

測定対象：医師の被ばく状況

時刻	場所	作業内容	作業時間	備考
10:20	カメラ操作室			
10:29	処置室	注射準備	30秒	患者1
10:33				線源搬入
10:37	カメラ操作室	注入開始		
10:38	処置室	注入終了抜去	10秒	
11:18				線源搬入
11:22	処置室	注射準備	30秒	患者2
11:24	カメラ操作室	注入開始		
11:25	処置室	注入終了抜去	10秒	
12:01	処置室	注射準備	30秒	患者3
12:09				線源搬入
12:12	カメラ操作室	注入開始		
12:13	処置室	注入終了抜去	10秒	
12:59				線源搬入
13:02	処置室	注射準備	30秒	患者4
13:06	カメラ操作室	注入開始		
13:07	処置室	注入終了抜去	10秒	
13:47	処置室	注射準備	30秒	患者5
13:52				線源搬入
13:54	カメラ操作室	注入開始		
13:55	処置室	注入終了抜去	10秒	
14:25				線源搬入
14:38	処置室	注射準備	30秒	患者6
14:40	カメラ操作室	注入開始		
14:41	処置室	注入終了抜去	10秒	
15:19				線源搬入
15:24	処置室	注射準備	30秒	患者7
15:25	カメラ操作室	注入開始		
15:26	処置室	注入終了抜去	10秒	
15:58				線源搬入
16:05	処置室	注射準備	30秒	患者8
16:07	カメラ操作室	注入開始		
16:08	処置室	注入終了抜去	10秒	
合計			5分19秒	

線源の状況及び放射線技師の作業内容

時刻	線源数量MBq	線源		放射線技師		
		位置	状況	業務場所	業務内容	対応時間(分)
10:33		処置室	患者1線源搬入	処置室	自動注入器線源セット	0.17
10:34						
10:35						
10:36						
10:37	266.7	処置室	患者1線源注入	"	注入用ライン確保	2
10:38		"	患者1線源注入終了(=線源①)	"		
10:39		待合いホール	線源①	待合いホール	患者1説明	0.5
10:40				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
10:41						10
10:49						
10:50				待合いホール	患者2説明	0.5
10:51				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
11:17						26
11:18		処置室	患者2線源搬入	処置室	自動注入器線源セット	0.17
11:19				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
11:20						26
11:21						
11:22				待合いホール	患者1説明	0.17
11:23						
11:24	280.5	処置室	患者2線源注入	処置室	注入用ライン確保	2
11:25		"	患者2線源注入終了(=線源②)	"		
11:26		待合いホール	線源②	待合いホール	患者2説明	0.5
11:27		PET室	線源① 226.7MBq	PET室	患者1カメラセット	
11:28						3
11:29						
11:30				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
11:31						3
11:32						
11:33				待合いホール	患者3説明	0.5
11:34				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
11:40						6
11:41				待合いホール	患者2説明	0.17
11:42				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
11:48						6
11:49				昼休み開始		
11:50						
12:08						
12:09		処置室	患者3線源搬入			23
12:10						
12:11						
12:12	266.7	処置室	患者3線源注入	昼食終了		
12:13		"	患者3線源注入終了(=線源③)	カメラ操作室	カメラコンソール操作	2
12:14		待合いホール	線源③			
12:15		PET室	線源① 199.5MBq	PET室	患者1カメラ終了	1
12:16		待合いホール	線源①、線源②		患者1、患者2説明	0.5
12:17		PET室	線源② 247.7MBq	PET室	患者2カメラセット	
12:18						3
12:19				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
12:56						37
12:57		PET室	線源② 219.7MBq	PET室	患者2カメラ終了	1
12:58		待合いホール	線源②	待合いホール	患者2説明	0.5
12:59		処置室	患者4線源搬入	待合いホール	患者3説明	0.17
13:00				処置室	自動注入器線源セット	0.17
13:01		PET室	線源③ 230.1MBq	PET室	患者3カメラセット	
13:02						3
13:03				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
13:04						
13:05						
13:06						
13:07	266.1	処置室	患者4線源注入	処置室	注入用ライン確保	2
13:08		"	患者4線源注入終了(=線源④)	"		
13:09		待合いホール	線源④	待合いホール	患者4説明	0.5
13:10				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
13:11						
13:43						
13:44				待合いホール	患者5説明	0.5
13:45				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
13:46						
13:47						
13:48						

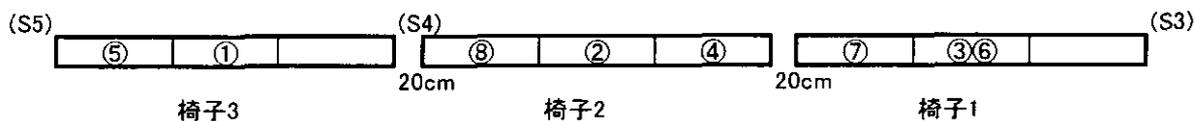
13:49		PET室	線源③ 199.5MBq	PET室	患者3カメラ終了	1
13:50		待合いホール	線源③	待合いホール	患者3説明	0.5
13:51					患者4説明	0.17
13:52		処置室	患者5線源搬入	処置室	自動注入器線源セット	0.17
13:53						
13:54	262.2	処置室	患者5線源注入	処置室	注入用ライン確保	2
13:55		"	患者5線源注入終了(=線源⑤)	"		
13:56		待合いホール	線源⑤	待合いホール	患者5説明	0.5
13:57		PET室	線源④ 228.2MBq	PET室	患者4カメラセット	
13:58						3
13:59						
14:00				カメラ操作室	カメラコンソール操作	24
14:24						
14:25		処置室	患者6線源搬入	処置室	自動注入器線源セット	0.17
14:26				カメラ操作室	カメラコンソール操作	13
14:39						
14:40	258.3	処置室	患者6線源注入	処置室	注入用ライン確保	2
14:41		"	患者6線源注入終了(=線源⑥)	"		
14:42		待合いホール	線源⑥	待合いホール	患者6説明	0.5
14:43		PET室	線源④ 200MBq	PET室	患者4カメラ終了	1
14:44		待合いホール	線源④	待合いホール	患者4説明	0.5
14:45					患者5説明	0.17
14:46		PET室	線源⑤ 222.2MBq	PET室	患者5カメラセット	
14:47						3
14:48						
14:49				カメラ操作室	カメラコンソール操作	22
15:11						
15:12				待合いホール	患者7説明	0.5
15:13						
15:14						
15:15				待合いホール	患者8説明	0.5
15:16						
15:17						
15:18						
15:19		処置室	患者7線源搬入	処置室	自動注入器線源セット	0.17
15:20						
15:24						
15:25	265.3	処置室	患者7線源注入	処置室	注入用ライン確保	2
15:26		"	患者7線源注入終了(=線源⑦)	"		
15:27		待合いホール	線源⑦	待合いホール	患者7説明	1
15:28				カメラ操作室	カメラコンソール操作	
15:29						
15:34						
15:35		PET室	線源⑤	PET室	患者5説明	0.17
15:36				待合いホール	患者6説明	0.17
15:37		PET室	線源⑤ 192.8MBq	PET室	患者5カメラ終了	1
15:38		待合いホール	線源⑤	待合いホール	患者5説明	0.5
15:39		PET室	線源⑥ 215.7MBq	PET室	患者6カメラセット	
15:40						3
15:41						
15:42				カメラ操作室	カメラコンソール操作	15
15:57						
15:58		処置室	患者8線源搬入	処置室	自動注入器線源セット	0.17
15:59				カメラ操作室	カメラコンソール操作	7
16:06						
16:07	257.1	処置室	患者8線源注入	処置室	注入用ライン確保	2
16:08		"	患者8線源注入終了(=線源⑧)	"		
16:09		待合いホール	線源⑧	待合いホール	患者8説明	0.5
16:10						
16:23					患者7説明	0.17
16:24		PET室	線源⑥ 189.4MBq	PET室	患者6カメラ終了	1
16:25		待合いホール	線源⑥	待合いホール	患者6説明	0.5
16:26		PET室	線源⑦ 220.2MBq	PET室	患者7カメラセット	
16:27						3
16:28						
16:29				カメラ操作室	カメラコンソール操作	35
17:04						
17:05		PET室	線源⑦ 196.7MBq	PET室	患者7カメラ終了	1
17:06		待合いホール	線源⑦	待合いホール	患者7説明	0.5
17:07					患者8説明	0.17
17:08						
17:09						
17:10		PET室	線源⑧ 212.2MBq	PET室	患者8カメラセット	
17:11						3
17:12						
17:13				カメラ操作室	カメラコンソール操作	36
17:49						
17:50		PET室	線源⑧ 189.1MBq	PET室	患者8カメラ終了	1
17:51		待合いホール	線源⑧	待合いホール	患者8説明	0.5

介護者の被ばく線量
測定開始 11:00

設置位置	時刻	待機線源数量 MBq	DC	PD
			μSv	μSv
B1	11:25	線源② 290.5	0	0
	11:50		1	1
	12:10		3	3
(12:30 ~ 13:10)				
B2	13:10	線源④ 266.1	4	3
	13:55		8	6
	14:20		10	7
	14:40	線源⑥ 258.3	11	7
(14:45 ~ 15:12)				
B3	15:15		11	7
	15:25	線源⑦ 265.3	11	8
	15:38		12	8
	16:10	線源⑧ 257.1	12	8
	16:20		15	10
	16:50		17	12

(終了)

待合いホール椅子に設置された測定器S3～S5の線量評価



	投与量	測定対象時間	時間(分)	370MBq比	測定結果(μSv)		
					S3	S4	S5
患者1①	266.7	10:38 ~ 11:17	39	1.387	0	13	6
患者2②	290.5	11:28 ~ 12:08	40	1.274	1	17	5
患者3③	266.7	12:17 ~ 12:58	41	1.387	1	22	2
患者4④	266.1	13:10 ~ 13:50	40	1.390	2	5	2
患者5⑤	262.2	13:58 ~ 14:24	26	1.411	1	2	32
患者6⑥	258.3	14:47 ~ 15:18	31	1.432	7	2	14
患者7⑦	265.3	15:40 ~ 15:57	17	1.395	5	2	1
患者8⑧	257.1	16:27 ~ 17:05	37	1.439	1	67	2

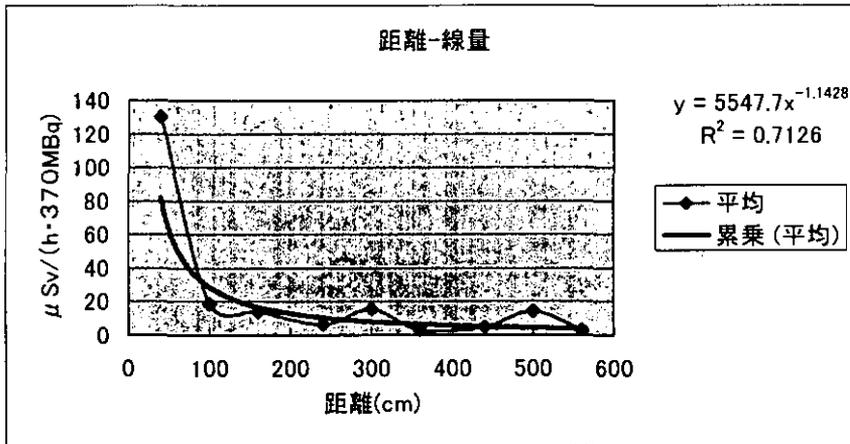
	補正係数		線源-測定間距離(cm)			最終評価線量(μSv/h・370MBq)		
	1時間比	1H,370MBq	S3	S4	S5	S3	S4	S5
患者1①	1.54	2.13	500	100	100	0	28	13
患者2②	1.50	1.91	300	100	300	2	32	10
患者3③	1.46	2.03	100	300	500	2	45	4
患者4④	1.50	2.09	240	160	360	4	10	4
患者5⑤	2.31	3.26	560	160	40	3	7	104
患者6⑥	1.94	2.77	100	300	500	19	6	39
患者7⑦	3.53	4.92	160	240	440	25	10	5
患者8⑧	1.62	2.33	360	40	240	2	156	5

注:一人分の椅子幅60cm

コメント(解説): (塚田の私的意見含む)

1. 距離について: 3人がけ椅子の幅を200cmとして計算(両脇に10cmの肘掛を加えて評価)した。
2. 最終評価線量は370MBq、1時当たりで評価(両者比例計算による)
3. 測定対象時間: 線源(RI投与患者)が1個の時間帯のみを抜き出した。

距離-線量の評価 近似式及び金谷資料との比較



距離(cm)	40	100	160	240	300	360	440	500	560
	156	2	25	4	2	2	5	0	3
	104	19	7	10	45	4		4	
		28	10	5	6			39	
		32			10				
		13							
平均	130	18.8	14	6.3333	15.8	3	5	14.33	3

距離(cm)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
累乗近似式	63	29	18	13	10	8	7	6	5	5	4
金谷資料	163	48	23	13							

金谷資料 クリニカルPET時代の放射線技師の役割 日本核医学会関東甲信越地方会
 東京女子医科大学病院 総合外来センター 金谷 信一

PET検査患者タイムテーブル

	注射時刻	投与量 (MBq)	検査開始 時間	検査終了 時間	検査時 間(分)	平均存在 率MBq
1例目	10:29	284.5	11:27	12:03	36	215
2例目	11:29	286.7	12:27	13:03	36	217
3例目	13:04	190.6	13:58	14:34	36	146
4例目	13:36	194.6	14:30	15:12	42	146
5例目	14:13	183.1	15:22	15:58	36	134
6例目	14:58	187.9	16:05	16:41	36	138
7例目	15:43	189	16:48	17:24	36	156

* 患者さんのPET室入室時間は検査開始時間の約5分前

PET室内の空間線量測定結果表(積算値)

C1: 操作室側 2m(可動あり)

時刻	μ Sv(積算値)
8:35	0
12:31	1
13:01	1
13:55	2
14:01	2
14:40	2
14:45	3
15:32	3
16:01	4
16:04	4
17:01	5
17:18	5
17:31	5

C2: 検査室入り口側 2m

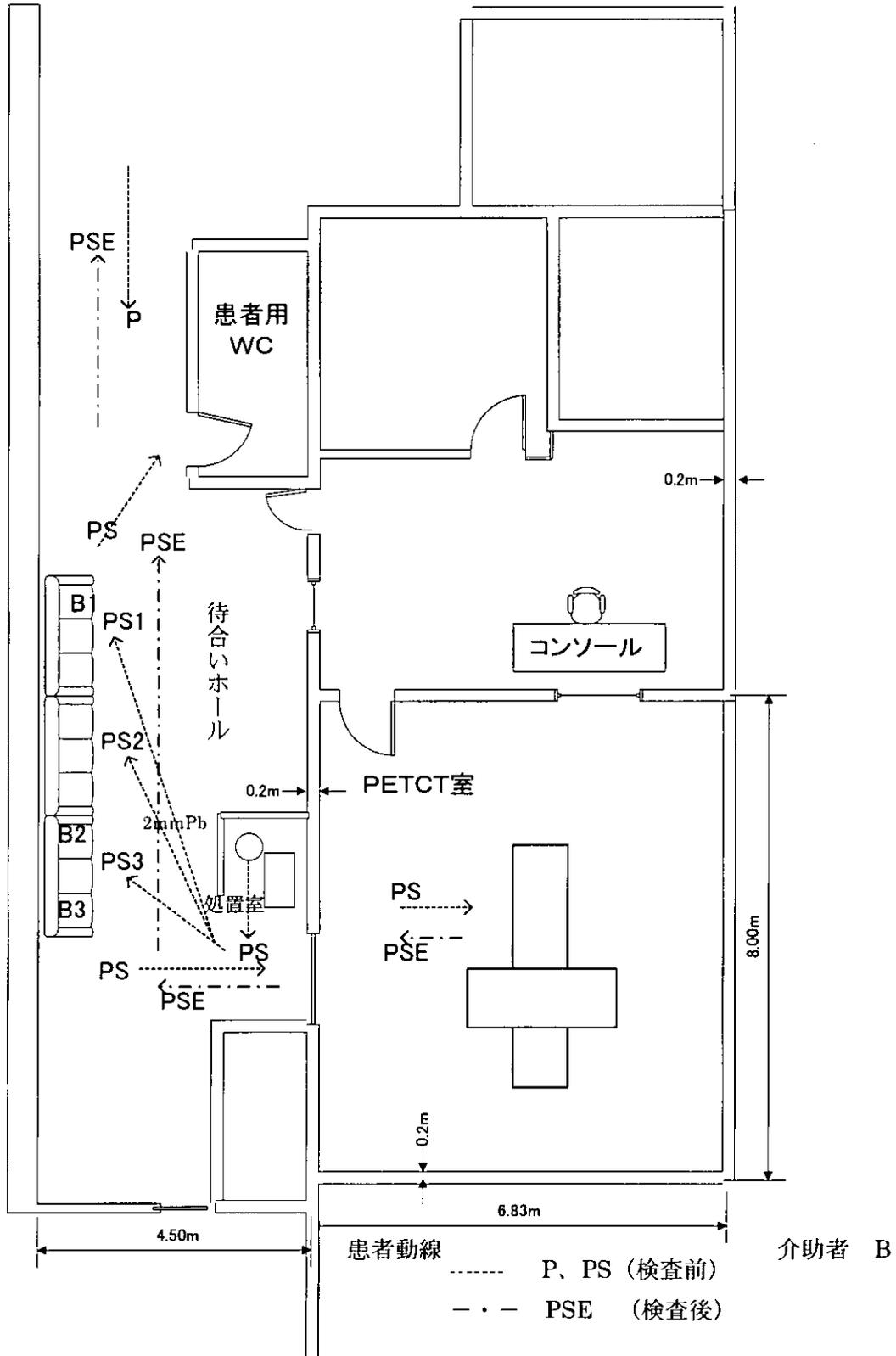
時刻	μ Sv(積算値)
8:37	0
11:37	1
11:52	1
12:08	2
12:43	3
13:48	3
13:51	4
14:29	5
14:53	6
15:20	6
15:24	7
15:36	7
15:59	8
16:06	8
16:20	8
16:24	9
16:46	9
16:55	10
16:56	10
17:29	11
17:30	11

C3: 血液測定器側 2m

時刻	μ Sv(積算値)
11:29	0
11:37	1
12:03	2
12:35	3
12:40	3
13:02	4
13:57	4
13:58	5
14:24	6
14:30	6
14:40	6
14:45	6
14:46	7
15:21	8
15:32	8
15:45	8
15:55	9
16:17	10
16:34	10
16:53	11
17:22	12

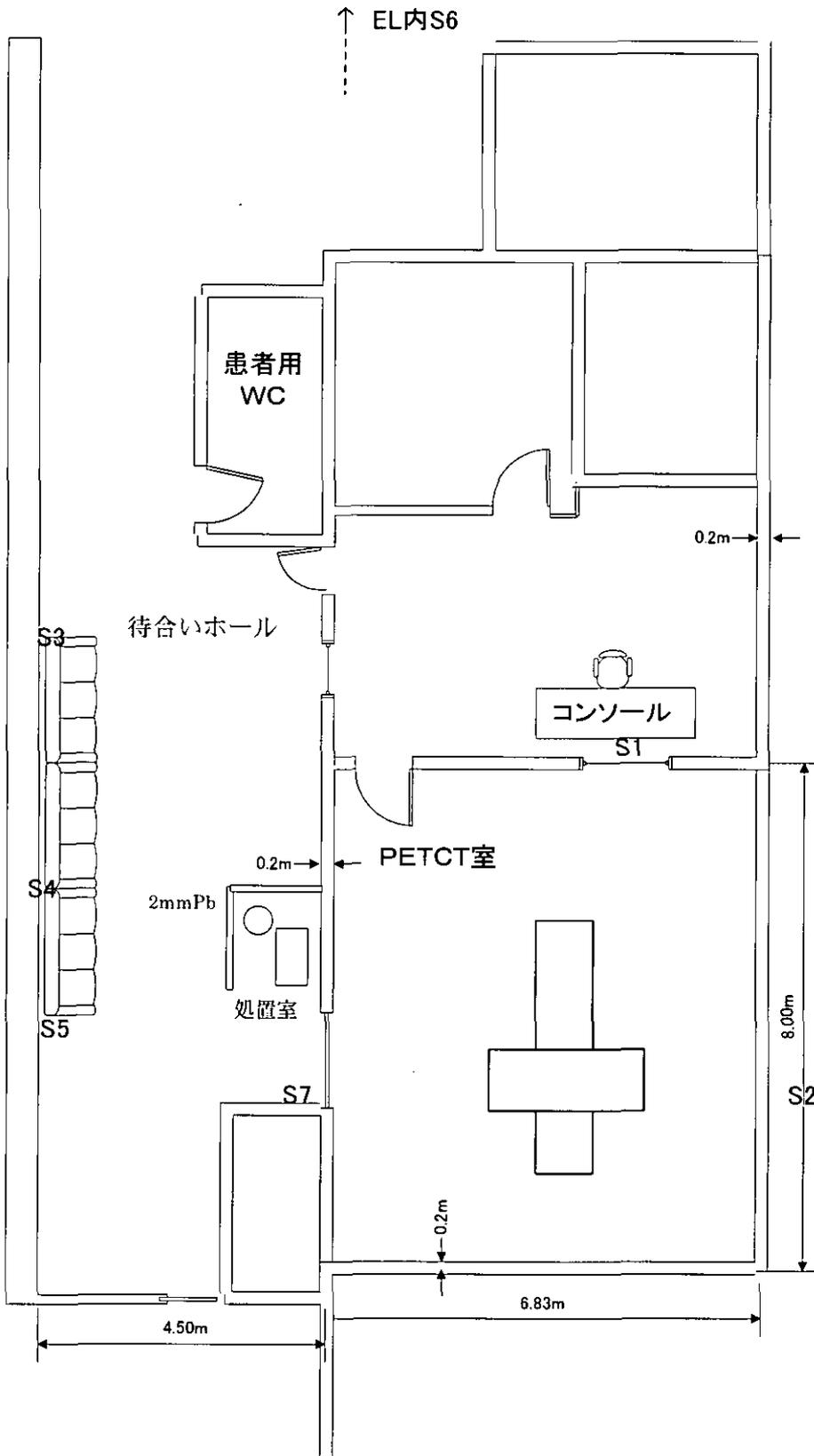
A病院
PETCT使用施設

1/100



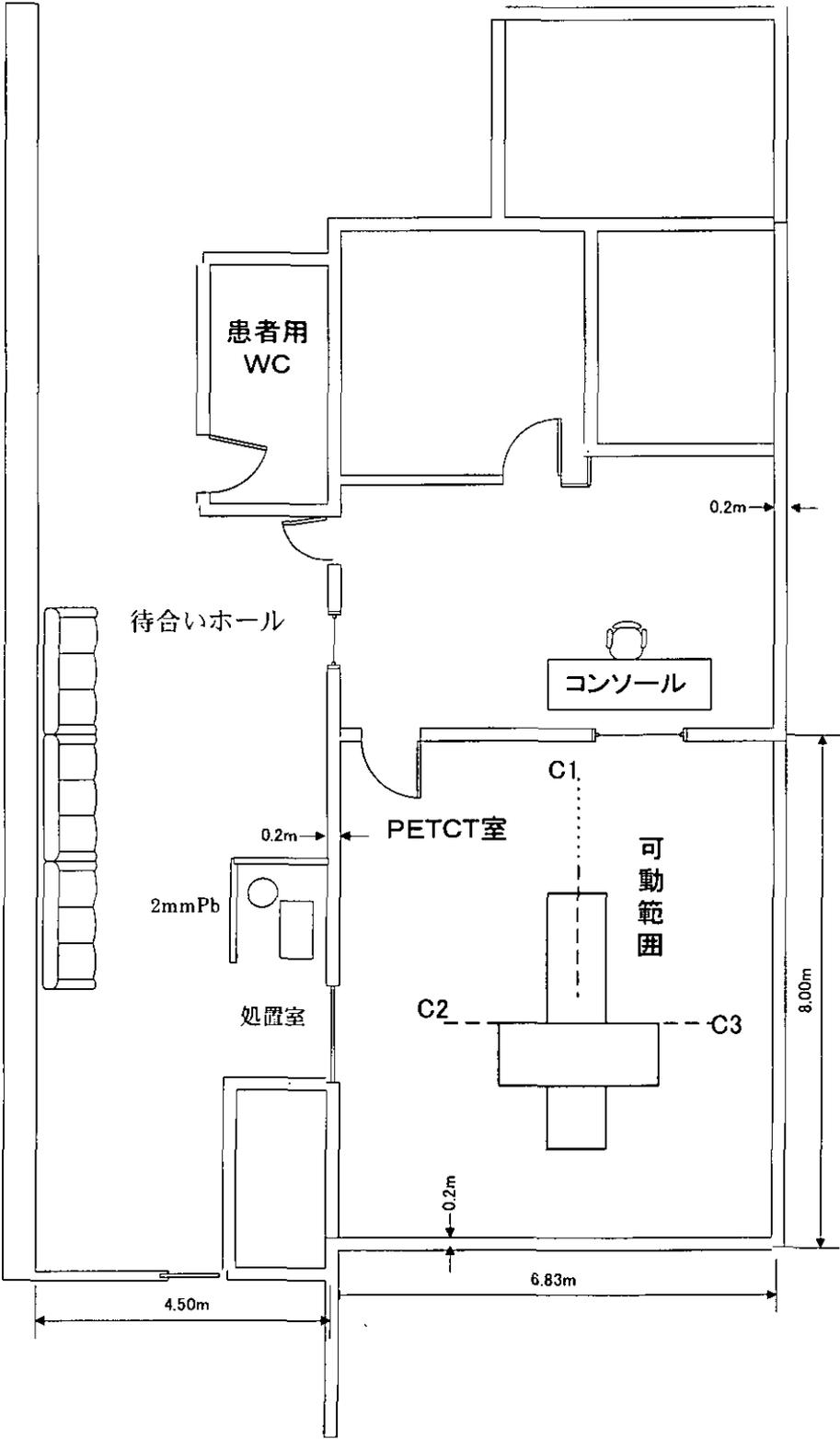
A病院
PETCT使用施設

1/100



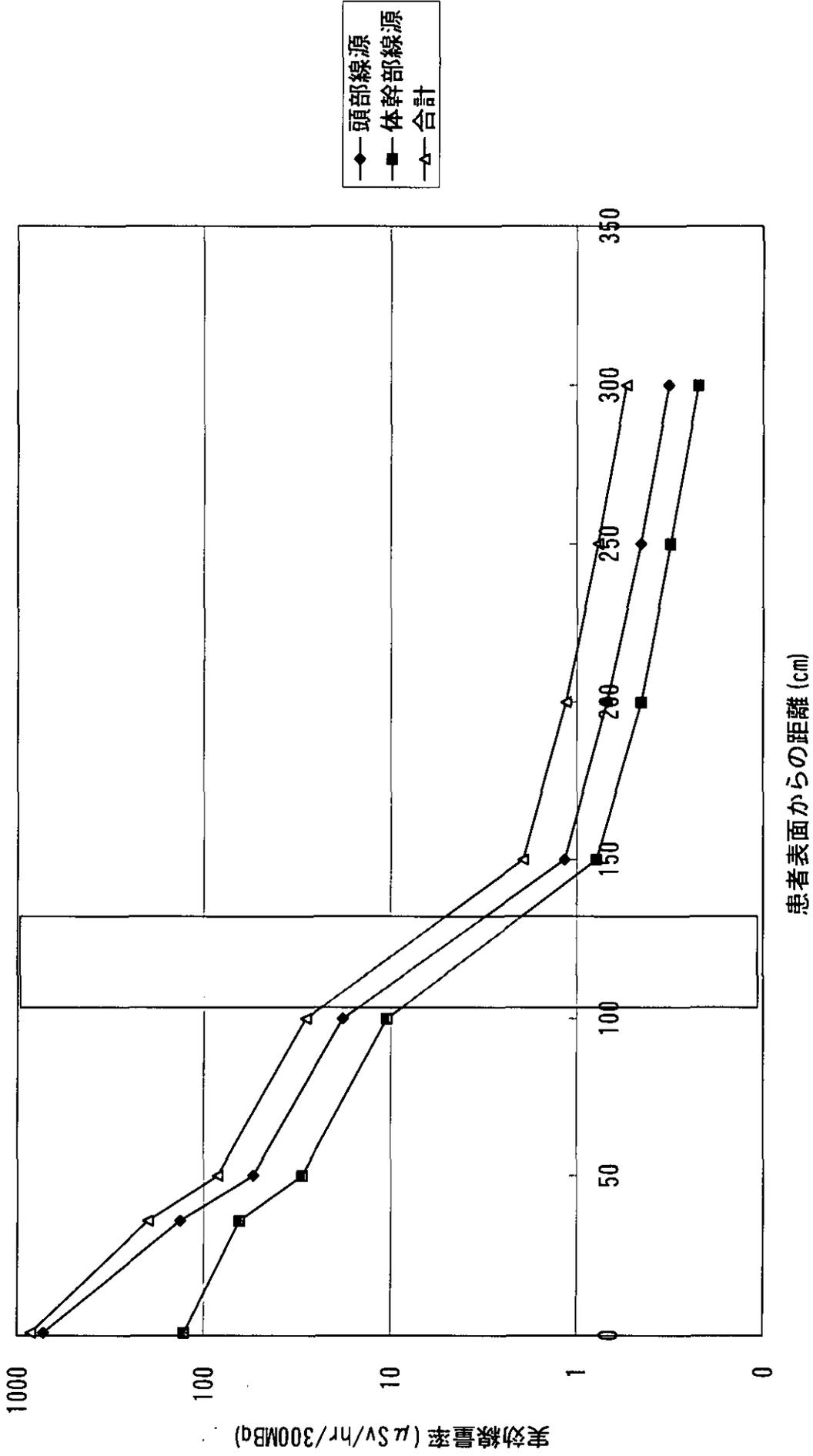
A病院
PETCT使用施設

1/100



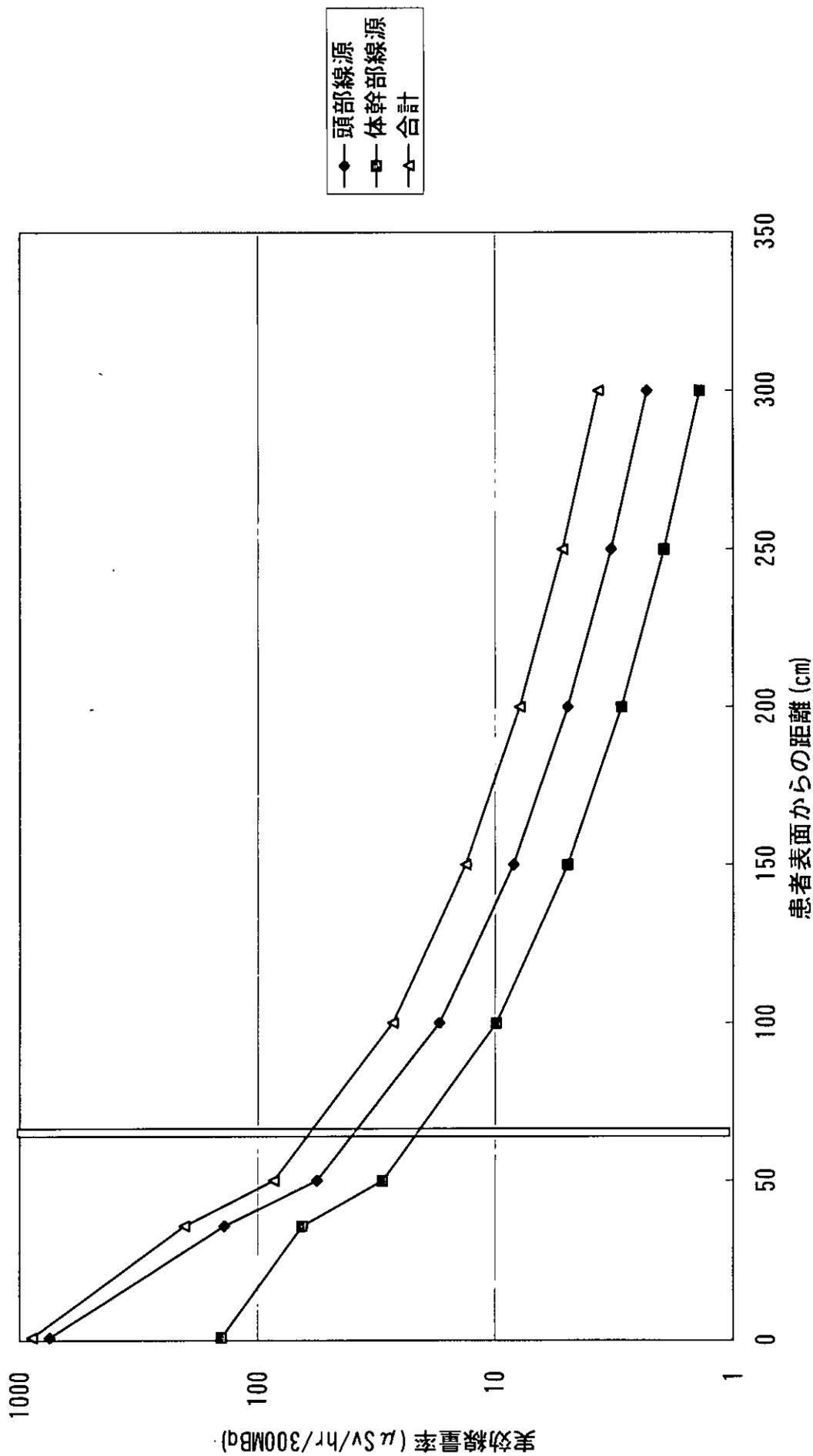
QADを用いたPETにおける患者周囲の線量計算結果

線源表面から104cmの距離に厚さ20cmのコンクリートがある場合の患者周囲の实效線量率



QADを用いたPETにおける患者周囲の線量計算結果

線源表面から60cmの距離に厚さ2mmのコンクリートがある場合の患者周囲の実効線量率



平成15年度厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
診療用放射線の防護規制に関する緊急特別研究（H15-特別-022）

分担研究報告書

「PET 検査の医療従事者等の放射線防護及び構造設備について」

分担研究者 小林 一三 国立国際医療センター放射線診療部

分担研究者 池淵秀治 社団法人日本アイソトープ協会 参与

研究概要 FDG-PET 検査に用いられる製剤の放射性医薬品としての製造承認の審査が進捗しており、近々サイクロトロンを保持しない医療施設においても FDG-PET 検査が核医学診療のルーチンの検査法として適用される可能性がある。

核医学診療にこれらの核種を導入することは、診療関係者である医師、薬剤師、放射線技師及び看護師等の職業被ばく、投与患者と関係のある公衆の放射線被ばくを減少するために必要な放射線防護措置について、基本的な考え方を提示することを目的として、①放射線防護に関する考え方、②FDG-PET 検査に係る構造設備の基準について、③線量評価に関する考え方、④従事者等の放射線防護に関する指導等に関する事項、以上について検討し、併せて国民が医療安全が達成された良質の医療を、平等に享受ための方策について提言した。

研究協力者 草間 経二 社団法人日本アイソトープ協会

渡辺 浩 横浜労災病院

木下 富士美 千葉県がんセンター

並木 宣雄 日本メジフィジックス株式会社

藤村 洋子 日本メジフィジックス株式会社

堀越 亜希子 日本メジフィジックス株式会社

岩永 哲雄 社団法人日本アイソトープ協会

高橋 美保子 社団法人日本アイソトープ協会

A 研究目的

Positron emission tomography（陽電子放出断層撮影、以下「PET 画像」という。）は、特殊な放射性医薬品の使用を必要とする医学イメージングの手法である。 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{18}F などのPET核種から放出される陽電子（ β^+ ）は、0.511MeVの消滅光子が180度方向に2本放出し、PET画像を得るために使用される。特に、放射性2-deoxy-2- ^{18}F fluoro-D-glucose（以下「 ^{18}F -FDG」と略す。）は、グルコース代謝が亢進する組織等への集積性を利用して、腫瘍等の診断（以下「FDG-PET検査」と略す。）に有用な画像情報をもたらす。すなわち、FDG-PET

検査は、腫瘍の存在診断にはじまり、TNM 分類^{注*)}による病期決定、手術適応の決定、放射線治療の照射野の決定、化学放射線療法による治療効果の判定、再発診断、予後の推定などに有用であることから、現在最も脚光を浴びている腫瘍診断法の一つである。

現在、FDG-PET 検査に用いられる製剤の放射性医薬品としての製造承認の審査が進捗しており、近々サイクロトロンを保持しない医療施設においても FDG-PET 検査が核医学診療のルーチンの検査法として適用される可能性がある。

核医学診療にこれらの核種を導入することは、診療関係者である医師、薬剤師、放射線技師及び看護師等の職業被ばく、投与患者と関係のある公衆の放射線被ばくを減少するために必要な放射線防護措置について、基本的な考え方を提示することを目的とした。

注*) TNM 分類：国際対がん連合が採用している悪性腫瘍の病期分類である。身体の 28 部位の悪性腫瘍について、T (tumor)：原発腫瘍の進展度、N (nodes)：所属リンパ節の状態、特定の部位では遠位リンパ節、および M (metastasis)：遠隔転移の有無の 3つの因子に付記する数字によって、その広がりを表示するようになっている。

B. 研究方法

国際放射線防護委員会 (ICRP) の勧告 (Publication 60 (1990)、Publication 73 (1996)、Publication 80 (1998)) 及び国際原子力機関 (IAEA) の刊行物 (BSS (1996)、RS-G-1.5 (2002)、英国などの諸外国の放射線防護基準等、およびわが国における放射線しゃへいマニュアル等を資料として検討した。

C. 研究結果

I. 放射線防護に関する原則

放射性 PET 製剤の調製等及び PET 検査に携わる従事者並びに検査を受けた患者と密接に関係する家族等が受ける被ばく線量を最小化するため、投与された患者を含めた線源との接触時間、距離及び遮へいの放射線防護の三原則を活用し、社会的及び経済的な要因を考慮に入れて合理的に達成できる限りリスクを低く抑えなければならない (as low as reasonably achievable, ALARA)。また、FDG-PET 検査を実施する医療機関においては、ALARA の原則を達成するための組織的な管理体制を確立すること。患者以外の者の放射線被ばくを抑制するため患者及び介助者等に対する指示事項を適切に指導することが重要である。

II. 放射線防護を達成するための考え方

FDG-PET 検査に従事する者が、高エネルギーの PET 核種を取り扱う場合、SPECT の核医学診療に比べて高い放射線被ばくを受ける可能性がある。また、PET 核種を投与した患者から受ける介護者及び公衆が被ばくする可能性がある。従って、次のことを熟知し、履行すること重要である。

(1) 医療法施行規則で定めている放射線診療従事者等の放射線防護に関する基準

1) 実効線量限度

① 5年間ごとに区分した各期間につき 100mSv

- ② 1年間につき 50mSv
- 2) 等価線量限度
 - ① 目の水晶体：1年間につき 150mSv
 - ② 皮膚：1年間につき 500mSv
 - ③ 妊娠中の女子：出産までの間につき 2mSv
- 3) 職業被ばく線量の目標値：1年間に受けた又は受ける実効線量が5ミリシーベルト^{注1)}を超えないための目標値。

注1)：電離放射線障害防止規則第55条第4項「・・・健康診断を行おうとする日に属する年の前年1年間に受けた実効線量が5ミリシーベルトを超えず、かつ、当該健康診断を行おうとする日に属する1年間に受ける実効線量が5ミリシーベルトを超えるおそれがない者に対する当該健康診断については、同項第2号から第5号までに掲げる項目（第2号白血球数及び白血球100分率の検査、第3号赤血球数の検査及び血色素量又はヘマトクリット値の検査、第4号白内障に関する目の検査、第5号皮膚検査）は、医師が必要と認めないときには、行うことを要しない。」

(2) 公衆被ばく^{注2)}

注2) IAEA SAFETY SERIES No.115 (1996)

II-8. 行為に起因する公衆の構成員の関連する決定グループの平均推定線量は、以下の線量限度を超えてはならない。

- (a) 実効線量が1年間につき 1mSv
- (b) 特別な状況においては、連続した5年間の平均線量が年あたり 1mSv を超えないという前提の下で、実効線量が1年間につき 5mSv
- (c) 眼の水晶体に対する等価線量が1年間につき 15mSv
- (d) 皮膚に対する等価線量が1年間につき 50mSv

(3) 患者の慰安者及び訪問者に対する線量制限^{注3)}

注3) IAEA SAFETY SERIES No.115 (1996)

II-9. ここで述べた線量限度は、患者の慰安者、すなわち医療診断又は治療を行っている患者の看護、介助及び慰安を（雇用又は職業の一環としてではなく）自発的に助けるあいだに承知の上で被ばくする個人又はそのような患者の訪問者に対して適用してはならない。しかしながら、このような患者の慰安者又は訪問者の線量は、患者の診断検査又は治療の期間中の線量が 5mSv を超えることがないように、拘束されなければならない。放射性物質を経口摂取した患者を訪問する子供の線量は、同様に、1mSv 以下に拘束すべきである。

(3) 放射線防護において、放射線源と接する場合に特に考慮すべき要件について

- 1) 放射性医薬品 [¹⁸F]-FDG 製剤の調整、注射及び取り扱う全ての者は、被ばく線量を確認し、実効線量限度及び等価線量限度を超えないことを保証するために蛍光ガラス線量計等の個人被ばく線量用の放射線測定器を携帯すること。また、必要に応じて手指にリングバッジを装着すること。
- 2) 放射性医薬品の取扱又は検査に関係する従事者等は、次に示す時間、距離、遮へいの放射線防護の三原則を活用し、ALARA の原則を強化することによって被ばく線量を抑制する必要がある。
 - ① 時間に対する考慮

被ばく線量は、被ばく時間と密接に関係する。被ばく時間を短くすることによって被ばく線量の低減に寄与できる。放射線源の近傍にいる時間の減少は、患者側が医療関係者と過ごす時間を要求するので、時として困難な場合があるが、次のことを履行する必要がある。

イ 放射性医薬品の投与量の調製など取り扱う時間を短くすること。

ロ 投与に費やす時間を制限すること。

ハ マイドーズバイアルに分注するなどして、前もって患者当たりの投与量を確保すること。

ニ 放射性医薬品がマルチドーズバイアルである場合は、投与量を抜き取る前に必要な投与量を確保すること。

ホ 遮へいされた線量を放射性医薬品と取り扱う場合、特別の注意を払うこと。

ヘ 放射性医薬品溶液の抜き取り、患者に対する PET 製剤の投与及び検査の実施に係る作業は、ローテーションを組むなどして、特定の従事者に偏ることのないように努めること。

ト 放射性医薬品の投与（注射）に当たっては、投与前に投与経路を確保、維持するなどにより投与操作の時間を短縮すること。

② 距離に対する考慮

距離は、PET 検査に従事する者の放射線防護において最も有用な方法である。放射線源（使用前の放射性医薬品及び投与後の患者）と従事者の間の距離を取ることであり、被ばく線量と距離の関係は、逆二乗則で減少する。この原則の適用例について次に列挙する。

イ 患者は注射後の放射線源になる。

ロ 放射性医薬品を投与する場所に関する考慮（処置室に関する考慮）。

ハ 放射性医薬品を投与された患者が、他の患者と従事者の被ばくを減少するため、投与患者が検査前に待機する場所について考慮することが望ましい（安静室又は待機室の設置）。ただし、患者数などを考慮して、放射線防護上の特別の対策が講じられている場合にはこの限りではない。

ニ F-18 は高い光子エネルギーを放出する核種であるため、投与された患者が他の放射性医薬品による検査を実施する検査室を通る、又は同室内において検査する場合、SPECT 装置の画像データに影響を与える可能性があるので、PET と SPECT 画像検査が同じ室内で施行することを回避するための対策が必要である（例えば、PET 検査室のみの設置又は検査実施日を分けるなどを考慮）。

ホ 投与患者がスキャンテーブルに位置した後は、技師等の従事者は、離れた場所で操作及びモニタリングするべきである。

③ 遮へいに対する考慮

Tc-99m に対して意図されている遮へいでは、PET 核種の 0.511MeV 光子に対して十分ではない。Tc-99m に対する鉛の半価層は、0.41mm であるが、F-18 に対する鉛の半価層は 5.2mm である。具体的には、

イ 鉛の4cmは、実効線量透過率がほぼ1/1000に減少するので、有効な遮へい体として利用可能である。

ロ シリンジシールド、線量輸送容器、L型シールド、鉛製金庫等を適用する必要がある。室内の距離が従事者等の放射線被ばくを適切に減少するために充分でないのであれば、患者と従事者等の間に圧延鉛シールド等を設けることが望ましい。

④ 患者及び介護者等に対する考慮

イ 放射性医薬品投与後、画像検査を開始するまでの間患者の動きを最小にするため、可能な限り安静にすること。

ロ F-18の決定臓器は、膀胱である。投与後2時間で投与量の20%が排泄されたと仮定すると、0.17mGy/MBqを受ける(下表)。医療従事者等および患者自身の被ばく低減のために、患者に飲料水を積極的に摂取して膀胱を空にすることが推奨される。これを実施することによって、膀胱に止まっている核種からの被ばく線量が減少することができる。

(参考資料)

臓器毎の等価線量(投与後2時間までに20%排泄すると仮定; ICRP(1998). Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals (Addendum to ICRP 53), ICRP Publication 80. Pergamon, Oxford)

成人に投与した放射能当たり (mGy/MBq) の吸収線量	
臓器	mGy/MBq
膀胱膜	0.16
心臓	0.062
脳	0.028
胸腺	0.011
腎臓	0.021
子宮	0.021
卵巣	0.015
辜丸	0.012
副腎	0.012
小腸	0.013
食道	0.011
胃	0.011
胆嚢	0.012
結腸	0.013
上大腸	0.012
下大腸	0.015
肝臓	0.011
脾臓	0.012

脾 臓	0.011
赤脊髄	0.011
肺	0.010
乳 房	0.0086
筋 肉	0.011
皮 膚	0.008
甲状腺	0.01
骨の表面	0.011
その他の組織	0.011
実効線量	0.019 (mSv/MBq) = 3.8mSv/200MBq

⑤ 放射線防護に関するその他の事項

ポジトロン放出核種の使用は、核医学医療においてルーチンな検査になる可能性がある。次のことを徹底することが重要である。

イ 職業放射線被ばくを減少させるため、ALARA の原則を適用するべきです。

ロ F-18-FDG の放射線防護・安全を確保するための従事者等の継続した教育・研修が必要である。

III. 構造設備かかる線量評価の考え方

1. 診療用放射性同位元素室（施設）の構成及び要件について

PET 核種の特性を考慮して、診療用放射性同位元素使用室（施設）内に設ける室及び具備すべき要件について

- (1) 準備室：本室での放射線防護は、通常の放射性医薬品の調製に準じるが、PET 核種が高エネルギー光子を放出するため、これを考慮した遮へい体を用いるなどして、従事者の被ばく低減に努めること。
- (2) 処置室：薬剤投与に適用される室である。ここでの医療安全として、被ばく防止の他、高頻度で静脈内投与する場所である。また、PET 薬剤の取扱いを含めて、ICRP 勧告で示されている、公衆被ばくの年間 1mSv を超える場合がある。従って、コンクリート等で区画された室であることが望ましい。また、¹⁸F-FDG 薬剤である線源と間が比較的至近距離で施行する。この点から、遮へい体が用いられているシリンジシールド、更に従事者との距離が保てる自動注射器の利用が望ましい。
- (3) 安静室：I. (4) 4) で述べたように、放射性医薬品投与後、画像検査を開始するまで患者の動きを最小にするため可能な限り安静にすること。FDG 薬剤を投与し投与後 40 分程度待機するための場所である。従って、最も高い被ばく線量を受ける可能性のある場所である。従って、当該検査を担当する従事者の被ばく低減においても、処置室同様に特別に区画された特別の室であることが望ましい。
- (4) 検査室：II (4) 1) ④及びII (4) 1) ⑤の要件を考慮して、PET 専用の検査室が望ましい。また、PET 装置のコンソールを操作する室は、後述の要件（IV) (5) の要件が満たされない限り別室操作が望ましい。
- (5) トイレ：I. (4) 4) ②で述べたように、投与患者の膀胱に受ける等価線量を減

らすこと。従事者の被ばく線量の低減のために、検査過程で患者に飲料水を飲ませて、排尿を促進する必要がある。そのためには、PET 検査を施行する管理区域内にトイレを設置する必要がある。

2. 被ばく線量等の算定評価に関する考え方

- (1) 投与患者からの被ばく線量を評価する場合の線源は、人体類似型のポリウム線源が望ましいが、安全側評価になる点線で評価した。
- (2) 線量の算定に当たって、投与後の [^{18}F] -FDG の ^{18}F の物理的半減期が 110 分物理的半減期を適用する場合の線量評価

$$E_T = A \times \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} dt \times \Gamma \times \left(\frac{1}{L}\right)^2 \times f_0 \quad (1)$$

E_T : 投与後 t_1 時刻から t_2 時刻までの実効線量 ($\mu\text{ Sv}$)

A : 投与後 t_1 時刻における放射能 [MBq]

Γ : 核種の実効線量率定数 [$\mu\text{ Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]

T : 核種の物理的半減期 [h]

L : 線源 (患者) から評価点までの距離 [m]

f_0 : 占有係数 (= 1)

線量評価に際して物理的半減期による減衰を適用する場合には、医療機関における線源又は投与後の患者の移動及び線源である患者が所定の場所で居る時間等を定めたシナリオを確立することが必須条件である。

線源及び投与患者の移動に係るシナリオの例 (↓: ^{18}F FDG 線源及び投与後の患者の移動)。

- ① 貯蔵室又は貯蔵箱 (メーカーより納入された ^{18}F FDG 線源の貯蔵場所)
- ↓
- ② 線源の移動 (所要時間; 1 バイアルにつき 1 分間)
- ↓
- ③ 準備室 (マイドーズバイアルから ^{18}F FDG の投与量を抜き取り調整。所要時間; 1 患者につき 5 分間)
- ↓
- ④ 線源の移動 (所要時間; 1 バイアルにつき 1 分間)
- ↓
- ⑤ 処置室 (^{18}F FDG の投与。所要時間; 1 患者につき 5 分間)
- ↓
- ⑥ 患者の移動 (^{18}F FDG を投与された患者を安静室に移動。所要時間; 1 患者につき 1 分間)
- ↓
- ⑦ 安静室 (投与された ^{18}F FDG が患者の体内に分布、蓄積組織・臓器以外から消失するまでの間、患者が待機する場所。所要時間; 1 患者につき 40 分間)
- ↓

- ⑧ 患者の移動（安静室から PET 検査室へ移動。所要時間；1 分間）
 ↓
 ⑨ PET 測定室（患者の体位確認や OM ラインの位置あわせを行い、操作室で PET 装置を操作。所要時間；40 分間）
 ↓
 ⑩ 患者の移動（患者は PET 検査室から安静室へ移動。所要時間；1 分間）
 ↓
 ⑪ PET 安静室（患者は放射能の減衰のため、安静室で待機。所要時間；40 分間）
 ↓
 ⑫ 患者の移動（安静室から面談室に移動。所要時間；1 分間）
 ↓
 ⑬ 病院外へ退出

診療用放射性同位元素使用に伴う線源又は投与後の患者の移動並びに経時的関係

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
線源の種類	貯蔵室	移動	準備室	移動	処置室	移動	安静室	移動	検査室	移動	安静室
線源の区分					患者						
滞在時間(分)	5	1	5	1	5	1	40	1	40	1	40
継続時間(分)	5	6	11	12	17	18	58	59	99	100	140

↑ ↑
 病院外へ退出

IV 計算例

¹⁸F DG100MBq について、上記の線源及び投与患者の移動シナリオによる存在又は滞在時間に式(1)により、1メートルの距離における実効線量を計算した結果を次に示す。

施設内における1患者(100MBq)当たりの1mの距離における積算線量

(1mの距離におけるγ線積算線量/100MBq)

	線源の 存在場所	線源の存在場所 における線量 (μ Sv/100MBq)	退出後の線量 (μ Sv/100MBq)
①	貯蔵室	1.27	
②	移動時	0.25	
③	準備室	1.22	
④	移動時	0.24	
⑤	処置室	1.18	
⑥	移動時	0.23	
⑦	安静室(1)	8.18	
⑧	移動時	0.18	
⑨	検査室	6.31	
⑩	移動時	0.14	22.4