

1995年阪神・淡路大震災における 放射性同位元素使用施設の被害と対応

1. はじめに
2. 放射線施設の被害等状況調査
3. 被害の概況と特徴
4. RI取扱主任者等の行動調査結果
5. 現地調査等によるRI施設の被害概況
6. RI施設・設備の特徴と耐震課題
7. 今後の地震対策のあり方
8. おわりに

望月利男*
深澤崇幸**

要 約

兵庫県南部地震は、大都市直下の断層を震源とするため被災地は惨状を呈した。この地域には約330程度の放射線施設が存在しており、地震に関わる放射線施設の被害状況を詳細に調査・分析する事により、今後の地震災害時における放射線施設への被害を最小限に食い止めるための対策の立案に資する事を目的に（社）日本アイソトープ協会に調査委員会が設けられ、調査を実施した。

主要な調査項目は、①放射線施設設備の被害状況、②地震時における通報連絡体制の状況、③施設等の点検の状況、④放射線安全管理の状況などとした。

その結果、災害救助法適用地域内で調査し得た229施設（全数331）のうち、Ⅰ）建物それ自体に何らかの被害があったのは耐震性の高いRI発生取扱施設の36.0%、非密封RIの54.5%（但し、いずれも外部への放射能汚染なし）。Ⅱ）施設内での物品の移動、転倒、転落ありが、それぞれ41.7%、81.8%。Ⅲ）非密封RI施設での給水・給ガス設備の被害が約50%、排水関係の被害は27.0%の発生率である。施設点検を当日中に行ったケースは約74%と危険物を取扱っているだけに高いが、法で定められている科学技術庁への通報は約8%と極めて低い。なお、医療機関でのX線・CT装置など重量医療機器の損傷が20～30%発生し、使用中であつたら人命に関わる被害状況も認められた。それも含め使用時間帯の地震であつたら人的被害や他の別の被害が発生したと推定される。また、この危険かつ重量物の保管・使用階が高層化するなど建築上の問題点も指摘しておかねばならない。

*東京都立大学都市研究所

**東京都立大学大学院都市科学研究科（修士課程）

1. はじめに

兵庫県南部地震は、大都市直下の断層を震源とするため被災地は惨状を呈した。この地域には約330程度の放射線施設が存在しており、地震に関わる放射線施設の被害状況を詳細に調査・分析する事により、今後の地震災害時における放射線施設への被害を最小限に食い止めるための対策の立案に資する事を目的に(社)日本アイソトープ協会に調査委員会が設けられ、調査を実施した。

主要な調査項目は、①放射線施設設備の被害状況、②地震時における通報連絡体制の状況、③施設等の点検の状況、④放射線安全管理の状況などとした。

その結果、災害救助法適用地域内で調査し得た229施設(全数331)のうち、Ⅰ)建物それ自体に何らかの被害があったのは耐震性の高いRI発生取扱施設の36.0%、非密封RIの54.5%(但し、いずれも外部への放射能汚染なし)。Ⅱ)施設内での物品の移動、転倒、転落があり、それぞれ41.7%、81.8%。Ⅲ)非密封RI施設での給水・給ガス設備の被害が約50%、排水関係の被害は27.0%の発生率である。施設点検を当日中に行ったケースは約74%と危険物を取扱っているだけに高いが、法で定められている科学技術庁への通報は約8%と極めて低い。なお、医療機関でのX線・CT装置など重量医療機器の損傷が20~30%発生し、使用中であつたら人命に関わる被害状況も認められた。それも含め使用時間帯の地震であつたら人的被害や他の別の被害が発生したと推定される。また、この危険かつ重量物の保管・使用階が高層化するなど建築上の問題点も指摘しておかねばならない(付表)。

2. 放射線施設の被害等状況調査

科学技術庁では地震による放射線障害の恐れの有無を確認するため、洲東市、神戸市周辺地域(明石市~尼崎市)に所在する許可事務所79及び届出事業所69に直ちに電話連絡し、その障害に至

る被害が無かつた事を1月20日までに確認した。さらに詳細調査が必要と判断された事業所について係員を1月24日より派遣し、障害の無いことを再確認した。その後、上記79事務所に対し、施設の損傷等に関する詳細調査を実施し、約30事務所で排水管の破損、壁等の亀裂などの被害を確認した。

筆者らは以上の調査の結果を踏まえ1月30日~2月3日の間、被災地の28事業所の調査を実施すると共に震度5以上と気象庁が発表した滋賀・兵庫県、京都・大阪府中の840事業所に対する郵送によるアンケート調査を行い、551事業所(65.6%)から回答を得た。その内訳は医療・教育・研究機関がそれぞれ59、35、117施設、その他96、民間企業223、販売業13、無記入回答8票である。設問項目の主な内容は、a.施設とその周辺の被害状況、b. RIを保有する建物の被害内訳、c.施設内の器物転倒等、d. RI使用設備の損傷とそれに伴うその漏洩の規模、e.給水管等の諸設備の被害、f.設備の損傷による放射能汚染の規模、g.自由記述、h.管理者・主任の居場所、i.地震時・後の行動、j.施設等の点検(何時、順序、報告)等である。なお以下に示す集計結果は229事業所(災害救助法適用地域内のみ)からの回答についてである。

3. 被害の概況と特徴

(1) 放射線施設が受けた被害概況

今回の地震では、大都市が受けた直下型地震として、多くの人命を失い、かつ多くの社会資産が多額の損害を受けた。地震が放射線施設に及ぼした影響について、その概況を以下にまとめた。

①大学、民間企業をはじめ多くの事業所が放射線施設を保有していた地域で、災害救助法で指定された区域には、311事業所があつた。

・地震の影響については、異なる使用様態の多数の事業所が被災地に存在したので、いろいろな被害事例がみられた。

②放射線施設で使用中的のものは極めて少数であつた。多くの放射線源は保管中か発生停止中であつた。

付表 機関別の調査結果（総数229）（1）より引用）

アンケート項目	質問事項	医	教	研	他	民	合計	
事業所周辺の状況	停電	13	9	27	20	46	115	
	断水	9	9	20	19	39	96	
	電話の不通	17	12	35	23	57	144	
	都市ガスの停止	8	7	19	16	22	72	
	地割れ	3	7	15	12	23	60	
	陥没	2	7	11	12	21	53	
	隆起	2	5	2	3	11	23	
	溢水	4	2	6	1	5	18	
	浸水	2	1	1	1	4	9	
	火災	0	2	2	0	0	4	
事業所周辺の被害	回答事業所数	30	17	56	39	87	229	
	被害あり	20	16	40	28	72	176	
	被害なし	10	1	16	11	15	53	
密封線源・放射線発生装置使用施設のある建物の状況	建物の倒壊	0	0	0	1	1	2	
	建物の傾斜	0	1	0	2	2	5	
	建物の一部損傷	0	1	0	3	8	12	
	壁の亀裂	8	6	10	9	18	51	
	壁モルタルタイルの剥離	2	2	3	2	14	23	
	床のひび割れ	3	1	3	5	10	22	
	扉の変形	0	0	4	2	13	19	
	窓硝子の破損	0	2	4	5	12	23	
	火災	0	0	0	0	0	0	
	回答事業所数	30	15	40	39	82	206	
使用施設内の状況	被害あり	9	6	13	12	33	73	
	被害なし	21	9	27	27	49	133	
	移動した物品	12	3	11	7	15	48	
	転倒した物品	5	3	11	8	18	45	
	転落した物品	2	2	12	14	16	46	
設備の放射線漏洩	被害あり	13	4	20	20	29	86	
	被害なし	17	11	20	19	53	120	
	被害なし	30	15	40	39	82	206	
	非密封RI施設のある建物の状況	建物の倒壊	0	0	0	0	0	0
		建物の傾斜	0	1	0	0	0	1
建物の一部損傷		0	0	3	0	0	3	
壁の亀裂		2	8	13	0	4	27	
壁モルタルタイルの剥離		0	2	4	0	2	8	
床のひび割れ		0	2	4	0	2	8	
扉の変形		0	0	1	0	0	1	
窓硝子の破損		0	3	4	0	0	7	
火災		0	0	0	0	0	0	
回答事業所数		4	15	29	0	7	55	
使用施設内の設備の状況	被害あり	2	8	15	0	5	30	
	被害なし	2	7	14	0	2	25	
	給水管	0	2	2	0	2	6	
	下水管	0	3	3	0	1	7	
	給ガス管	1	2	3	0	1	7	
使用施設内の状況	地下貯水槽	2	2	0	0	1	5	
	据置水槽	0	0	0	0	0	0	
	浄化槽	0	0	1	0	0	1	
	RI廃水貯留槽	1	6	5	0	2	14	
	被害あり	2	7	11	0	4	24	
	被害なし	2	8	18	0	3	31	
	移動した物品	2	7	21	0	5	35	
	転倒した物品	1	11	19	0	2	33	
	転落した物品	1	9	20	0	3	33	
	被害あり	2	14	23	0	6	45	
施設放射線漏洩 放射能汚染の規模	被害なし	2	1	6	0	1	10	
	被害なし	4	15	29	0	7	55	
	最大表面密度限度超え	0	0	3	0	0	3	
	被害なし	4	15	26	0	7	52	

たので、線源にかかる被害はなかった。

・地震の発生時刻が、3連休の終わった早朝という時刻であった。既に社会的にも評価されているように、地震発生時刻が、1, 2時間後であったら、もっと多くの人的被害は免れなかったということであり、放射線施設も使用状態に入っている時間になっており、実際の被害をさらに上回る別の被害が発生していたものと推定される。

③都市部を中心とした地震であったので、勤務先と住居の双方で地震の被害を受けた場合が多く、距離は近かったものの交通機関の不通と道路の寸断により、勤務先に到達できた時刻は数時間から半日後程度になっており、放射線施設の被害状況を地震直後に把握できた事業所はごく少数で、多くは半日後であった。

・地震による被害状況をいち早く把握する義務は、放射線取扱事業所の管理者はもとより、放射線取扱主任者が最も求められるところである。管理者・主任者自身が自宅で被害を受け、連絡もとれないままに職場に出勤したものの、通常の交通事情でなかったため、到着に時間をかけることになった。

④通報連絡のための電話回線も接続が滞り、被害地域はまったく不通状態になった。連絡通報は、市内電話の不通に加え、市外からの見舞電話による混乱により、さらに困難になった。科学技術庁からの各事業所に対する連絡電話は地震当日はまったく兵庫県周辺にはかからなかった。翌日には公衆電話回線を通じて連絡がとれるようになり、3日目になって、ほとんどの事業所と科学技術庁との連絡が終了したとのことである。

・重要な事業所の被害状況や安全確認の連絡は、通常時の連絡と著しく異なることは、これまでも地震が発生した際見られた現象であるが、地震被害の大きさもあって、全国からの電話連絡が混乱を増大させたと思わせる。緊急連絡体制については、既に緊急時対応の電話回線もあり、ハード面でも再検討が必要であり、緊急時の重要度に対応したシステムの確立が肝要である。

⑤放射線同位元素装備機器を使用する事業所も多数あり、ガスクロマトグラフのみを使用する事業

所建物が損傷したが、直ちに科学技術庁と連絡をとり、機器を安全な場所に移動・保管した例があり、その内の一例では、機器を損壊した建物から安全な場所に移動した翌日に、損壊した建物が、火災による延焼を受けるところとなったが、放射性同位元素装備機器の焼失を免れることができた。

・管理者・主任者の適切な判断と行政担当者の指導により、放射線防護の上で模範的な対応ができた事例である。

⑥地震発生後、交通事情困難な状態の中で、放射線管理サービス会社による契約事業所を中心とした事業所訪問と施設点検が管理者・主任者に協力して行われた。また、主任者相互支援ベースとして、被害事業所に対する安全管理支援ボランティア活動が進められた。

・緊急時に施設設備の専門家を集め、放射線事業所を巡回して施設を専門家の立場から点検することは、周辺環境の放射線防護の上からも極めて重要な行為を率先実施したもので、かかる活動についても今後一定のシステムが整備されることが望ましい。

⑦地震後直ちに被害状況の把握とその対処のための調査が始められた。

・都市部を襲った直下型地震で震度7の激震地域があったため、放射線施設の倒壊に伴う放射性物質の紛失や環境中への放出が懸念され、科学技術庁は、まず安全確認のため、地震後直ちに当該地域の事業所に電話連絡を行い、どの事業所からも放射線障害のおそれがないという連絡を受けた。さらに、激甚被災地の事業所に対しては、事業所の協力を得て直接調査を行った。この結果、一部の事業所の放射線施設に壁の亀裂や排水管の破損等の損傷が見られるものの、放射性物質の紛失や環境中への放出はなかったことが確認された。

放射線を遮蔽するための壁が厚く、施設が壁構造となっていることが、堅牢性のある施設となり、一般建物に比べ損傷を受けにくかったものと思われる。

以上のように被害は強い地震動、とりわけ大きな上下動、液化化ならびに発震時刻で特徴付けら

れる。以下アンケート・現地調査の結果を要約する。

(2) アンケート調査結果

事業所周辺の状況は半数以上が停電、断水、電話の不通と回答。被害なしは25%、建物それ自体の損傷は密封R I 発生装置取扱施設の36%、非密封R I のその54.5%、被害なし60.5%。ガスクロマトグラフ用E C D設置の2事業所で保管建物の2棟が倒壊。これは現地でも確認したが、事務所用建物を安易に転用したケースであり、この様な事は本質的には避けるべきと考えている。非密封R I 施設の設備である給水・ガス管等の被害は約半数の事業所で発生、排水関係では27%が被災。器物の移動・転倒・落下等は密封R I 発生装置取扱施設の41.7%、非密封のそれでは81.8%に達した。これら全てに被害なしは約半数。施設設備の損傷による放射線の基準値を越える漏洩は全くなり、但し管理区域内の放射能汚染、3事業所(5%)、外部への汚染等の報告なし(附表)。

(3) 医療施設の被害 一現地調査から一

医療施設特有の被害を含み、次のような被害が

- ・鉛ブロックの落下、防護衝立の転倒、コリメータの移動
- ・放射線治療病室の遮蔽シールドが落下、ベッドを押しつぶす
- ・フード、グローボックス等の配管結合部・排気管・給排水管の破損
- ・貯蔵箱、廃棄物保管容器等の転倒・移動
- ・戸棚、ロッカー、薬品棚等の転倒多発
- ・酸素ボンベその他器具・器材の転倒
- ・液状化によるR I 使用室の浸水(約30cm)
- ・X線施設のX線球、トランス、制御装置等の転倒、落下、移動
- ・自動現像機の転倒、液混濁
- ・X線・CT・人工透析装置、自動分析器等の損傷は上記地域内で20~30%台

上記のうち使用中であったら人命に関わった器械の損傷が相当ある事が医療施設の被災の特徴であり、かつR I 施設の特に部材の変形などによる扉の開閉不能や開放、床スラブ・壁の亀裂は一般建物に比べ深刻な問題になる事がある。

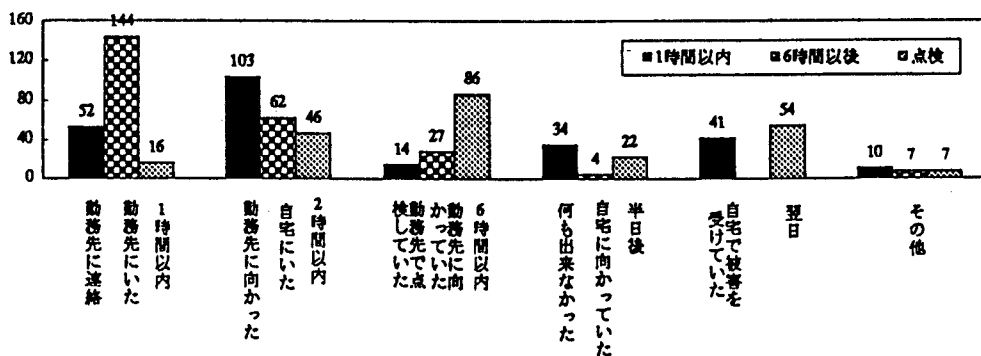


図1 RI取扱主任等の地震後の行動 (1)より作図)

認められた。

- ・ガンマカメラの移動・転倒による間仕切り壁・ベッド等の破損
- ・床に固定された貯蔵容器(約11tのガンマナイフ)の移動
- ・工作機械(約1tのボール盤)が設置台上からジャンプして落下

4. R I 取扱主任者等の行動調査結果

R I は危険物であり、その取扱管理者・主任者等の責任は重い。それ故、上記の被害調査と並行してそれらの人達のアンケートによる行動調査を実施した。本報告で示すのは施設等の被害と同様

に災害救助法の適用地域内のそれに限定する (N=231, 複数回答)。

・地震発生時は当然の事ながら自宅にいたとの回答が約95%と大多数を占め、勤務先は約0.9%に過ぎない。

・揺れ最中は動かず(動けず)が約64%、物を押さえる11%、火の始末10%等であるが、複数回答にも拘わらず回答数は250に過ぎず外に飛び出す・何かに身を寄せる(合わせて、約13%)など単一行動しか起こせなかった事を推察させる。

・直後はラジオ(TV)をつける(66%)、次いで自宅の被害調査(約36%)と極く常識的な回答となる。

さらに電話と続くが、全て連絡とれずとある。

以下の2つの設問は震災から1時間以内、6時間後と時系列を追っての行動についてである。図1にそれぞれの時刻での行動及びそれらの人達にとって重要な責務である施設点検の時刻を併わせて示す。「何もできず」、「自宅などで被災やその対応」、「その他」は結局、職務の事までは考えるに至っていない状態と見做せ、約37%のR I取扱主任等は揺れ・被害の大きさのために職場放棄状況にあったと言わざるを得ない。しかし2時間以内に約27%、当日中には約74%の人達が点検を実施している事は注目と賞賛に値する。とはいえ残りは翌日まで手付かずというのは都市における危険物施設である点から見逃せない重大な事実ではある。

以下、点検の順序と点検報告について聞いているが、前者の回答は53%がR I使用施設内とあり、適切な行動を起こしていると評価できる。以下、建物全体が約34%とあるのは自宅とその近辺あるいは通勤途上の被害規模の大きさのため、まずは建物の安全を確認してからとの行動であり、この点も十分理解できるところと言えよう。以下、15%が貯蔵施設と最も重要かつ危険度の高い場所の点検へと向っている。この報告は法律で科学技術庁に直ちに伝えるべく定められているが、それは逆の連絡、即ち直属の上司等には約43%が報告したが、科技庁には約8%の人しか自発的に状況を伝える事はせず、ほとんどはその問い合わせに

答えているのが実態であった。

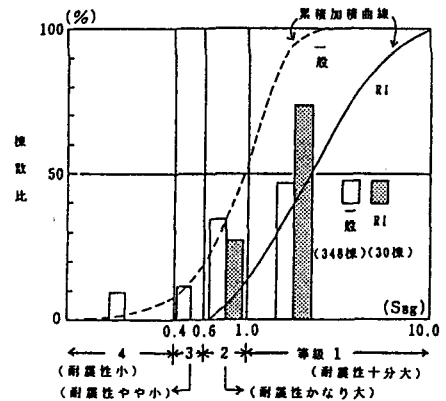


図2 非密封RI建物(RC造)の耐震診断

5. 現地調査等によるR I施設の被害概況

この施設で使用中のものは極く少数であり、多くは保管中か発生停止中であったため、線源にかかわる被害はなく、地震発生が使用中であったら人的被害は免れなかったと言えるし、実際の被害をさらに上回る別の被害の発生が推測される。また現地でのヒアリング等によれば、勤務先と自宅の双方で被災した場合が多く、距離は近かったものの交通機関の遮絶と道路の寸断により、施設等の被災状況の把握と急いだが、連絡もとれないまま出勤し、それが、出来たのは前述した様に長時間を要した。ガスクロマトグラフを使用する事業所建物2棟が倒壊した事例に関し若干その状況を記述すれば、まず科技庁と連絡をとり、機器を安全な場所に移動した翌日、倒壊した建物が火災により延焼したが装置焼失を免れた。因みにR I施設の火災には消防隊も対応を敬遠する。

もう1つの事例は同一敷地内の古い事務所棟建物に上記の機器を置き、それは大被害を受けたが、幸い機器設置階は大破を免れ、調査時には、その装置は危険物等保管倉庫に移転されていた。いずれも届出R I使用事業所であり、高いレベルの線源装置ではないとは言え、軽率な取扱いではあった。すなわち、R Iの保管・使用を当初から考え設計・施工された施設(建物)で、改善不能なほどの被害を受けたケースが認められなかったのは

事実である。筆者（望月）は東京都立アイソトープ総合研究所が1981年から2年にわたり実施した「地震時の放射性同位元素使用施設の安全確保に関する研究」に参加し、この施設の簡易耐震診断を実施した。調査した同上施設は非密封R I取扱事業所であり、そのほとんどはRC・SRC造建物（全体の90%）である。結果を図2に示す²⁾。R I関係建物数は30棟と数は少ないが、一般RC造建物（348棟）との終局耐力係数 S_{Bg} の比較の型で作図した。累積加積曲線みて、おおまかに言えば、0.6G入力（応答）でR I施設は倒壊ゼロ、一般建物のそれは22%以上となる。なお、密封R I施設（建物）は、漏洩防止のため壁厚が非常に大きく、結果として耐震性も非常に高いため、調査では除外した。その様な事実から密封は当然として、非密封R I施設もその目的で築造された建物に限定すれば大きな被害は受けなかった事が理解できる。この強度差が兵庫県南部地震ではそのまま結果として表われたと考えている。放射線施設（建物）の被害でいえば、震度5の強程度でRC造壁にX型のせん断キレツが発生し始めるようであった。ただし、このキレツは軽微であり施設の耐震性に影響を与えるほどの被害レベルではない。以下、特記しない限り震度はJMAスケールによる値とする。震度6の弱程度になると若干の構造被害が発生するようになる。例えば、RC造耐震壁の深部に達するキレツの発生、柱・梁などのフレームにせん断あるいは曲げ型の軽微なキレツの発生などである。震度5の強から6の弱とは一般建物の設計震度であり、かなりの構造被害が発生する地震入力レベルに相当すると考えてよい。

今回の放射線施設の調査では、震度6の中から強になるとRC造壁のキレツは顕著になり、耐震壁のせん断キレツ（X型）、柱・梁にもせん断・曲げキレツが認められるようであった。すなわち構造被害の発生である。いいかえれば、設計目標のおおよその目安である震度6には余裕をもって十分に耐えたと考えてよい（一般建物では倒壊が発生し始める）。

震度7にも達すると、放射線施設にも大破といえる被害が発生することがある。現地での調査施

設（建物）28棟のうち震度7の地域に建つ前記の古い放射線施設の1棟に、そのレベルの被害が認められた。そのような地域での一般建物は、構造の如何を問わず、またその新旧にかかわらず大被害をうけており、エリアとして壊滅状態といっても過言でなかった。

すなわち、震度7が推定される地域にあっても放射性同位元素等の保管・使用を当初から考え設計・施工された施設（建物）で、改修不能なほどの被害を受けた施設は皆無であったとみてよい。というのも非密封施設の建物であっても上記報告の簡易耐震診断の結果、終局耐力係数 S_{Bg} が0.7未満の施設（建物）は皆無であったからでもある（図2参照）。

1968年十勝沖地震以降、我国では建物の耐震診断法が開発され、現在では極めて精密な手法もある。それに比べれば、図2の結果は簡易な手法による（柱のせん断・曲げ破壊の終局強度チェック）といわざるを得ない。この手法では、0.6以上、あえていえば、0.6G以上の耐力は欲しいといわれている。1.0G以上であれば十分と考えられてきた。0.6とは一般の設計震度0.2の3倍（安全率と呼んでもよい）の余力となる。それは建物の応答は基礎入力0.2Gの3倍程度にはなるからという意味である。

1.0Gとは1978年宮城県沖地震で、東北大学工学部建築棟の最上部での応答加速度であるとともに、1981年大改正された建築基準法が要求する中低層建物の保有せん断力係数であり、これ以上が望ましいという目安の値であり、簡易な計算で1.0G以上あれば、それ以上の計算（チェック）はもはや必要ないという耐力に相当する。累積加積曲線みて、おおまかにいえば0.6G入力で放射線施設は倒壊ゼロ、一般RC造建物は倒壊22%以上、ほとんどJMA震度階でいってその差は震度1の強度差があるといっても過言ではないであろう。

なお、液状化によるRC造放射線施設の被害は、この地震ではわずかである。それは施設のほぼ全てが支持ぐいを用いていたからである。ただ、東灘区深江の施設が沈下した。これは、いわゆる側方流動で支持ぐいに損傷が起こったためとも考え

られるが、今後の検討を待たねばならない。液状化による被害で共通していえることは、地下埋設管の建物引き込み部での破断である。

なお地盤液状化等によるR I施設の沈下・傾斜などの被害は5棟(2.2%)と少ないが、理由はそのような地盤条件の場合、支持ぐいを用いたからであり、被害はその折損等による。敷地等の溢水・浸水は27棟(11.8%)で生じており、重要設備が水没した事例も認められた。この現象による被害に共通して言える事は地下埋設管等の建物引き込み部の破断であり、地盤沈下のみでなく側方流動による事例もある。

6. R I施設・設備の特徴と耐震課題

①放射線使用施設は、医療・研究・教育機関、さらに民間企業となるが、いずれも施設自体(建物)の耐震性は高い。だが、施設内に転倒や落下危険物(施設)を多く持っている。例えば、各種医療機器、薬品およびその収納容器、ガラスを主とする実験・試験容器とそれらの収納棚・容器、鉛ブロックなど多種にわたり、その量も多い。それらは、必ずしも直接放射性物質に関連するものとは限らないが、放射線使用施設の一般的特徴である。それらは、震度5の弱で一部落下・転倒するようになり、震度7では、およそ立っているものは何もなくなくなる。それらの落下、転倒防止策は古くて新しい課題だが、今回の実地調査でもごく一部を除きほとんど対策が施されていない場合が多い。

②この施設は①に関連して多くの薬品類を保管・使用しているため、地震時の落下・散乱にともなう薬品とそれらの混合火災など火災発生危険度が高い。また、日常的にも職員ならびに、患者にとって環境が良いとは言えず、同様な原因で有毒ガス、異臭を放つガスの発生など好ましくない危険度、環境悪化につながる要因をかかえているケースが多い。それに加え最近、RC造壁にかえて軽量の間仕切壁、例えば軽量鉄骨枠などの石膏間仕切壁などを用いるケースが増えてきた。また、窓も網入りガラスを用いるケースが少ない状況にあった。建築基準法に抵触しないとはいえ、「よ

り安全に」という建築設計者を含めた放射線関係者の自覚が放射線施設の安全性を確保してきたことをもう一度思い返してみるべきである。

③様々な材質や用途の配管類を持つのも、この施設の特徴の一つである。さまざまな容器同士を連結するパイプ、換気や排気などのためのダクト類などが実に多い。これらもまた折損しやすい設備であり、重大な結果に結びつく可能性も軽視できないため、その耐震性の検討・改善は重要な課題である。とはいえこれらは建築基準法で耐震設計を義務づけられていない。また、市販されている仕様書もほとんどない。数少ないものとして1988年初版の「給排水管の診断と対策、(財)日本建築設備安全センター」があるのみだが、放射線にとっては重大な問題にもなりかねないにもかかわらず、やや安易に扱われてきている。震度6以上では、この被害が確実に起こるようになる。なお、液状化にともなう建物内外の境界でのパイプ破断は一般建物と同様だが、地下式排水貯留槽が屋外にある場合、R I施設にとってその破断には充分な対処が必要である。

④放射線施設の設置階は1階や地階が多い。これらは地震による振動に対しては好ましいものだが、水損の危険度が高いという弱点となっている。液状化による地下水の噴出や水道管の破損にともなう浸水である。また河川の護岸の破損による地震水害に対してである。さらに、給水・配水管の折損、スプリンクラーの散水にともなう放水が建物下部に集中流下することによる浸水の問題がある。これらは地下式排水貯留槽への流入・汚染を引き起こすおそれにつながる。しかし、この被害の対策は比較的容易であり、非常用電源を用いた急速強制排水ポンプの設置・活用が望まれる。

⑤おおよそ1980年当時の調査時の放射線施設は低層階にあったが、最近、放射線施設を建物の高層階に設けるケースが増えてきた。放射線施設には大重量の機器が少なからず用いられている。如何に放射線施設(それを含む建物)の耐震性が高いといっても、大きな揺れによる実験設備等の散乱、これは前述してきたように大変危険であり、最悪の場合、放射線設置階の重量のために建物が倒壊

する危険さもある。もう一度、この兵庫県南部地震での一般建物の倒壊率の高さを教訓とし、放射線関連施設を建物低層階に置くという「より安全に」という原点に戻って考えることが大切である。

7. 今後の地震対策のあり方

(1) 基本的な考え方

地震災害対策には、地震振動による直接的な災害のほかに火災の発生により引き起こされる2次的災害への備えも重要である。予防対策には災害発生を未然に防止する対策と拡大を防止する対策がある。地震災害を想定するだけでなく、これに起因する具体的な発生状況を種々のケーススタディによって検討することも、具体的対策の立案に有用である。また、地震により災害が発生した場合に直ちにとるべき応急対策も検討しなくてはならない。種々の予防対策が定められ、これらが効率よく機能するためには事業所全体の組織的な活動が重要である。したがって、事業所全体の防災計画の中に放射線施設における対応も位置づけるべきであろう。教育・訓練についても事業所全体の取り組みのなかで効果的に実施できるシステムを確立する必要がある。

そこで、防災計画に盛り込む地震対策の内容は次の3点に要約することができる。

- ①地震発生前にしておく災害の発生防止のための予防対策及び拡大防止対策。
- ②地震発生後にとる緊急対策と復旧対策。
- ③予防対策や緊急対策を有効に機能させるために予め必要な防災教育・訓練、非常用機器・器材整備及び全体の点検。

これらの対策は放射線施設及び設備類に直接的に実施されるものと、状況の把握、行動手順の整備等組織及び運用に関わるものとのあわせもっている。これらを理解し効果的に実施するには、対策基準を示すだけでなく防災教育が重要となる。さらに個人としてだけではなく組織としての行動も要求されるので防災訓練が必要となる。また、措置された対策が正常に機能しているかどうかの点検体制を整備しなくてはならない。したがって、

③は、①、②を効果的に遂行するには不可欠の要素である。

放射性同位元素等の使用の様態及び規模は、千差万別であり、安全性の高い放射性同位元素装備機器だけを扱う届出事業所レベルから、大規模な放射線照射施設、放射線発生装置使用施設あるいは、非密封の放射線同位元素を多量に使用する施設までである。放射線施設、設備類及び放射性同位元素等取扱い状況は事業所の機関、使用様態及び規模などにより大きく異なっている。したがって、対策が有効となるためにはそれぞれの事業所でその特徴を整理・解析し、実態にあった独自のものにすることが大切である。また、放射性同位元素の核種、数量などを整理し、地震発生時での被害予測をしておくことも必要である。このことは放射線施設内で使用する薬品等の危険物についても適用できる。

事業所の放射性同位元素等の使用実態は時とともに変わるものである。放射線施設内のそれぞれの区画ごとに放射性同位元素等の使用・保管様態等を配慮して、適切な対策を実施するとよい。

これまでとられてきた地震発生後の対策は、事業所が活動中であるか、短時間で管理者もしくは主任者が事業所内の放射線施設で対応可能な状況を予測して策定されることが多い。

地震後の対応としては、まさに、地震発生直後の対応のほかに、今回の地震のようにやむなく時間が経過した後に対応せざるを得ないような場合について、とるべき具体的措置について考えておく必要がある。この考え方は、当然予防対策に反映させなければならないし、また、それは十分可能である。

このようにして策定された対策であっても、実施すべき対策や措置の技術的進歩を考える必要がある。したがって、地震対策は定期的に見直し、検討し、改善していくことが重要である。3点に要約された前述の地震対策の内容は、その大部分が地震発生前に実施すべきものであり、措置がとられているものである。

地震発生後には、あらかじめなされたこのような措置により災害の発生が防止され、被害の程度

が軽減されたりすることが期待できる。さらに、あらかじめ定められた手順等に従って行動することにより速やかな復旧がなされることになる。

(2) 特に医療施設について

①給水用タンクの複数設置とその分散配置

地震・火災の発生時には、防火用、除染用などの水の確保はきわめて重要である。とくに地震時は、水道の供給が止まった例がおおい。給水用タンクの複数設置とその分散配置を今後、考慮することが望ましい。一カ所にまとめて作ると、とくに共通配管に連結されているような場合は、すべて使用不能になり、給水が全面的にできなくなるおそれがある。給水が止まることにより、実験研究のみならず、医療に関係する施設では、人命に関わる場合もあり、給水用タンクを、複数個分散設置することは各施設とも、今後真剣に検討し計画する必要がある。なお、上水と中水に分けて設備していた医療機関があり、それぞれの用途により配水管も系統を分けていたため、地震直後よりそれぞれのタンクに貯留していた水を節約管理しながら、有効に活用していた例があり、その対応は大いに参考としなければならない点である。

今回の地震においては、該当施設周辺の給水管等に損傷が無かったにもかかわらず、数日以上断水したため、その間、日常活動が全くできなかった施設も多い。そのような事態に陥ると、施設の健全性の点検において、給水再開まで待たなければならない。

また、給水再開の際、思わぬところから、水漏れが生ずることもあり、給水再開まで、元栓の確実な閉鎖を行っておく必要がある。なお、これに関連して、ある大学では、一部の建物は給水系統が異なり、しかも給水源に部分的に井戸水を取り入れていたため、水道断水時にも給水が確保できていた例があり、参考にするべき事例である。

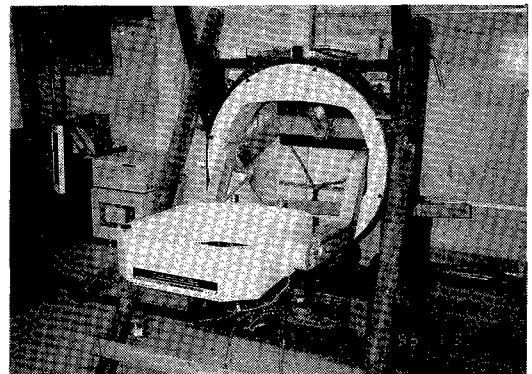
②装置の固定の徹底並びにキャスター付き装置の固定の徹底

病院の施設内には多くの医療機器・器具が設置されている。地震発生が勤務時間内であれば患者、放射線業務従事者に人命の損失を含めた大きな被害を生じる。RI施設の入出口は通常1カ所とな

っているため扉の変形等により使用施設内に閉じこめられる危険性がある。鉛ブロック・その他装置器具の落下または下敷きにより身体を負傷することなどのため、脱出が不可能となることが想定される。装置のアンカーボルト等による固定やキャスターのストッパーの確認によりかなり多くの事故を防ぐことができる。

③患者の災害時の安全性を第一とし、利用性や利便性との調和を図る。

操作する者の利用性を重視するため、また移動困難な患者にも検査・治療ができるように医療機器・器具は移動式(キャスター付き)の装置が多い。人体の計測方法が複雑化したためコンピュータ化され装置が大型化している。重量物のため動かないという安心感から固定されていないことが多く、レールの上に乗っているだけという装置も多く見られる。保守管理・修理の簡便化のため固定されていない場合も多い。



地震によりバランスを崩したカメラ測定部は患者ベット上に転倒した。重量物であり、十分な対策が必要である。

写真1 病院施設内のガンマカメラ測定部の転倒破損

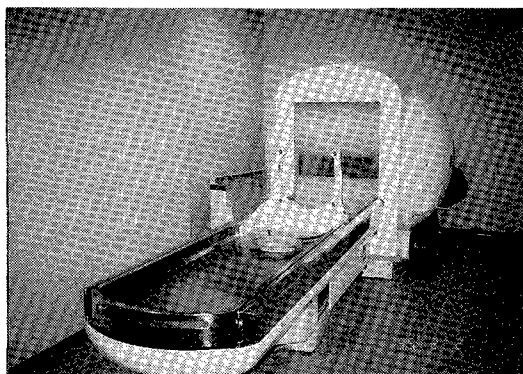
④ガンマカメラのレールを、容易に外れない、転倒、移動のない構造に改造することが望ましい。

ガンマカメラはレールの上に乗っているだけなのでT字型、またはその他の方法により容易に外れない構造に変更する必要がある。遮蔽体がベットと一体のシールドベットを用いる必要がある。

ガンマカメラや放射線治療病室の遮蔽シールドの移動によるベットの圧迫、転倒は使用中(勤務時間内)であれば患者の生命に関わる重大事故と

なる（写真1）。

ガンマナイフは現在日本に12台設置されているがすべての装置は、鉄筋に鉄板を溶接しコンクリートで固定しアンカーボルトでその鉄板に本体を固定してある。それにもかかわらず今回の地震では5cm移動している。固定されていなければ50cmは移動していたと思われ、すぐ復旧できたかどうかかわからない。固定せず使用中に地震が発生していれば患者のみならず従事者に対しても生命にかかわる事故となろう（写真2）。



11トンの重量物であり、床上に固定していたが、固定金具を破壊し移動した。

写真2 ガンマナイフ（コバルト60ガンマ線照射装置）の床上移動

日常的に遮蔽体の固定の確認の徹底を図る必要がある。実際に病院を調査した結果は装置を固定しているのは半分にも満たない状況であり、また、キャスター付きの装置・機器もストッパーをかけていないことが多く見受けられた。安全性と利用性や利便性との調和を図り、患者の災害時の安全性を第一とする考え方に立った対策が必要である。

⑤貯蔵庫の扉の施錠と廃棄物保管廃棄管理の徹底

貯蔵庫・保管廃棄の管理が適正に行われなければ、汚染や化学薬品による火災、またへパタイト（注射針、試験管）などの散乱、飛散による感染症の可能性も無視できない。

X線装置や自動現像機の転倒、落下、移動による人身事故の防止にも注意が必要である。

また、病院の救急業務に支障が生じないためにも、これらの装置の破損は防止しなければならない。

⑥教育訓練の徹底と防災訓練の定期的実施

教育訓練、防災（火災・地震）訓練の徹底を図る必要がある。病院の外来患者、病室入院患者などに対してはある程度防災訓練は行われている。しかしこれまでは、病院の放射線施設という観点からの防災訓練は必ずしも十分とはいえない。多くの患者は負傷の有無にかかわらず患者一人では避難することは困難な場合がある。火災などの二次的災害が発生した際には、避難誘導や初期消火、通報連絡などを迅速かつ適切に行う必要がある。

⑦緊急時の通報連絡体制の見直しとマニュアルの作成

防災訓練や緊急時のマニュアルの作成などを日頃から備えておく必要がある。避難誘導、通報連絡体制（院内・院外）等を徹底するために、放射線施設における防災訓練を改めて見直す必要がある。

8. おわりに

この報告は、1月下旬から3月末までの短期間の調査ではあったが、これまでにまとめられてきた地震対策などの資料を参考にし、地震後の現地調査、アンケート調査をふまえ、新たに浮かび上がった対応を含めて放射線安全管理面にかかるより具体的な措置に関してまとめたものである。放射線施設を保有する事業所の管理者・放射線取扱主任者がそれら施設の管理を進める上、のみでは無く建築設計面でも、参考になるものと考えている。これらの措置については震度7を耐震目標として見直しを図るということや、今後発生する地震から得られる教訓等も考慮しながら、その都度調査検討を行い、改正、追加等を行っていくことが肝要である。

今回ほどの大地震は一つの地域（都市）では、「忘れた頃にしかやっこない」ものではあるが、地震に備えた安全確保の効果は地震だけに有効なばかりではなく、平常の放射線防護の質を高めることになっているものであり、かかる視点からも地震対策をとらえ、災害に備える必要がある。社会的には、その際、重要度、優先度を加味した対

応が必要であるなど、改めて新しい視点での地震対策の必要性が論議され、必要な措置の見直しが求められており、今後各分野における新たな対応をつぶさにふまえ、放射線安全管理の向上にも反映していくことが肝要である。

本調査の趣旨にご協力賜った被災地の関係機関の管理者・主任者各位に厚くお礼申し上げますとともに、この報告書が放射線施設の地震対策の向上のために役立つことを願っている。

末筆ながら本報告で示したR I施設の被害等に関する現地調査、アンケート調査等を実施した地震調査委員会（筆者も同委員の1人）委員長栗原

紀夫氏ほか委員の方々（社）日本アイソトープ協会・科学技術庁原子力安全局放射線安全課の方々、調査に協力いただいた同上施設の方々に深謝申し上げます。

引用文献

- 1) (社)日本アイソトープ協会『放射線施設の地震対策講習会テキスト』1995.
- 2) 広沢雅也「わが国における既存公共建物の耐震診断」,『コンクリート工学』Vol.13, No.12, 1975.

Key Words (キー・ワード)

Field Survey (現地調査), Questionnaire Survey (アンケート調査), Radio-Isotope Facility (放射線施設), Safety Management (安全管理), Contamination of Radioactivity (放射線汚染), Medical Equipment (医療機器)

A Survey Influence on RI Facilities due to the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake

Toshio Mochizuki* and Takayuki Fukazawa**

*Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University

**Graduate Student, Tokyo Metropolitan University

Comprehensive Urban Studies, No.61, 1996, pp.49-61

Since the hypocenter of the Southern Hyogo-Prefecture Earthquake was the active faults directly under urban areas, the damage situations were serious in the affected regions. There are about 330 of the radio-istotope facilities in the regions where were applicated the disaster relief law. The objectives of this survey are finding and drafting the measures of prevention of damage due to earthquakes in those dangerous urban facilities. Main investigating subjects are (1) the damage situations of the facilities and equipments, (2) the actual states of communication / notification at the earthquake, (3) the actual conditions of inspection on the facilities /equipments, (4) on the safety management as to them, etc..

The findings through this survey are as follows :

I) The facilities themselves of which aseismic strength are very high suffered any kinds of damage were 36.0% of the closed RI generating treatment them and their open systems were 54.5% of them(contaminations of radioactivity to outside were not recognized in every case). II) The movement, overturn and fall down of things in these facilities occurred 41.7% and 81.8% both of them, respectively. III) The damage of water and gas supply equipments in the open RI treatment facilities were about 50% of them (draining equipments : 27.0%) etc.. Inspections on facilities / equipments were carried out about 74% (high rate) of them within that day from their sense of responsibility for treating the dangerous objects. But the notifications the Science and Technology Agency of the damage situations were only executed about 8% (low rate) in spite of specified in law.

The heavy medical apparatuses such as X-ray and CT equipment were damaged 20~30% in the hospitals and it was recognized that the accidents concerned human lives might occurred if they were used. Besides, it is necessary to point out the recent problems that the places which are the storage and treatment of these dangerous / heavy materials have been adopted the upper stories of buildings and so on.