線管球、トランス、制御装置などの転倒、落下、移動

X線撮影装置等の制御装置（制御板）は背丈も高く背面下部には高圧ケーブル等の配線が出ている。更に床下ピットと隣接していることが多いので少しの移動でピットに落ち込み転倒することが懸念されることから、アンカーボルト固定は必須条件として認識すべきである。

16) 自動現像機の転倒、液混濁

現在は、ウエットによる画像処理を行っている医療機関は少なくなった。多くの医療機関はドライによる画像処理から、電子化されたネットワークによる画像処理になった。よってこれら事象より、画像診断用モニタの落下、転倒及び画像処理ケーブルの断線等により画像作成ができてもモニタ投影ができず診断機能に大きなダメージを与えてしまうことも予測される。これら画像診断用ネットワークは勿論、モニタ等々についても固定及びネットワーク回線の補助回線の設営なども考慮する必要がある。

17) 使用室出入口の開閉不良、放射線部門との自動扉の変形による開不能

加速装置使用室、MRI 検査室等にあつては重量扉であることから地震動による損傷を最小限に抑さえる工夫が必要である。また、電動扉にあつては停電を想定した訓練を常に行い非常時に備えることが必須である。

18) 代表的医療機器の損傷状況

代表的医療機器としてX線装置、CT装置、その他の損傷及び修理復旧状況を表に示す。

代表的医療機器の損傷状況

	X線装置	CT装置	人工透析装置	自動分析器
点検した台数	3960	542	2654	1048
総台数に対する%	30%	20%	6%	16%
稼働できたもの (損傷機器のうち)	83%	95%	79%	85%

阪神淡路大震災時の放射線装置等の被災、復旧状況報告として：日本画像医療システム工業会資料より

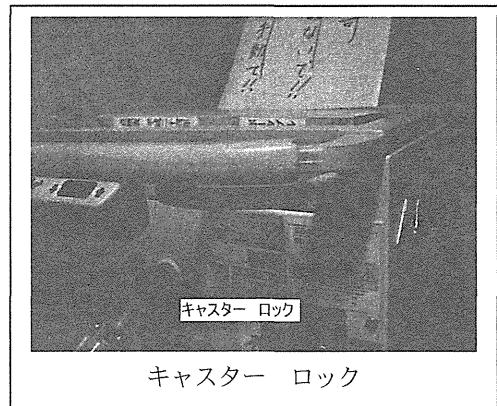
3.2 医療機関としての平時の対応及び医療法立入検査時の検査員の立場

医療機関として何をすべきかを記述してきた。ここでは発災時の患者の安全性を第一とする考え方に立ち、便利性的みを追求した医療施設にならないように願います。

1) 回診用X線装置

常に移動し、病室・OP室等で撮影を行うことから通常停止状態でのキャスターロックがされる構造である。また、モータ電源遮断によりモータの回転負荷により固定される装置もある。

ポータブル装置のような大型機器については、移動の使用のためにキャスター（駆動車輪）がついている。このように大型の医療機器は、発災時の地震動により床の上を自由に動き回る事で運良く転倒がおこらなかった場合もある。また、転倒を免れたことで損傷軽減になった例も報告されている。ただし、大型の医療機器は重量物であることから、「暴走現象」により他の医療機器及び建築物本体と衝突して、大きな損傷を起こす恐れもある。地震発生時に、無人の場合は良い面もあるかもしれないが、診療時間帯など、患者やスタッフが室内にいる場合に、回診用X線装置（大型医療機器（重量機器））が激しく動くことは非常に危険である。「確実に固定する」ことが原則である。



・回診用X線装置は、震災直後の医療活動に最も重要な装置であることから常に対応を考えておく必要がある。

ア) バッテリー使用が可能な状態としておく。

- ①災害発生後は充電設備が確保できるか速やかに確認する。
- ②装置が十分に充電済みかどうかを確認する。

イ) 交流電源(100V)が必要な場合

- ①交流電源（発電機による電源）の電圧・容量が十分に確保可能か確認する。
- ②交流電源の確保が蛸足配線となる場合には、他の機器への影響を考慮する。

ウ) 電源容量が多少不足の場合での使用

- ①管電圧を上げて、実効稼働負荷（mAs）を下げる方法で、出力量を下げること等を考えた撮影をする。

②撮像面が CR・DR 等の場合、出力量を下げた撮影でも診断可能な画像提供ができるか確認をする。

- i) 回診用 X線装置は、感電等の防止のためアース接続は重要である。アースの確保を忘れずに行うこと。
- ii) 災害発生後に回診用 X線装置を使用する場合の点検項目として、
 - a. 外装の緩み、がたつきが無いこと。
 - b. X線発生器の油漏れが無いこと。
 - c. ケーブルの状態 亀裂、配線高圧ケーブル等被覆亀裂、むき出しがないこと。
 - d. コネクタ・プラグの曲がりがないこと。外装の歪みがないこと。
 - e. 可動絞りの羽根の開閉が円滑に動くこと。
 - f. 可動絞りのランプが点灯すること。
 - g. 撮影条件設定の各表示と可変等が可能であること。
 - h. X線照射試験においてエラーがでない、異音・異臭がないこと。
 - i. アースケーブルの損傷がなく、アース可能であること。

★医療監視員の立場として

- ・医薬発第 188 号通知にあるように、保管場所と施設はもちろんのこと、震災発生時の事も考え、固定状況・充電状況・アース確保指導等と確認を怠らないこと。

2) CT 撮影装置

CT 撮影室内には、CT 装置本体・撮影用寝台・変圧器・制御装置・インジェクター等が設置されている。CT 装置本体ガントリ部はアンカーボルトによって固定されているのが一般的であるが、アンカーボルト工法も各社様々であり耐震性については一様ではない。撮影寝台に於いても的確にアンカーボルト工法を行っているか確認することと、緊急時（震災時）に手で速やかにガントリ内から引き戻せる機構についても各社独自の方法があるので、装置毎の特徴を理解し、緊急時（震災時）を想定した訓練を常に実施すること。

CT 撮影室内にある変圧器・制御装置についての多くはアンカーボルト固定が行われていないこともあり、地震動により大きく移動するか、転倒することも想定しておかなくてはならない。また、インジェクターにおいては、天井吊りと床移動型のインジェクターがある。天井吊りの場合は建物構造物（天井）に強固な固定が行われているか確認をすることと、吊り下げられたインジェクターが地震動により激しく揺れること、本体継ぎ手部分が損傷により落下することを想定しておかなくてはならない。床移動型インジェクターにおいては、地震動により床を走り回るか、転倒する危険性があるので、キャスターロックを常に実施すること。更に注意しなくてはならないことは、インジェクター使用時は血管ルート確保が行われていることから、インジェクターが揺れるとか、動き回ってしまうと患者血管に損傷を起こしてしまうことも予測される。

これらの危険性を常に意識して日常管理を行うことが重要である。

★医療監視員の立場として

- 患者の安全性を考慮し、装置の固定状況・緊急時の患者退避方法・日常点検実施状況を指導・

確認することが重要である。(各種アンカーボルトに於いては、年1回は打音検査が推奨されることを指導する³⁾。)

3) 一般撮影装置

現在の一般撮影室は、床面の多くをワークスペースとして活用するために、X線装置は天井走行型を使用している施設が多くある。天井走行型にあっては天井レールの固定が最も重要であり、建物構造物(天井)への固定法について確認すること。X線管球自体(約50kg)重量があるので、地震動発生時に吊り下がった状態であると共振現象を発生し管球落下の原因となる可能性がある。よって、撮影中の地震動にあっては患者近傍からX線管球を回避させることを最優先する。また、業務終了後には装置が一番安定した位置(装置各部への負担が最小限である位置)に収納することが重要である。例として、天井走行範囲の一番端で管球は最上部へ位置しロックして電源をOFFとする。各社によって安定位置が異なるので使用装置毎に周知徹底すること。

各種リーダ撮影台においては、アンカーボルト工法による固定が転倒による危険性を回避するために有効である。

各種ブッキ撮影台においては、新タイプではFP(フラットパネル)等の使用にともない多くの通信ケーブルがあることから、床面ピットに隣接した設置によりケーブル配線を行っていることから、地震動によりブッキ撮影台の移動があった時などに床面ピットに寝台が落ち込む危険性がある。新タイプのブッキ撮影台は固定することで危険性は回避できると考える。

★医療監視員の立場として

CT装置同様に、装置の固定状況・緊急時の患者退避方法・日常点検実施状況を指導・確認することが重要である。(各種アンカーボルトに於いては、年1回は打音検査が推奨されることを指導する。)

4) 血管撮影装置

血管撮影室に於いても一般撮影室同様に、床面のワークスペースをより多く確保するために、天井走行型、Cアーム型等の血管撮影装置を設置することが多い。また、近年では同室にCT撮影装置を設置することも多くなっている。よって、前述した一般撮影装置・CT撮影装置同様の危険性を考慮する必要がある。加え、天井から吊り下げられている、インジェクター装置、モニタ装置各種(画像モニター・心電モニタ等々)について、地震動により大きく揺れ・移動し互いに激突する可能性が大きいことも考慮しておく必要がある。

一番重要であるのは、血管造影等の検査時に震災発生があった時、関係スタッフがどのような行動をしなければならないかを検討し、訓練することが重要である。

更に、震災と同時に停電が発生した場合を想定し、発生装置等には無停電電源装置(UPS)の設置が施行されていることを推奨する。(震災発生後に検査を中止する場合でも血管内に挿入されたカテーテルを引き戻さなくてはならないことから、UPSの設置により数分間でもX線

³⁾検査室内の床のアンカー一部に、消毒薬品や造影剤が通常の床掃除等で浸透してしまい、ボルト自体を腐食させることがある。アンカーの質が担保されていない場合には、使用者独自でおこなう打音検査が重要な可能性があると考えられる。(広沢雅也,松崎育弘 編集『あと施工アンカー設計・施工読本: 初歩から応用まで』)

透視が可能であることが望まれる。)

★医療監視員の立場として

一般撮影装置・CT装置同様に、装置の固定状況・緊急時の対策・日常点検実施状況を指導・確認することが重要である。(各種アンカーボルトに於いては、年1回は打音検査も必要かもしれないことを指導する。)また、停電発生時の対応については、質問し、その対応策についての回答を得ることで、注意喚起となる。

5) MRI 装置

医療機関に設置されるMRIの磁場強度としては、数年前までは0.5テスラが主流であったが現在は1.5テスラが一般的になりつつある。更に3テスラMRIも設置される医療機関が増えつつある。MRI装置においては、MRI室は全面に磁気シールドを行う都合上、建物構造体に装置本体をアンカーボルト工法固定が行えないのが現状であり、MRI装置本体の重量としては5t~6tあることから、多少の地震動では移動・転倒はないものとの想定である。しかし、過去の震災で移動したとの報告も受けている。本体が移動することでヘリウム排出口との連結に損傷が起きた場合は二次災害を引き起こすことも懸念される。

MRI装置のクエンチ(極まれではあるが、超伝導コイルの冷却用液体ヘリウムが突如ガス状になる。超伝導状態が遮断された場合、コイルにより発生する電気抵抗がコイルを発熱させ液体ヘリウムを蒸発させるため、超伝導状態から常伝導状態になる現象)は、ヘリウムの急激な膨張を伴うので非常に危険である。また、気体となったヘリウムが検査室内に充満することも考え、通常のMRI装置は、窒息の危険がないようにヘリウムガスを外部に排気するシステムになっている。このような、クエンチ発生時に、排気システムが正常に動作しない場合等を想定し、速やかに患者をMRIガントリーマグネット内から引出し、検査室の外へ退避させなければならない。震災発生時は、地震動により建物構造物の変形でMRI検査室入口の磁気シールド扉の開閉が困難となる場合があることも鑑み、監視用の窓ガラスを割り検査室に入る等も想定しておくことが必要である。緊急事態の対処法を確立しておくこと。

また、強磁場発生装置であることを医療機関内職員に周知することも必要である。震災発生時の医療機関にあっては様々な人が出入りすることから、関係スタッフによる監視が必要となる。トラロープ等による立入禁止措置も考慮しておくことなども必要である。

★医療監視員の立場として

施設建物外側にある、ヘリウム排出口の標識・注意事項等の確認をする。(クエンチ時に人が近づかないように注意喚起を行っているか。)

強磁場発生場所として、警察・消防関連への報告が行われているか確認する。

MRI検査専用の非磁性体等の装備状況と磁性体との識別方法について確認する。

(MRI:参考1)

許容できる磁場強度と各種装置

磁場強度	影響機器類
0.05mT \geq	ガンマカメラ, X線透視装置のイメージ, 電子顕微鏡
0.10mT \geq	PET, サイクロトロン, 直線加速器, CT, 超音波装置, 結石破碎装置,