

Table 1 Annual numbers of cancer patients treated with radiation, linac, and by radiation oncology professionals. Plus, patients' load/personnel according to stratification of institution by FTE radiation oncologist

	全施設 (712)		A施設層 (274) <sup>※2</sup>		B施設層 (438) <sup>※3</sup>	
	1施設平均	総数	1施設平均	総数	1施設平均	総数
実患者数	268.5	191,173	444.2	121,711	158.6	69,462
新規患者数	219.5	156,318	361.2	98,968	130.9	57,350
リニアック台数	1.1	765	1.3	368	0.9	397
放射線治療担当医 (FTE) <sup>※1</sup>	1.1	774.5	2.2	609	0.4	165.5
JASTRO認定医 (常勤)	0.6	426	1.3	350	0.3	76
実患者数/FTE放射線治療担当医1名	246.8		199.9		158.6	
新規患者数/FTE放射線治療担当医1名	201.8		162.5		130.9	
放射線治療担当技師数 (専任)	1.5	1,061.7	2.5	686.1	0.9	375.6
放射線治療担当技師数 (兼任)	0.8	572.8	0.8	223.2	0.8	349.6
放射線治療担当技師数 (専任+兼任)	2.3	1,634.5	3.3	909.3	1.7	725.2
実患者数/放射線治療担当技師1名 (専任+兼任)	117.0		133.9		95.8	
新規患者数/放射線治療担当技師1名 (専任+兼任)	95.6		108.8		79.1	
放射線治療担当技師数 (専任+兼任)/リニアック1台	2.1		2.5		1.8	
医学物理士数 (常勤)	0.2	117	0.3	86	0.1	31
医学物理士数 (非常勤)	0.04	30.1	0.08	23.1	0.02	7
医学物理士数 (常勤+非常勤)	0.2	147.1	0.4	109.1	0.1	38
実患者数/医学物理士1名 (常勤+非常勤)	1,299.6		1,115.6		1,827.9	
新規患者数/医学物理士1名 (常勤+非常勤)	1,062.7		907.1		1,509.2	
品質管理士数 (常勤)	0.4	256.8	0.6	164.5	0.2	92.3
品質管理士数 (非常勤)	0.02	13.0	0.03	9	0.01	4
品質管理士数 (常勤+非常勤)	0.4	269.8	0.6	173.5	0.2	96.3
実患者数/品質管理士1名 (常勤+非常勤)	708.6		701.5		721.3	
新規患者数/品質管理士1名 (常勤+非常勤)	579.4		570.4		595.5	
品質管理士数 (常勤+非常勤)/リニアック1台	0.4		0.5		0.2	

※1 FTE (full time equivalent) : 週40時間放射線治療専任業務に換算し直した実質的マンパワー

※2 A施設層: FTE ≥ 1の施設層

※3 B施設層: FTE < 1の施設層

※4 FTE < 1の施設の場合はFTE=1として換算

2005年放射線治療実施施設を735施設と推測した場合の推定実患者数: 約19万8,000人

2005年放射線治療実施施設を735施設と推測した場合の推定新規患者数: 約16万2,000人

### 放射線治療担当医

1施設平均のFTE放射線治療担当医は、A施設2.2人、B施設0.5人であった。常勤のJASTRO認定医は、A施設199人、B施設35人であった。年間実患者数/FTE放射線治療担当医は264人で、A施設では平均235人、B施設では上記1と同様にFTE=1とした場合、202人であった。B施設では既述のように、平均0.5 FTE人で治療している。これらの患者数負荷について、すべての施設の値の分布をみると (Fig. 3), A施設の70%は日米ブルーブックの基準<sup>12), 13)</sup>である200人/FTE放射線腫瘍医以上の患者を治療していた。上位30%の施設では改善警告値である300名を超えて治療していた。B施設の上位15%の施設では、改善警告値300名を超えて治療していた。上記1と同様に注意すべきは、平均0.5 FTE

人の放射線治療担当医なので、患者の診療にかかわれる時間がA施設のそれより実質半数である点である。

### 放射線治療担当技師

1施設平均の放射線治療担当技師 (専任+兼任) は、A施設3.6人、B施設1.7人であった。年間実患者数/放射線治療担当技師は134人で、A施設では142人、B施設では114人であった。linac 1台当たりの放射線治療担当技師数 (専任+兼任) は2.3人で、A施設では2.5人、B施設では1.8人であった。同様に、これらをすべての施設で分布をみると (Fig. 4), A施設は日本版ブルーブックの基準<sup>12)</sup>である100~150人/放射線治療担当技師の範囲以上の患者を75%以上の施設で治療していた。上位20%弱の施設では、改善警告値であ

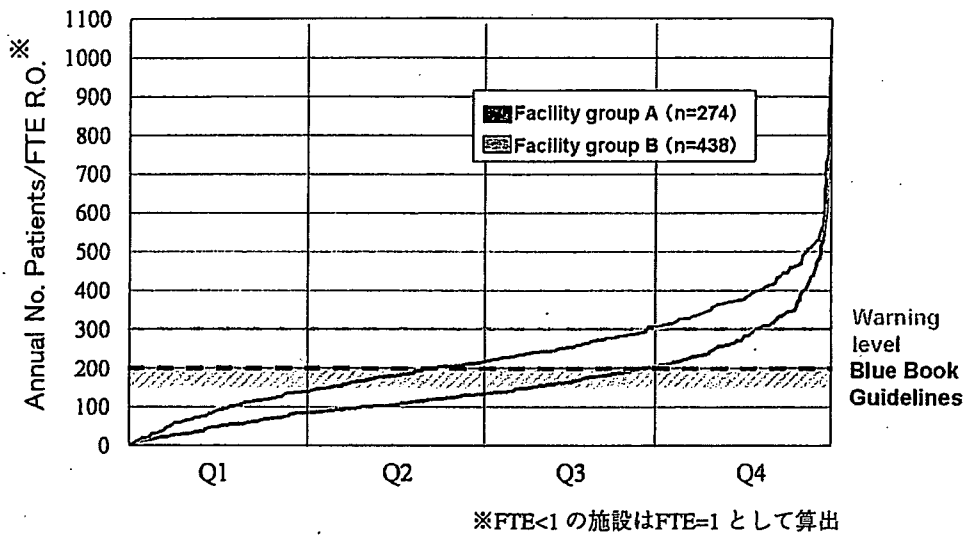


Fig. 1 Distribution of annual patient load/FTE radiation oncologist in radiation oncology facility. Horizontal axis represents facilities arranged in order of increasing value of annual number of patients/FTE radiation oncologist within facilities.

Q1: 0-25%, Q2: 26-50%, Q3: 51-75%, Q4: 76-100%.

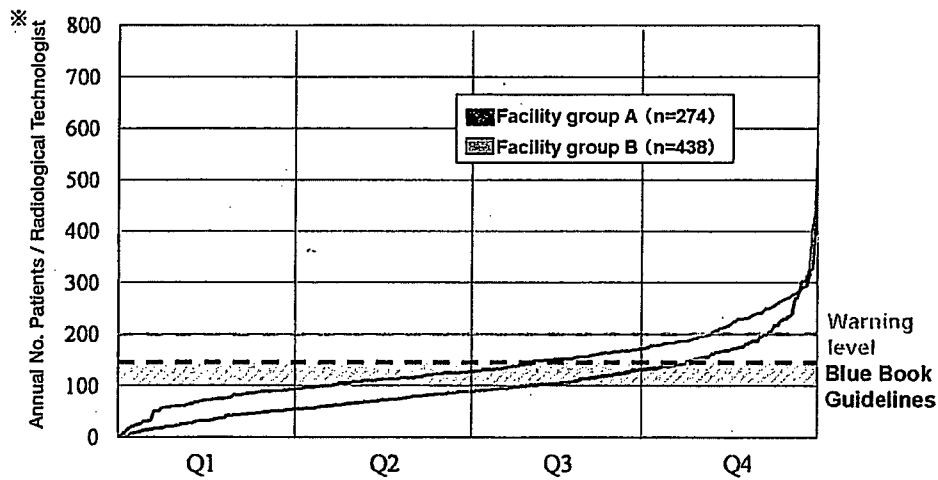


Fig. 2 Distribution of annual patient load/radiation technologist in radiation oncology facility. Horizontal axis represents facilities arranged in order of increasing value of annual number of patients/radiation technologist within facilities.

Q1: 0-25%, Q2: 26-50%, Q3: 51-75%, Q4: 76-100%.

る200人を超えて診療していた。B施設の50%以上の施設で、基準値以上の数の治療をしていた。10%の施設では改善警告値を超えていた。

#### 医学物理士

全体の医学物理士数(常勤+非常勤)は63人であり、A施設では49人、B施設では14人であった。年間実患者数/医学物理士は1,556人であった。

#### 品質管理士

全体の品質管理士数(常勤+非常勤)は132人であり、A施設では100人、B施設では32人であった。年間実患者数/品質管理士は744人であった。

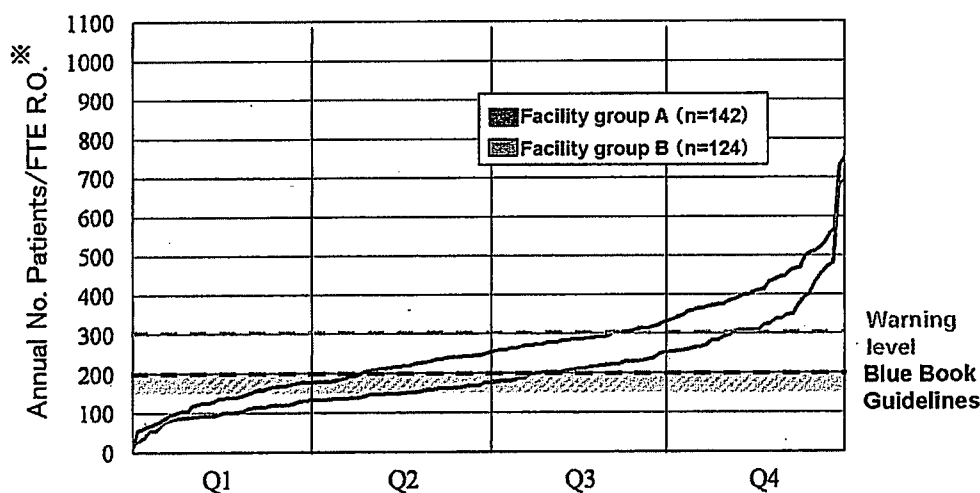
#### 3. 施設層(放射線治療担当医のマンパワー)別のlinac機能およびCT simulator 装置分布

Table 3に、施設規模別、すなわち放射線治療担当医のマンパワー別(FTE $\geq$ 1 対<1)のlinacの機能およびCT simulator

Table 2 Annual numbers of cancer patients treated with radiation, linac, by radiation oncology personnel. Plus, patients' load/personnel in designated cancer care hospitals according to stratification of institution by FTE radiation oncologist

	全施設 (266) <sup>※1</sup>		A施設層 (142)		B施設層 (124)	
	1施設平均	総数	1施設平均	総数	1施設平均	総数
実患者数	369.2	98,201	514.9	73,110	202.3	25,091
新規患者数	298.5	79,408	412.6	58,594	167.9	20,814
リニアック台数	1.2	325	1.4	204	1.0	121
放射線治療担当医 (FTE)	1.4	372.5	2.2	311.1	0.5	61.4
JASTRO認定医 (常勤)	0.9	234	1.4	199	0.3	35
実患者数/FTE放射線治療担当医1名	263.6		235.0		202.3	
新規患者数/FTE放射線治療担当医1名	213.2		188.3		167.9	
放射線治療担当技師数 (専任)	1.9	518.5	2.7	388.6	1.0	129.9
放射線治療担当技師数 (兼任)	0.8	216.1	0.9	126.3	0.7	89.8
放射線治療担当技師数 (専任+兼任)	2.8	734.6	3.6	514.9	1.8	219.7
実患者数/放射線治療担当技師1名 (専任+兼任)	133.7		142.0		114.2	
新規患者数/放射線治療担当技師1名 (専任+兼任)	108.1		113.8		94.7	
放射線治療担当技師数 (専任+兼任)/リニアック1台	2.3		2.5		1.8	
医学物理士数 (常勤)	0.2	49	0.3	36	0.1	13
医学物理士数 (非常勤)	0.05	14.1	0.09	13.1	0.01	1
医学物理士数 (常勤+非常勤)	0.2	63.1	0.3	49.1	0.1	14
実患者数/医学物理士1名 (常勤+非常勤)	1,556.3		1,489.0		1,792.2	
新規患者数/医学物理士1名 (常勤+非常勤)	1,258.4		1,193.4		1,486.7	
品質管理士数 (常勤)	0.5	124	0.6	92	0.3	32
品質管理士数 (非常勤)	0.03	8	0.06	8	0	0
品質管理士数 (常勤+非常勤)	0.5	132	0.7	100	0.3	32
実患者数/品質管理士1名 (常勤+非常勤)	743.9		731.1		784.1	
新規患者数/品質管理士1名 (常勤+非常勤)	601.6		585.9		650.4	
品質管理士数 (常勤+非常勤)/リニアック1台	0.4		0.5		0.3	

※1 がん診療連携拠点病院 (国立がんセンター中央病院・東病院含む) 288施設のうち、放射線治療を行っていない、もしくは構造調査の回答がなかった22施設を除いた施設数



※FTE<1の施設はFTE=1として算出

Fig. 3 Distribution of annual patient load/FTE radiation oncologist in designated cancer care hospitals. Horizontal axis represents facilities arranged in order of increasing value of annual number of patients/FTE radiation oncologist within facilities. Q1: 0-25%, Q2: 26-50%, Q3: 51-75%, Q4: 76-100%.

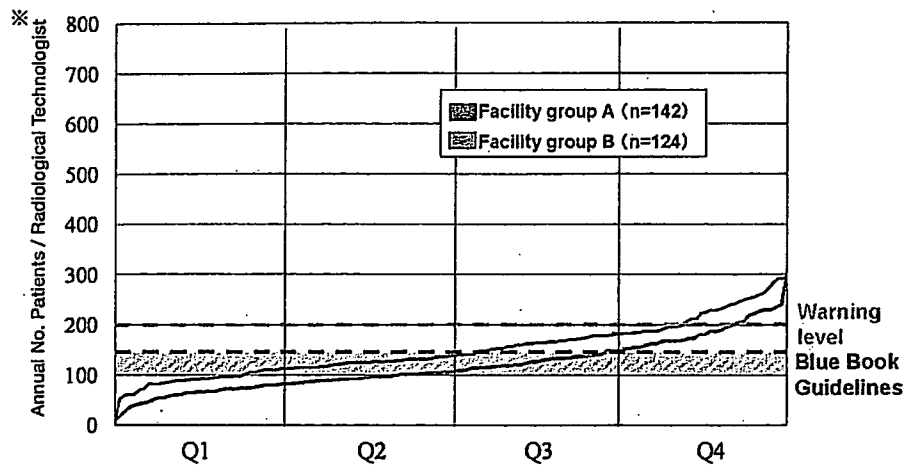


Fig. 4 Distribution of annual patient load/radiation technologist in designated cancer care hospital. Horizontal axis represents facilities arranged in order of increasing value of annual number of patients/radiation technologist within facilities. Q1: 0-25%, Q2: 26-50%, Q3: 51-75%, Q4: 76-100%.

Table 3 Number of equipments and their functions in both nationwide and designated cancer care hospitals according to stratification of institution by FTE radiation oncologist

	全施設 (%)	A施設層 (%)	B施設層 (%)
全国放射線治療施設全施設	712施設	274施設	438施設
Linac	657 (92.3)	263 (96.0)	394 (90.0)
with dual energy function	451 (63.3)	217 (79.2)	234 (53.4)
with 3DCRT function (MLC width=<1.0cm)	397 (55.8)	196 (71.5)	201 (45.9)
with IMRT function	141 (19.8)	92 (33.6)	49 (11.2)
CT simulator	394 (55.3)	194 (70.8)	200 (45.7)
がん診療連携拠点病院	266施設	142施設	124施設
Linac	258 (97.0)	140 (98.6)	118 (95.2)
with dual energy function	204 (76.7)	125 (88.0)	79 (63.7)
with 3DCRT function (MLC width=<1.0cm)	181 (68.0)	112 (78.9)	69 (55.6)
with IMRT function	78 (29.3)	57 (40.1)	21 (16.9)
CT simulator	175 (65.8)	107 (75.4)	68 (54.8)

装備の分布を示している。全国的には、dual energy機能は63%、3DCRT機能(MLC幅 $\leq$ 1cm)は56%、IMRT機能は20%、CT simulatorは55%に装備されていた。施設層別では、A施設ではそれぞれ79%、72%、34%、71%に装備されていた。B施設ではそれぞれ53%、46%、11%、46%に装備されていた。A施設とB施設のlinacの各機能とCT simulator設置率には、それぞれ約20%の差異が観察された。

一方、がん診療連携拠点病院<sup>11)</sup>では、全国的にはdual energy機能は77%、3DCRT機能は68%、IMRT機能は29%、CT simulatorは66%に装備され、施設層別ではA施設ではそれぞれ88%、79%、40%、75%に、B施設ではそれぞれ64%、56%、17%、55%に装備されていた。同様に、施設層別のlinacの各機能とCT simulator設置率には、それぞれ

約20%の差異が観察された。全国平均とがん診療連携拠点病院では、linac各機能とCT simulatorにはそれぞれ約10%の差異が観察された。

#### 4. 地域別の放射線治療実患者数、放射線治療担当医および放射線治療担当技師当たりの患者数負荷

Table 4に、都道府県別の人口<sup>14)</sup>、放射線治療実患者数(新患+再患)、治療施設数、JASTRO認定医数、FTE放射線治療担当医数および1 FTE放射線治療担当医当たりの実患者数(患者負荷)、放射線治療担当技師数(常勤+非常勤)および1放射線治療担当技師当たりの実患者数(患者負荷)、医学物理士数、品質管理士数を示している。1 FTE放射線治療担当医当たりの実患者数(患者負荷)は、478人(佐賀県)から148人(群馬県)までの幅広いバリエーションが観察

Table 4 Number of patients, facilities, certified personnel, patient load/personnel according to prefecture

都道府県名	人口 <sup>(a)</sup> 単位:1,000人	放射線治療実患者数:人 (人口1,000人当実患者数)	治療施設数 (1施設当人口:1,000人)	JASTRO 認定医数	FTE放射線治療担当医数 (実患者数/FTE:人)	放射線治療担当技師数 (実患者数/技師数:人)	医学物理士数 (常勤+非常勤)	品質管理士数 (常勤+非常勤)
北海道	5,628	11,852(2.1)	31(182)	25	45.6(259.9)	70.9(173.3)	6	21
青森県	1,437	1,733(1.2)	10(144)	6	9.5(182.4)	23.0(75.3)	4	7
岩手県	1,385	1,907(1.4)	9(154)	2	6.7(284.6)	16.0(127.1)	1	2
宮城県	2,360	3,955(1.7)	13(182)	6	14.4(274.3)	32.0(123.6)	3	6
秋田県	1,146	1,954(1.7)	11(104)	2	9.9(197.4)	19.0(102.8)	0	2
山形県	1,216	1,550(1.3)	8(152)	2	5.3(292.5)	12.8(121.1)	2	0
福島県	2,091	2,294(1.1)	9(232)	2	9.9(231.7)	18.0(127.4)	2	0
茨城県	2,975	3,679(1.2)	16(186)	6	18.0(204.4)	32.5(113.2)	5	3
栃木県	2,017	3,404(1.7)	10(202)	5	9.7(350.9)	31.0(109.8)	2	4
群馬県	2,024	3,571(1.8)	13(156)	17	24.1(148.2)	27.1(131.8)	2	15
埼玉県	7,054	6,135(0.9)	20(353)	15	22.0(278.9)	55.5(110.5)	4	8
千葉県	6,056	7,931(1.3)	21(288)	24	47.3(167.7)	72.3(109.8)	13	12
東京都	12,577	25,561(2.0)	70(180)	62	100.7(253.8)	223.7(114.3)	24	42
神奈川県	8,792	11,637(1.3)	37(238)	32	43.4(268.1)	105.4(110.4)	8	12
新潟県	2,431	3,536(1.5)	14(174)	6	11.6(304.8)	34.5(102.5)	3.1	1
富山県	1,112	1,990(1.8)	8(139)	4	6.0(331.7)	18.5(107.6)	1	6
石川県	1,174	1,938(1.7)	8(147)	3	5.2(372.7)	17.3(112.3)	1	2
福井県	822	1,097(1.3)	8(103)	4	6.3(174.1)	15.0(73.1)	5	4
山梨県	885	1,271(1.4)	4(221)	3	7.2(176.5)	7.0(181.6)	0	0
長野県	2,196	3,167(1.4)	14(157)	5	9.5(333.4)	26.6(119.1)	1	0
岐阜県	2,107	2,928(1.4)	11(192)	3	9.1(321.8)	20.5(142.8)	3	3
静岡県	3,792	6,977(1.8)	27(140)	10	25.0(279.0)	65.5(106.5)	4	5.5
愛知県	7,255	9,366(1.3)	37(196)	15	34.4(272.7)	78.0(120.1)	4	11
三重県	1,867	2,570(1.4)	13(144)	5	9.0(285.6)	23.5(109.4)	1	2
滋賀県	1,380	1,490(1.1)	9(153)	3	7.2(206.9)	19.0(78.4)	2	3
京都府	2,648	3,608(1.4)	13(204)	11	18.9(190.9)	31.0(116.4)	4	6
大阪府	8,817	12,885(1.5)	44(200)	29	46.4(277.7)	116.8(110.3)	9	23.3
兵庫県	5,591	8,371(1.5)	32(175)	22	38.3(218.6)	77.5(108.0)	5	12
奈良県	1,421	2,175(1.5)	8(178)	8	9.9(219.7)	25.0(87.0)	3	6
和歌山県	1,036	1,684(1.6)	9(115)	4	7.1(237.2)	19.0(88.6)	2	1
鳥取県	607	1,091(1.8)	6(101)	1	5.3(207.4)	8.0(136.4)	0	2
島根県	742	1,145(1.5)	6(124)	2	3.9(292.1)	10.0(114.5)	1	1
岡山県	1,957	2,742(1.4)	11(178)	8	10.3(266.2)	21.6(126.8)	2	5
広島県	2,877	5,496(1.9)	19(151)	18	21.7(253.9)	39.5(139.1)	3	9
山口県	1,493	2,049(1.4)	12(124)	4	8.5(241.1)	20.7(99.0)	0	3
徳島県	810	1,097(1.4)	5(162)	2	4.6(238.5)	10.0(109.7)	3	3
香川県	1,012	1,375(1.4)	10(101)	7	7.8(176.3)	13.0(105.8)	0	3
愛媛県	1,468	2,019(1.4)	10(147)	5	9.1(221.9)	18.5(109.1)	0	4
高知県	796	1,180(1.5)	6(133)	3	4.6(256.5)	9.0(131.1)	0	2
福岡県	5,050	7,925(1.6)	27(187)	17	34.0(233.1)	52.0(152.4)	5	11
佐賀県	866	1,051(1.2)	4(217)	1	2.2(477.7)	5.5(191.1)	0	0
長崎県	1,479	2,029(1.4)	7(211)	4	7.4(274.2)	14.0(144.9)	2	2
熊本県	1,842	2,562(1.4)	13(142)	4	9.4(272.6)	22.5(113.9)	1	2
大分県	1,210	1,859(1.5)	12(101)	2	5.0(371.8)	16.8(110.7)	0	0
宮崎県	1,153	1,962(1.7)	9(128)	2	6.8(288.5)	17.0(115.4)	1	1
鹿児島県	1,753	2,125(1.2)	12(146)	3	8.6(248.5)	15.0(141.7)	4	2
沖縄県	1,362	1,250(0.9)	6(227)	2	7.8(160.3)	7.5(166.7)	1	0
合計	127,768	191,173(1.5)	712(179)	426	774.5(246.8)	1634.5(117.0)	147.1	269.8

2005年放射線治療実施施設数を735施設と推測した場合の推定実患者数:約19万8,000人

Table 5 The average number of cancer patients treated with radiation and radiation oncology personnel, in institution according to patient load/FTE radiation oncologist or number of new patients.

	All facilities (n=712)	Heavy load/FTE R.O. <sup>※1</sup> institution in group B (n=48)	Heavy load/FTE R.O. <sup>※1</sup> institution in group A (n=72)	New patients ≥ 800 institution in all facilities (n=19)
平均年間新規患者数	219.5	312.5	452.9	983.2
平均年間実患者数	268.5	401.5	579.4	1212.6
放射線治療担当医FTE	1.1	0.6	1.5	5.5
放射線治療担当技師数	2.3	2.2	3.5	8.4
医学物理士数	0.2	0.2	0.3	1.1
放射線治療品質管理士数	0.4	0.3	0.6	2.0

※1 Annual No. patients/FTE R.O. ≥ 300, B施設層はFTE=1として計算

Table 6 Region and number of radiation oncology facilities according to patient load/FTE radiation oncologist or number of new patients

地域(都道府県数)	解析施設数		Heavy load/FTE R.O.		Heavy load/FTE R.O.		New patients ≥ 800	
			institution in group B (n=48)		institution in group A (n=72)		institution in all facilities (n=19)	
北海道(1)	31	4.4%	1	2.1%	9	12.5%	3	15.8%
東北(6)	60	8.4%	5	10.4%	1	1.4%	1	5.3%
関東(8)	191	26.8%	17	35.4%	24	33.3%	9	47.4%
信越・北陸(5)	52	7.3%	6	12.5%	4	5.6%	1	5.3%
東海(4)	88	12.4%	5	10.4%	10	13.9%	2	10.5%
近畿(6)	115	16.2%	7	14.6%	12	16.7%	2	10.5%
中国(5)	54	7.6%	2	4.2%	4	5.6%	0	0.0%
四国(4)	31	4.4%	0	0.0%	1	1.4%	0	0.0%
九州・沖縄(8)	90	12.6%	5	10.4%	7	9.7%	1	5.3%
全国(47)	712 <sup>※1</sup>	100%	48	100%	72	100%	19	100%

※1 2005年放射線治療実施施設数は735施設と推測され、712施設は96.9%に相当

された。1放射線治療担当技師当たりの実患者数(患者負荷)にも、191人(佐賀県)から73人(福井県)までの幅広いバリエーションがあった。

医学物理士は、東京都が24人と最も多く、次いで千葉県：13人、大阪府：9人の順であった。9県(秋田、山梨、鳥取、山口、香川、愛媛、高知、佐賀、大分)で不在であった。品質管理士は、東京都が42人と最も多く、次いで大阪府：23人、北海道：21人が多かった。7県(山形、福島、山梨、長野、佐賀、大分、沖縄)で不在であった。

##### 5. 高負荷施設および大規模施設の分析

Table 5に、放射線治療担当医の年間患者数負荷が300名以上(日本版ブルーブック<sup>12)</sup>改善警告値)の高負荷施設と施設当たりの新患者数が800名以上の大規模施設について、スタッフ数を全体との比較のもとに示している。高負荷施設のうち、B施設層では48施設あり、放射線治療担当医は0.6 FTE人、同A施設層は72施設あり、1.5 FTE人であった。放射線治療担当技師数はそれぞれ2.2人、3.5人であった。年

間平均実患者数は402人と579人であった。一方、大規模施設は19施設あり、放射線治療担当医は5.5 FTE人で、放射線治療担当技師数は8.4人であり、平均年間実患者数は1,213人であった。1 FTE放射線治療担当医当たりの患者数負荷(1212.6/5.5=220人)は日米ブルーブックガイドライン<sup>12), 13)</sup>内に収まっていた。これらの施設の地域分布をTable 6に示している。高負荷施設のうち、B施設層のものは全体に比べ関東、信越・北陸、近畿により多く、A施設層は北海道、関東により多かった。大規模施設は北海道、関東により多かった。施設の組織区分をTable 7に示している。高負荷施設(B施設層)は、O：赤十字、済生会、企業/公社、国保/社保/共済/労災/組合/厚生連病院等とH：医療法人、医師会病院、個人病院、その他がより多くなっていた。高負荷施設(A施設層)は、G：国立がんセンター・成人病センター・地方がんセンターがより多くなっていた。一方、大規模施設は、U：大学附属病院42%とG：47%が大部分であった。

Table 8に、これらの施設の装備である治療機器と周辺機器の整備状況を示している。高負荷施設(B施設層)は全体

Table 7 Number of facilities (%) by their category according to patient load/FTE radiation oncologist or number of new patients

	施設組織区分 <sup>※1</sup>						Total
	U	G	N	P	O	H	
All facilities (n=712)	112 15.7%	29 4.1%	71 10.0%	215 30.2%	181 25.4%	104 14.6%	712 100%
Heavy load/FTE R.O. institution in group B (n=48)	4 8.3%	2 4.2%	2 4.2%	10 20.8%	16 33.3%	14 29.2%	48 100%
Heavy load/FTE R.O. institution in group A (n=72)	11 15.3%	11 15.3%	4 5.6%	18 25.0%	17 23.6%	11 15.3%	72 100%
New patients ≥800 institution in all facilities (n=19)	8 42.1%	9 47.4%	0 0.0%	1 5.3%	0 0.0%	1 5.3%	19 100%

※1 施設組織区分

U：大学附属病院

G：国立がんセンター・成人病センター・地方がんセンター

N：独立行政法人国立病院機構（がんセンター等を除く）

P：公立（都道府県市町村立）病院（がんセンター等を除く）

O：赤十字病院，済生会病院，企業／公社病院，国保／社保／共済／労災／組合／厚生連病院等

H：医療法人，医師会病院，個人病院，その他

と比較し，外部照射装置の機能は充実しているが，Brachytherapy装置設置は遅れている。同(A施設層)は，外部照射装置の機能は全体よりやや上回っており，Brachytherapy装置は5割以上，CT simulatorは7割以上に普及していた。大規模施設では3DCRT機能9割，IMRT機能7割，Brachytherapy装置，CT simulatorは100%普及していた。linac当たりの年間実患者数負荷は，それぞれ371人，415人，501人であり，後2者で日本版ブルーブック<sup>12)</sup>，<sup>13)</sup>の改善警告値400人を凌駕していた。

Table 9に，これらの施設の治療計画管理料数とその難易度を全施設と比較して示している。3施設層ともに単純(1門照射，対向2門照射)が数%ずつ減少して，中間(非対向2門照射，3門照射)と複雑(4門以上の照射，運動照射，原体照射)が，わずかに増えていた。Table 10に特殊治療の施行施設数(率)を示している。腔内照射，組織内照射，前立腺ヨード治療は，高負荷施設(B施設層)で全体より低下しているが，同(A施設層)では全体の2倍以上の割合の施設で，大規模施設では4~7倍の割合の施設で施行していた。全身照射は，33%，56%，84%の施設で施行していた。定位(脳)照射は，全体では28%，それぞれ44%，56%，84%の施設で施行していた。定位(体幹部)照射は，全体では13%，それぞれ17%，29%，68%の施設で施行していた。IMRTは全体で5%，それぞれ4%，11%，53%の施設で施行していた。Table 11に，脳転移，骨転移の施行割合を示している。高負荷施設(B施設層)で，脳転移が全国平均より2倍と高くなっていた。骨転移は少なくなっていた。同(A施設層)では，脳転移がやや減少し，骨転移が多くなっていた。大規模施設では脳転移，骨転移ともに減少していた。

考 察

今回の第8次JASTRO定期構造調査結果の全体像については，第1報にて詳細を報告した。その分析で，放射線治療患者数の伸びが当初の予想より少し頭打ちになっている事実が指摘された。linacの各機能やCT simulatorに代表されるように，装備はより良いものに改善されていた。しかし，放射線治療担当医数の伸びは十分でなかった。1FTE放射線治療担当医が扱う年間がん患者実数(新患+再患)は247人であり，米国および日本の基準<sup>12)</sup>，<sup>13)</sup>200名を凌駕していた。この放射線治療担当医数の不足が放射線治療技術の複雑化，高度化に加えて，支援スタッフ寡少のわが国の治療現場を疲弊させる原因になっていないか危惧された。今後の放射線腫瘍学分野の発展のためには，放射線腫瘍医ならびに支援スタッフを増やすことが最優先課題である。本報告では，わが国の現状を構造調査結果にもとづいて正しく把握し，各施設が人員増に向けて，病院事務や行政との交渉に利用可能な数値データを提供することを目的としている。

国全体で62%の放射線治療施設(B施設)において，FTE≥1名の放射線治療担当医が確保されていない。これらの施設では，2005年で年間平均150人の患者数を治療しているので，日米ブルーブックの基準200人からは，1人の放射線治療担当医の配置は必須とは言えないかもしれない。しかし，今後の急速な患者数の増加を吸収するために重要な役割を担うのは，この規模の施設であろう。したがって，この施設にFTE≥1名の常勤放射線治療医を配置することは重要である。この規模の施設における放射線治療の適用率が長らく常勤放射線治療担当医不在のために低く，国

Table 8 Number of equipments and their function in radiation oncology facilities according to patient load/FTE radiation oncologist or number of new patients

治療機器(機能)と周辺機器	All facilities (n=712)	Heavy load/FTE R.O. institution in group B (n=48)	Heavy load/FTE R.O. institution in group A (n=72)	New patients ≥800 institution in all facilities (n=19)
Linac	765	39	96	46
with dual energy function	498 (65.1% <sup>#1</sup> )	30 (76.9% <sup>#1</sup> )	70 (72.9% <sup>#1</sup> )	33 (71.7% <sup>#1</sup> )
with 3DCRT function (MLC width≤1.0cm)	462 (64.9% <sup>#1</sup> )	28 (71.8% <sup>#1</sup> )	65 (67.7% <sup>#1</sup> )	41 (89.1% <sup>#1</sup> )
with IMRT function	170 (22.2% <sup>#1</sup> )	10 (25.6% <sup>#1</sup> )	27 (28.1% <sup>#1</sup> )	32 (69.6% <sup>#1</sup> )
Annual No. patients/Linac	234.6 <sup>#2</sup>	371.2 <sup>#2</sup>	415.1 <sup>#2</sup>	500.9
Betatron	0	0	0	0
Telecobalt (actual use)	34 (11)	1 (1)	4 (2)	3 (3)
Gamma knife	48	14	7	3
Other accelerator	12	0	2	3
Co-60 RALS (actual use)	74 (64)	5 (3)	15 (14)	3 (3)
Ir-192 RALS (actual use)	123 (119)	3 (3)	27 (27)	17 (17)
X-ray simulator	502 (69.7% <sup>#3</sup> )	27 (27)	53 (70.8% <sup>#3</sup> )	18 (89.5% <sup>#3</sup> )
CT-simulator	407 (55.3% <sup>#3</sup> )	27 (27)	55 (73.6% <sup>#3</sup> )	22 (100% <sup>#3</sup> )
RTP computer (2 or more)	940 (146)	56 (45)	121 (22)	89 (18)

<sup>#1</sup> linacの台数に対する機能の割合<sup>#2</sup> linacが設置されていない施設を除いたデータから算出 (n=657, 69, 37)<sup>#3</sup> 機器を保有している施設の割合 (機器台数には1施設2台以上保有しているものも含まれる)

Table 9 Number of reimbursement request on treatment planning by its complexity and patient load/FTE radiation oncologist or number of new patients

管理料種類	放射線治療管理料数 (放射線治療管理料総数に対する割合)		
	All facilities (n=495 <sup>#1</sup> )	Heavy load/FTE R.O. institution in group B (n=29 <sup>#1</sup> )	New patients ≥800 institution in all facilities (n=15 <sup>#1</sup> )
単純	65,398 (53.3%)	4,900 (49.8%)	8,103 (48.4%)
(1門照射, 対向2門照射)	32,095 (26.1%)	2,710 (27.6%)	4,843 (28.9%)
中間	25,317 (20.6%)	2,225 (22.6%)	3,810 (22.7%)
(非対向2門照射, 3門照射)	122,810	27,669	16,756
複雑			
(4門以上の照射, 運動照射, 原体照射)			
合計	122,810	27,669	16,756

<sup>#1</sup> 治療計画請求数が未記入であった施設を除いたデータから算出



Table 10 Special radiation therapy other than external irradiation according to patient load/FTE radiation oncologist or number of new patients

特殊照射	All facilities (n=712)	Heavy load/FTE R.O. institution in group B (n=48)	Heavy load / FTE R.O. institution in group A (n=72)	New patients ≥ 800 institution in all facilities (n=19)
<b>腔内照射</b>				
施行施設数	181 (25.4%)	6 (12.5%)	42 (58.3%)	19 (100.0%)
治療症例数	3,246	43	959	569
<b>組織内照射</b>				
施行施設数	79 (11.1%)	1 (2.1%)	17 (23.6%)	14 (73.7%)
治療症例数	2,773	99	643	267
<b>前立腺ヨード治療</b>				
施行施設数	39 (5.5%)	1 (2.1%)	9 (12.5%)	6 (31.6%)
治療症例数	1,765	99	602	262
<b>全身照射</b>				
施行施設数	191 (26.8%)	16 (33.3%)	40 (55.6%)	16 (84.2%)
治療症例数	1,738	83	389	296
<b>術中照射</b>				
施行施設数	66 (9.3%)	2 (4.2%)	13 (18.1%)	8 (42.1%)
治療症例数	387	12	106	156
<b>定位 (脳) 照射</b>				
施行施設数	197 (27.7%)	21 (43.8%)	40 (55.6%)	16 (84.2%)
治療症例数	11,122	3,509	2,398	755
<b>定位 (体幹部) 照射</b>				
施行施設数	92 (12.9%)	8 (16.7%)	21 (29.2%)	13 (68.4%)
治療症例数	1,658	187	414	346
<b>IMRT</b>				
施行施設数	33 (4.6%)	2 (4.2%)	8 (11.1%)	10 (52.6%)
治療症例数	755	122	184	160
<b>温熱併用照射</b>				
施行施設数	36 (5.1%)	1 (2.1%)	6 (8.3%)	3 (15.8%)
治療症例数	581	10	82	39
<b>Sr-90翼状片治療</b>				
施行施設数	5 (0.7%)	0 (0.0%)	1 (1.4%)	0 (0.0%)
治療症例数	184	0	7	0

Table 11 Annual number of total cancer patients (new+repeat) treated for any of brain metastasis and bone metastasis by patient load/FTE radiation oncologist or number of new patients

転移	実患者数 (放射線治療実患者総数に対する割合)			
	All facilities (n=712)	Heavy load/FTE R.O. institution in group B (n=48)	Heavy load/FTE R.O. institution in group A (n=72)	New patients ≥ 800 institution in all facilities (n=19)
脳転移	15,321 (8.0%)	3,497 (18.1%)	2,758 (6.6%)	1,206 (5.2%)
骨転移	27,476 (14.4%)	2,219 (11.5%)	6,159 (14.8%)	2,931 (12.7%)

全体のがんに対する放射線治療適用率を現在の25%に留めている可能性がある<sup>10)</sup>。一方、残り38%のA施設の上位25%の施設は、改善警告値<sup>12)</sup>300人を超えた患者を治療しており、過剰労働状況にあった。現状のインフラのままでは患者数増加の吸収が困難となりつつある。この施設への放

射線治療専門医の配置も優先的に進めなければならない。がん対策基本法、がんプロフェッショナル養成プランなどの追い風を得て、国全体で早急な人材育成を計るべきである。B施設の上位10%も改善警告値である年間300人を超えて治療しており、人員確保の標的となりうるが、内容を分

析してみると、そのうち半数の施設が定位(脳)照射に特化した施設であることが推定された。一方、診療放射線技師の場合は、放射線治療担当技師1名当たりの実患者数は117人であり、患者数に応じた配置がある程度できていると言える。しかし、この算定には治療計画や品質管理に関する業務を含めていないので、業務内容としては過剰と言える。品質管理士、医学物理士は、わが国の現状では多くが診療放射線技師と兼務である場合が多いので、それらの負荷を重複なく、今後算出しなければならない。今回はその部分のデータはない。日米ブルーブック<sup>12)</sup>、<sup>13)</sup>では、医学物理士は400~500人の患者に1人の配置が必要で、現状の負荷は1,000人を超えており、寡少である。

がん診療連携拠点病院は、全国平均よりも装備の機能は約10%ずつ充実しており、患者負荷も15~20%多かった。しかし、今回指定されたがん診療連携拠点病院の半数弱はB施設層であり、1FTE以上の放射線治療担当医が確保されていなかった。がん診療連携拠点病院のB施設の平均患者数の負荷は約200名で、早急に常勤放射線治療担当医を確保すべきである。以上のように、放射線治療担当医は不足しているので、優先順位をつけながら、配置していくと同時に、当面は現状のスタッフ数で患者サービスを提供するために、地域の施設間の医療連携が特に重要である。これについて日本版ブルーブック<sup>12)</sup>に、施設規模および装置の機能別に具体的例を光森らにより提示している。よく言われているように、欧米のようながん患者の施設集中化をわが国で定着させるべきか否かは、医療従事者の待遇を含めた医療体制の根本に関わる現実的方策の中から考案しなければならない。現状からは放射線治療施設の地域分布についてわが国はよく実現できていると考える。一方、がんセンター・成人病センターや大学病院での患者数急増はこれらの施設の大型化、集中化が促されているのかもしれない。地域別の患者数負荷は各地域の患者数と担当のマンパワーに依存し、放射線治療担当医で3.2倍、放射線治療担当技師で2.6倍の地域差が観察された。特に負荷の多い地域では、人員の補充と周辺地域との連携が必要であろう。現在、基準値の範囲にある施設も今後の患者数の増加に備えるべく、人員補充を怠らないことが肝要である。本データが有効に利用されることを望む。

放射線治療担当医について、人員補充の標的と考えられるブルーブックの改善警告値を超える高負荷施設(300人/FTE放射線治療担当医以上)と大規模施設(新患800人以上)について全体データと比較して分析した。地域的にはB施設層は関東、信越・北陸により多く、同(A施設層)と大規模施設は関東、北海道により多かった。施設区分では高負荷施設(B施設層)はO、Hがより多く、同(A施設層)はGがより多く、大規模施設はほとんどUとGであった。これらの施設区分の病院を管轄する国・自治体において、患者数増加の実態が理解され、人員補充が重点的に行われることを望む。ただ、同(B施設層)はTable 10, 11から分かるように、半数に $\gamma$ ナイフあるいは脳定位照射を行う施設が

含まれていることが明らかであった。これらは分割回数が少ないため、一般外部照射の人員負荷の分析とは本来別にする必要がある。今回は厳密に区別できていない。装備は同(B施設層)でBrachytherapyが普及していないことを除いて、同(A施設層)、大規模施設になるにしたがって、全体の平均より充実していた。linac 1台あたりの年間患者数負荷は、いずれもブルーブックガイドライン<sup>12)</sup>の300人/装置を超えており、同(A施設層)と大規模施設では、さらに同改善警告値400人を凌駕していた。したがって、2005年時点でも、これらの施設91施設(72+19)にはlinac 1台の追加設置が必要と考えられた。治療計画の請求の種類は負荷が大きく、規模が大きいほど、単純が若干減少して、複雑がわずかに増加していた。大規模施設でも半数近くは単純であり、2005年でのわが国の診療実態を反映しており、患者数の負荷が、治療計画の複雑化、高精度化を阻害しているのかもしれない。特殊治療の施行数も、負荷が大きいほど増える傾向にあった。大規模施設では1FTEあたりの患者数負荷はブルーブックのガイドラインの基準値200人/FTE放射線治療担当医の範囲にあるが、これらの施設区分はTable 7にあるように、40%はU:大学附属病院であり、教育、研究の責任が他の施設区分よりかなり高く、肝心の人材供給源であることも考慮すると、さらに多くの人員配置が必要であろう。

国全体で今後の患者数増加をどこで吸収するかという視点が重要となる。既述のように、欧米のような集中化、大型化は一つの方向性ではあるが、理想的過ぎるのかもしれない。本調査で明らかとなったわが国の現状から、まずは、がん診療連携拠点病院での装備や人員の重点配備は現実的な選択肢であり、前進である。ただ、この指定とは関わりなく、地域の放射線治療に重要な貢献をしている施設は多数あることも明らかである。本調査では人員を早急に補充すべき施設をデータとしてある程度特定できた。いずれにしても人材育成と供給が最重要で、大学の果たす役割は大きい。並行して将来のスタッフとしての活躍の場を確保し、装備の整備も着実に進めていくことも課題である。各地域において本調査のデータが有効利用されることを希望する。地域の詳細な分析依頼にも常時応ずるものである。

謝辞:本調査に協力いただいた全国の放射線治療施設の放射線科長、技師長、担当医、担当技師各位ならびに調査協力の督促に協力いただいた各地域のリーダーの先生各位に厚く御礼申し上げます。また、回収データのクリーニング、入力、解析、事務作業に従事した大阪大学大学院医学系研究科医用物理工学講座、大学院生各位、秘書の木本愛津美、七河由美両氏に感謝する。

## 文 献

- 1) 佐藤眞一郎, 中村 譲, 川島勝弘, 他:日本の放射線治療の現状-1990年における実態調査の概要-放射線治療体制

- に関する検討。日放腫会誌 6 : 83-89, 1994.
- 2) 森田皓三, 内山幸男 : 第2回放射線治療施設の構造調査結果。日放腫会誌 7 : 251-261, 1995.
  - 3) 日本放射線腫瘍学・データベース委員会 : 全国放射線治療施設の1995年定期構造調査結果。日放腫会誌 9 : 231-253, 1997.
  - 4) 日本放射線腫瘍学・データベース委員会 : 全国放射線治療施設の1997年定期構造調査結果。日放腫会誌 13 : 175-182, 2001.
  - 5) 日本放射線腫瘍学・データベース委員会 : 全国放射線治療施設の1999年定期構造調査結果。日放腫会誌 13 : 227-235, 2001.
  - 6) 日本放射線腫瘍学・データベース委員会 : 全国放射線治療施設の2001年定期構造調査結果。日放腫会誌 15 : 51-59, 2003.
  - 7) 日本放射線腫瘍学・データベース委員会 : 全国放射線治療施設の2003年定期構造調査報告。日放腫会誌 17 : 115-121, 2005.
  - 8) Shibuya H, Tsujii H: The structural characteristics of radiation oncology in Japan in 2003. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 62 (5): 1472-1476, 2005.
  - 9) [http://www.jastro.jp/\(4/23/2007\)](http://www.jastro.jp/(4/23/2007))
  - 10) 手島昭樹, 渋谷 均, 西尾正道, 他 : JASTROデータベース委員会. 全国放射線治療施設の2005年定期構造調査報告(第1報). 日放腫会誌 19 : 181-192, 2007.
  - 11) 国立がんセンターがん対策情報センター : がん情報サービスがん診療連携拠点病院一覧. [http://ganjoho.ncc.go.jp/pub/hosp\\_info/hospital01/index.html\(5/17/2007\)](http://ganjoho.ncc.go.jp/pub/hosp_info/hospital01/index.html(5/17/2007))
  - 12) 日本PCS作業部会(厚生労働省がん研究助成金計画研究班14-6) : がんの集学治療における放射線腫瘍学—医療実態調査研究に基づく放射線治療の品質確保に必要とされる基準構造—, 2005.
  - 13) Inter-Society Council for Radiation Oncology: Radiation oncology in integrated cancer management 1991(日本語訳; 廣川 裕, 井上俊彦, 池田 恢(訳)「統合的癌治療における放射線腫瘍学」, (略称)「ブルーブック」). 放射線科専門医会, 1993.
  - 14) 総務省統計局 : 平成17年国勢調査 第1次基本集計結果(全国結果)統計表. 平成18年10月31日公表. (<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/kihon1/index.htm>)

要旨 : JASTROの2005年放射線治療施設構造調査を2006年3月から2007年2月までに調査票を送付して行った。回答率は96.9% (712/735)であった。1 FTE (full time equivalent)放射線治療担当医当たりが治療する年間実患者数 (=患者負荷)は247人であった。施設層別化別の同様の値は  $\geq 1$  FTE放射線治療担当医を有するA施設層で200人,  $< 1$  FTEのB施設層で159人であった(B施設層では過大評価を避けるため, 本計算ではFTE=1として算出した。その施設の年間総患者数と同一)。A施設では全体の25%で, B施設の10%で300人以上(診療の質低下が懸念される改善警告値)を治療していた。放射線治療担当技師1名当たりの年間総患者数は117人であった。がん診療連携拠点病院では全国平均より優れた機能を装備したlinacならびにCT simulatorを使用していた。地域的に1 FTE放射線治療担当医当たりの年間患者総数は148~478人まで, また放射線治療担当技師1人当たりの年間患者数は73~191人までの顕著なバリエーションが観察された。1 FTE放射線治療担当医が年間300人以上(改善警告値)治療する高負荷施設(A施設層)と年間新規患者数が800人以上の大規模施設(計91施設)では, linac 1台当たりの患者数が400人(改善警告値)を超過していた。

## リニアック出力調査のためのガラス線量計の読み取り法と補正係数の確定

水野秀之、金井達明、福村明史、草野陽介<sup>1)</sup>、  
佐方周防<sup>2)</sup>、阿部杏子<sup>3)</sup>、新保宗史<sup>4)</sup>、池田 恢<sup>5)</sup>

放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター、  
加速器エンジニアリング株式会社<sup>1)</sup>、医用原子力技術研究振興財団<sup>2)</sup>、  
東邦大学<sup>3)</sup>、埼玉医科大学総合医療センター<sup>4)</sup>、国立がんセンター中央病院<sup>5)</sup>

### 緒言

近年、放射線治療の品質管理が学会でも積極的に取り上げられるようになり、放射線治療品質管理士制度が整備された。しかし実際、多くの放射線治療現場の品質管理体制は、変わっていない印象がある。変わったことは、使用機器が高度になり、複雑な治療計画装置が使用され、定位治療・強度変調治療 (IMRT) に代表される通り、求められる治療精度が向上の一途を辿っていることである。品質管理士制度が定着し、実質的に機能し始めるのには、職制の確立・病院経営陣への認知・品質管理士の育成等、様々な問題が山積する。

これとは別に、より直接的に放射線治療の品質向上に資する計画が進行中である。それは第三者機関による、医療用加速器出力線量調査である。放射線治療品質管理士制度を立ち上げる際、関連学会 (日本医学物理学学会、(社) 日本医学放射線学会、(社) 日本放射線技師会、(社) 日本放射線技術学会、日本放射線腫瘍学会) が合同で作成した提言にもその必要性が謳われている。世界では、IAEA(WHO)<sup>1)</sup>、米国 Radiological Physics Center (RPC)<sup>2)</sup>、欧州 ESTRO<sup>3)</sup>等で、治療線量の外部監査の数十年に及ぶ実績があり、確立したシステムとして、機能している。しかし国内では、研究ベースで小規模に行われてきたもののみで、恒久的なシステムは存在していなかった<sup>4)</sup>、<sup>5)</sup>。数年前より、厚生労働科学研究の一環で、訪問・郵送の実施に向けた検討がなされてきた<sup>6)</sup>、<sup>7)</sup>。今回、放射線医学総合研究所 (放医研) において、特にその郵送調査に関する研究を担当し、実務的な手法についての改良および精度について系統的な検討を行った<sup>8)</sup>。本稿ではそれをもとに、郵送調査の結果をどのように算出するかをまとめ、報告する。なお、IAEA等のグループは、調査には下記の4つのステップがある、と定義している<sup>9)</sup>。日本はまだステップ1の段階である。

- ステップ 1 校正条件における光子線の郵送調査。すべての調査は、どのようなレベルを開始するかを問わず、このステップを実施しなければならない。
- ステップ 2 ビーム軸上の校正・非校正条件における光子線・電子線の郵送調査。これは光子線の線質（深部線量）、照射野サイズ・形状に依存した線量変化、ウェッジ透過率のチェックおよび、同様に電子線出力の照射野サイズ・治療距離依存性のチェックを含む。
- ステップ 3 ビーム軸外における光子線の校正・非校正条件、またはビーム軸上における電子線の調査。これは光子線のウェッジの有無、対称・非対称におけるビームプロファイルのチェックおよび、電子線の基準照射野におけるエネルギーと臨床に使用する小照射野での線量のチェックを含む。
- ステップ 4 人体模擬ファントム内における光子線・電子線の調査。このステップは、より現実的な治療条件、乳房・前立腺・肺のような場合や、頭頸部の IMRT のような特別な治療技術の線量分布の検証に用いられる。

#### 使用機器

郵送調査に使用する線量計としては、ガラス線量計（旭テクノグラス製、DOSE ACE; GD-302M）を用いた。ガラス線量計は、Radio photo Luminescence（以下、RPL）を利用した積算線量計である。これまで使用されてきたのは熱蛍光線量計（Thermo Luminescence Dosimeter; TLD）であるが、2000年に市販されたガラス線量計 DOSE ACE は、小型で、読み取り精度等が飛躍的に改善し、TLD と同等の精度を得られると期待され<sup>10), 11)</sup>、さらにガラス線量計は TLD と比較し、繰り返し読み取りが可能、フェーディングの影響がほとんど無視できる等の利点があることから今回採用することとした。読み取り装置としては、FGD-1000を用いた。

ファントムにはタフウォーターファントム（京都科学製）を用いた。郵送の観点からは重量のある固体ファントムを使うことはデメリットとなるが、水を用いた場合と比べ、不特定多数の施設が対象であることによるセッティングエラーを小さくするメリットがある。また、水を使用しないことにより、施設側の手間も大幅に少なくなる。

標準素子の照射には<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 線を用いた。ガラス線量計の読み取りを高精度に行うためには、標準素子が必要である。これは既知の線量が照射された素子で、読み取り装置のレーザー出力の感度等を校正するために用いる。標準素子の精度は最終読み値に直接影響するため、特に重要である。放医研には、線量計の校正を行っている2次標準場があり、これを利用して標準素子の照射を行った。

### 郵送調査結果算出法

郵送調査においては20本のガラス素子を対象施設に郵送する。20本の内訳は、1エネルギー当たり6本×2エネルギー分(=12本)と、標準素子6本、バックグラウンド素子2本である。読み取り装置が素子20本を1単位として読み取る方式のため、統計誤差を最小にするため、上記配分にした。施設の出力線量算出法を下記に示す。

送付するガラス線量計素子20本は下記の内訳とする。

- No. 1～6 エネルギー1 (施設が水吸収線量1 Gy 照射)
- No. 7～12 エネルギー2 (施設が水吸収線量1 Gy 照射)
- No. 13～18 標準線量 (放医研で事前に<sup>60</sup>Co-γ線を1 Gy 照射)
- No. 19～20 バックグラウンド確認用

返送後、読み取り装置に20本まとめてセットし、下記の要領で読み取る。

- ① 素子1本当たりレーザーを10回照射し、発光量を記録。(20本分)
- ② 一度取り出し、素子の回転・偏りを修正し、再度①の読み取り。
- ③ 上記を5回繰り返す、すべての出力を平均。
- ④ 下記補正係数を乗ずる。
  - ◇ 素子間感度補正係数
  - ◇ エネルギー補正係数
  - ◇ ファントム補正係数
- ⑤ 各エネルギーの6素子出力を平均し、<sup>60</sup>Coの吸収線量で校正。

最終結果算出式は下記の通りである。

$$D = \sum_{i=1}^6 (X_i \times I_i) \times E_q \times P_q \times \frac{Dose_{60Co}}{\sum_{i=13}^{18} (X_i \times I_i)}$$

$X_i$  ;  $i$ 番目のガラス線量計素子の出力

$I_i$  ;  $i$ 番目のガラス線量計素子の素子間感度補正係数

<sup>60</sup>Co照射場で一様に20本、照射した結果より算出する。

$$I_i = \frac{D_{60Co}}{X_i}$$

$E_q$  ; 線質  $q$  のエネルギー補正係数

20本の素子をコバルト照射5本、各エネルギー照射5本ずつ行い、同じセットアップで測定された電離箱測定値をもとに算出する。

$$E_q = \frac{\sum_{i=1}^5 (X_i \times I_i)}{\sum_{i=6}^{10} (X_i \times I_i)} \times \frac{D_q}{D^{60Co}}$$

No. 1~5の素子 ;  $^{60}Co$  照射 (10cm 深)

No. 6~10の素子 ; 線質  $q$  の X線照射 (10cm 深)

$D_q$  ; 線質  $q$  での電離箱測定値 (10cm 深)

$D^{60Co}$  ;  $^{60}Co$  での電離箱測定値 (10cm 深)

上記を4、6、10MVにて算出し、フィッティングを行う。

$P_q$  ; 線質  $q$  のファントム補正係数

$$P_q = \frac{D_w}{D_T}$$

$D_w$  ; 水 10cm 深での電離箱測定値

$D_T$  ; タフウォーター10cm 深での電離箱測定値

上記を4、6、10MVにて算出し、フィッティングを行う。

$Dose^{60Co}$  ; 標準照射時 (No. 13~18) の、 $^{60}Co$  の電離箱測定値 (10cm 深)

以下、読み取り方法・各補正係数に関する説明を行う。

#### (1) ガラス発光量の読み取り方法

発光量の読み取り値は、レーザー入射面形状に影響を受け、大きい場合は数%を超える変動を及ぼす。この影響を避けるため、読み取り手法としては、常に同じ向きに設置して読み取る。これは、ガラス素子に刻印された ID を見ながら確認する。また、読み取り時に、マガジン (ガラス素子のホルダー) 移動により、若干、素子が回転する場合があります。この影響を減らすため、一連の読み取りが終了後、回転を補正し、再度読み直す。これを5回繰り返す、平均を素子の出力とする。

#### (2) 素子間の感度補正係数の割付

素子間の感度補正のために、素子毎に  $^{60}Co$  場にて校正定数を決定した。タフウォーター10cm 深の位置に、ガラス素子を並べて一様照射を行い、これを前節の読み取

り法により得られた出力を元に、素子毎の感度補正を求めた。

(3) エネルギー補正係数

ガラス線量計のエネルギー依存性を補正するため、リニアックを用い、4、6、10MVのX線をガラス線量計および電離箱線量計に照射し、出力比を求めることにより、<sup>60</sup>Co-γ線を照射したときを基準とした時の補正係数を求めた。各エネルギーに対して、ガラス素子を30本以上使用した。エネルギーに関しては、TPR<sub>20,10</sub>を線質の指標とした。結果を表に示す。

表1 ガラス線量計のエネルギー補正係数.

エネルギー (MV)	TPR <sub>20,10</sub>	補正係数 (実測値)
60-Co γ-rays	0.58	1.000
4	0.624	1.006±0.007
6	0.669	1.014±0.012
10	0.740	1.024±0.009

(4) ファントム補正係数

郵送調査対象施設には、校正条件での1Gy照射が要請される。校正条件とは、照射野10cm×10cm、深度は水で10cm深である。しかし、実際に施設に送付され、照射されるのはタフウォーターファントムであり、これと水の出力比をあらかじめ決定しておく必要がある。出力比の測定は電離箱線量計を用い、水10cm深、タフウォーター10cm深に同じセットアップで設置し、出力比を求めた。また、この比は、エネルギーにより変化するため、リニアックを用い、4、6、10MVのX線を照射し、TPR<sub>20,10</sub>の関数として、補正係数を決定した。結果を図1に示す。



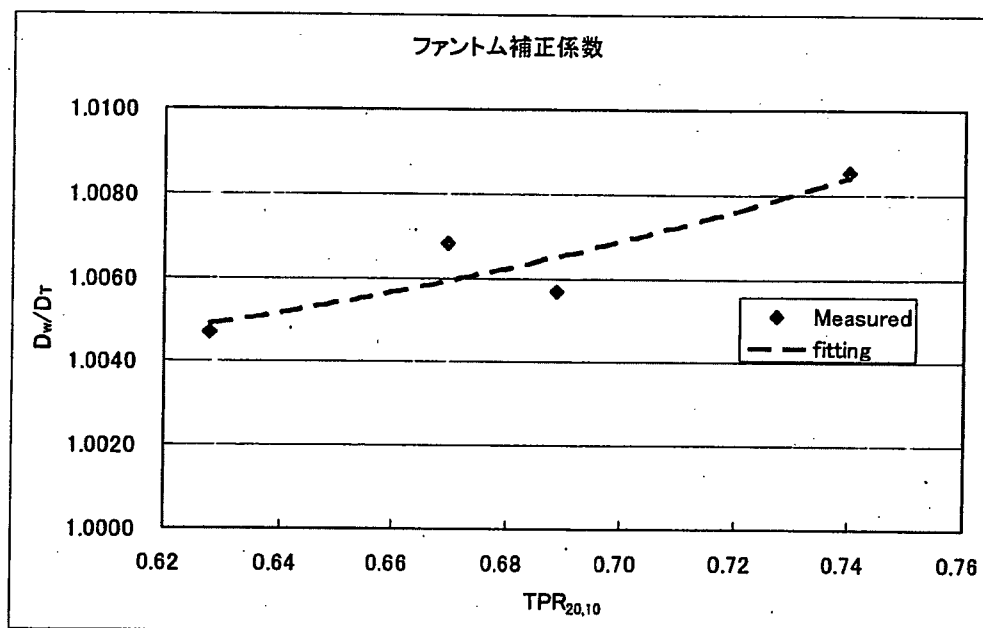


図1 ファントム補正係数

#### 結語

放医研において、上記手法を適用し、2006年度に約100施設以上の郵送調査を行った。今後は、その結果をもとに、第三者機関による出力郵送調査の確立を目指す。

#### 参考文献

- 1) J. Izewska, P. Andreo, "The IAEA/WHO TLD postal programme for radiotherapy hospitals," *Radiother. Oncol.* 54, 65-72 (2000)
- 2) J. F. Aguirre, R. Taylor, G. Ibbott, M. Stovall, W. Hanson, "Thermoluminescence Dosimetry as a Tool for the Remote Verification of Output for Radiotherapy Beams: 25 Years of Experience," *standards and Codes of Practice in Medical Radiation Dosimetry, Proceedings of an International Symposium, IAEA, Vienna, 2, 191-199 (2002)*
- 3) A. Dutreix, S. Derreumaux, J. Chavaudra, E. van der Schueren, "Quality control of radiotherapy centres in Europe: beam calibration," *Radiother. Oncol.* 32, 256-264 (1994)
- 4) 速水昭宗, 井上俊彦, 川越康充, 淵端 孟, "TLD 郵送法による高エネルギー放射線治療用 X・γ線 11 施設の基準点線量調査", *日放腫会誌*, 9, 139-145 (1997)

- 5) 榎戸義浩, 水野秀之, 中村譲, 清宮幸雄, 上原晃, 渡辺義也, 福田公, “電子線加速治療施設  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  線治療施設への訪問調査について”, 医学物理 Vol. 22, Supplement No. 2, 104-105 (2002)
- 6) 新保宗史, 西尾禎治, 大山正哉, 小高喜久雄, 中村 譲, 榎戸義浩, 内山幸男, 川越康充, 西台武弘, 佐々木潤一, 鬼塚昌彦, 福村明史, 佐方周防, 速水昭宗, 田伏勝義, 遠藤真広, 池田 恢, “郵送による線量調査の状況報告”, 医学物理 Vol. 23, Supplement No. 2, 23-24 (2003)
- 7) 新保宗史, 西尾禎治, 大山正哉, 小高喜久雄, 中村譲, 榎戸義浩, 内山幸男, 川越康充, 西台武弘, 佐々木潤一, 鬼塚昌彦, 福村明史, 佐方周防, 速水昭宗, 田伏勝義, 石倉 聡, 遠藤真広, 池田恢, “郵送による線量調査の状況報告”, 医学物理 Vol. 23, Supplement No. 2, 25-26 (2003)
- 8) 水野秀之, 金井達明・福村明史・佐方周防・草野陽介・藤森健吾・高瀬英輔・西澤かな枝・幸 進・大野真理, “治療用出力線量の郵送調査におけるガラス線量計の有用性の検討”, 医学物理 Vol. 27, Supplement No. 2, 195-196 (2007)
- 9) J.Izewska, H.Svensson, G. Ibbott, “Worldwide QA networks for radiotherapy dosimetry,” IAEA-CN-96-76
- 10) M. Tsuda, “A few remarks on photoluminescence dosimetry with high energy x-rays,” Jpn. J. Med. 20, 131-139 (2000)
- 11) 荒木不次男, 守部伸幸, 下之坊俊明, 吉浦隆雄, 池上 徹, 石戸谷達世, “蛍光ガラス線量計を用いたナロービームにおける線量の高度評価に関する研究班報告”, 日放技学誌, 60(7), 939-947 (2004)

## 肺癌へのアプローチ

### その2

## 実地医家のための肺癌治療指針

# 非小細胞肺癌

宿谷威仁・山本信之

静岡県立静岡がんセンター呼吸器内科/しゅくや・たけひと やまもと・のぶゆき

### はじめに

肺癌の治療方針は、組織型(小細胞肺癌と非小細胞肺癌)、臨床病期(表1, 表2参照)、全身状態(performance status: PS, 表3参照)、主要臓器(心, 肺, 腎, 肝など)の機能によって決定される。本稿では、非小細胞肺癌の治療指針に関して、臨床病期ごとに概説する。

### Stage IA および IB

全身状態および主要臓器機能が良好で耐術可能な場合、肺葉切除およびリンパ節郭清が標準的な治療法である。施設により、開胸下か胸腔鏡下に行うかが選択されている。合併症などにより全身状態が不良な場合などは、根治的放射線単独治療あるいは縮小手術が選択される。最近では、STI (stereotactic irradiation)が行われることも多い。

術後補助化学療法としては、Stage IBの腺癌にはテガフル・ウラシル配合剤(UFT)の内服により生存が改善されることから、使用されることが多い<sup>1)</sup>。

また、腫瘍径や高分解能CTの性状より、区域切除や楔状切除などの縮小手術を行う試みもなされている。具体的には、径が20mm以下で画像上pure GGO (ground glass opacity)である腫瘍に対する区域切除は、縮小手術として根治性が期待でき、また楔状切除の局所再発率は高く、10mm以下でもより慎重に行われるべきとの考え

表1 病期分類

Stage	T	N	M
I A	1	0	0
	2	0	0
II A	1	1	0
	2	1	0
	3	0	0
II B	1	2	0
	2	2	0
	3	1 or 2	0
III B	Any T	3	0
	4	Any N	0
IV	Any T	Any N	1

(日本肺癌学会編:臨床・病理 肺癌取扱い規約, 第6版, 金原出版, 2003より抜粋)

がある<sup>2)</sup>。

### Stage IIA および IIB

Stage IA および IBと同様、全身状態および主要臓器機能が良好で耐術可能な場合、肺葉切除およびリンパ節郭清が標準的な治療法で、施設により、開胸下か胸腔鏡下で行うかが選択される。全身状態が不良な場合などは、根治的放射線単独治療あるいは縮小手術が選択される。

術後補助化学療法としては、CDDP (シスプラチン) + VNR (ビノレルビン)による併用化学療法が生存を改善したとの報告があり、用いられる<sup>3,4)</sup>。

- Stage IA～IIB および IIIA で T3N1 の症例に対しては、肺葉切除およびリンパ節郭清が標準的な治療法である。
- Stage IIIA で N2 症例のうち最も良い手術適応は、T1-2 で単一あるいは比較的限局した範囲の N2 リンパ節転移症例と考えられている。
- 術後補助化学療法としては、Stage IB の腺癌に UFT, Stage IIA～IIIA に CDDP + VNR が用いられることが多い。

表2 T, N, M因子に関して

T1	腫瘍の最大径 ≤ 3cm
T2	腫瘍の最大径 > 3cm、主気管支への進展が気管分岐部から ≥ 2cm、臓側胸膜への浸潤、部分的な無気肺
T3	胸壁、横隔膜、心臓、縦隔胸膜への浸潤、主気管支への進展が気管分岐部から < 2cm、一側全肺の無気肺
T4	縦隔、心臓、大血管、気管分岐部、気管、食道、椎骨への浸潤、同一肺葉内に存在する腫瘍結節、悪性胸水
N1	同側気管支周囲、同側肺門リンパ節転移
N2	同側縦隔、気管分岐部
N3	対側縦隔または対側肺門、斜角筋前または鎖骨上窩
M1	遠隔転移、他肺葉の腫瘍結節

(日本肺癌学会編：臨床・病理 肺癌取扱い規約，第6版，金原出版，2003より抜粋)

表3 performance status (ECOGの分類)

Grade	performance status
0	全く問題なく活動できる 発病前と同じ日常生活が制限なく行える
1	肉体的に激しい活動は制限されるが、歩行可能で、軽作業や座っての作業は行うことができる。例：軽い家事、事務作業
2	歩行可能で自分の身の回りのことはすべて可能だが作業はできない。日中の50%以上はベッド外で過ごす
3	限られた自分の身の回りのことしかできない。日中の50%以上をベッドか椅子で過ごす
4	全く動けない。自分の身の回りのことは全くできない 完全にベッドか椅子で過ごす

(ECOG (Eastern Cooperative Oncology Group, USA) <http://ecog.dfci.harvard.edu/>より抜粋)

### Stage IIIA

T3N1の症例に対しては、全身状態および主要臓器機能が良好で耐術可能な場合、肺葉切除およびリンパ節郭清が標準的な治療法である。一方、T1-3N2症例に対する外科治療の意義は確立されていない。N2症例のうち、リンパ節が胸部X線でもわかるように累々と腫大している症例や複数の縦隔リンパ節転移がある症例は、明らかに予後が悪く、外科手術の適応にならないのが一般的である。したがって、N2症例のうち、最も良い手

術適応はT1-2で単一あるいは比較的限局した範囲のN2リンパ節転移症例と考えられている。また、手術施行症例は、Stage IIAおよびIIBと同様、術後補助化学療法の適応である。手術適応とならないが、全身状態が良好(Eastern Cooperative Oncology Group: ECOG, PS 0-1)な症例には下記Stage IIIBに記載したように放射線化学療法を施行する。

### Stage IIIB

全身状態が良好で(ECOG, PS 0-1)根治的胸部