

Title	ベータトロン治療3カ年の経験（第3報）電子線照射の皮膚変化
Author(s)	松田, 忠義; 池田, 洋
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1968, 27(11), p. 1494-1500
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/20574">https://hdl.handle.net/11094/20574</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# ベータトロン治療3カ年の経験 (第3報)

## 電子線照射の皮膚変化

豊橋市民病院放射科線

松田 忠義, 池田 洋

(昭和42年6月7日受付)

Three-Year Experience of Betatron Therapy (3rd Report)  
Skin Changes in Electron Beam Irradiation

By

Takayoshi Matsuda, and Hiroshi Ikeda  
(Department of Radiology, Toyohashi City Hospital, Toyohashi)

Skin changes were studied in 276 cases treated by electron beam using Siemens 18 Mev betatron since July 1963. Results were summarized as follows:

- 1) Although there is a moderate variation in relationship between radiation dose given and reactive erythema and pigmentation, generally, slight erythema and pigmentation was reluted after irradiation of 2000 to 3000 R. Moderate changes were seen over 3880 R.
  - 2) Moist reaction was occurred after irradiation of 4400 R in children under the age of 10 years, and was seen after over 5000 R in adults.
  - 3) Moist dermatitis was seen in all cases given 5500 R over the perineal, head, and axillary regions.
  - 4) Except for cases given electron beam over the three portions described above, 46 per cent of 185 patients given 5500 R had complained of moist dermatitis, and moist reaction was seen in 66.7 per cent of patients given 6600 R.
  - 5) From a comparative study of cases with dry and moist dermatitis, it is concluded that, the larger the field size and the higher the energy of eletron beam, the more frequent the moist desquamative reaction.
  - 6) Moist changes were repaired 7 to 14 days after the completion of radiothrapy in 69.2 per cent, and 15 to 21 days in 30.8 per cent.
- 128 canses given 5500 to 6600 R were traced over one year. Findings of these patients were as follows:
- 7) No changes were recognized in 19 of 128.
  - 8) Slight pigmentation was noted in 28 cases, and moderate pigmentation was seen in 81 patients.
  - 9) Depigmentation was seen in 29, teleangiectasis in 12, and fibrous thickening of the skin in 11 cases.

### 緒 言

昭和38年7月から昭和41年8月迄に Siemens 18Mev Betatron で 413例の治療を経験した<sup>9)10)</sup>。今回はベータトロン電子線照射による皮膚変化を肉眼的に観察して得た結果について報告す

る。

ベータトロン電子線のみで照射した 276例の観察結果であり、照射中と照射後1カ月迄に認められる早期変化と、照射後1年以上経過した後認められる後期変化に大別して述べる。

### I 照射装置と照射条件

Siemens 18Mev Betatron<sup>9)</sup> の装置と性能については前報で報告したが<sup>9)</sup>、皮膚変化に直接関係すると考えられる項目と実験結果について補足説明する。

1) 照射線量：私共は電子線治療を実施する場合、すべて90%の深さを病巣線量として照射している<sup>9)10)</sup>。本論文に記載した照射線量はどれも100%の最大線量であり、Siemens universal dosimeter で読み取った「R」単位で表はした。

2) フォリー：此の装置では材質と厚さを異にする8種類のフォリーが電子線の射出口の直前に備えられておる。実際の治療の場合は、エネルギーと照射野に応じ第1表に示した材質と厚さのフォリーを使用する。

3) 照射筒と照射野の大きさ：電子線治療用照射筒は厚さ1mmの真鍮製の円筒と角錐である。照射口が方形、楕円の場合はその照射野の広さを円の直径に換算して表はした。

Table 1

Field Size Energy	3 cm φ	4 cm φ	5 cm φ	6 cm φ	7 cm φ	8 cm φ	10cm φ	12cm φ
4 MeV	0	0	0	0	1	1	2	4
6 MeV	0	0	1	2	3	3	4	5
9 MeV	1	2	2	3	3	4	5	6
12 MeV	2	2	3	4	4	5	6	7
15 MeV	2	3	4	5	5	6	7	8
18 MeV	3	4	5	6	6	7	7	8

- 0 No scattering foil 5 Pb 0.1mm
- 1 Ni 2/ 100mm 6 Pb 0.2mm
- 2 Ni 5/ 100mm 7 Pb 0.4mm
- 3 Au 2/ 100mm 8 Pb 0.6mm
- 4 Au 3/ 100mm 9 Pb 1.0mm

4) 表面線量測定：4 Mev, 8.9Mev, 16.6Mevの各電子線の表面線量を測定した<sup>18)</sup>。照射筒は10cmφで治療に使用されるフォリーを装用した。測定器は東芝製 shallow chamber で電離層の壁は60μである。chamberの上に10mm迄は1mm、それ以上は4mmの厚さのアクリル樹脂板を順につみかさねて測定した。その結果をアクリル板なしの線量に対する線量率を求めた。第3図のI, II, III, の各曲線は夫々4 Mev 8.9 Mev, 16.6 Mev であ

る。此等の曲線から最大線量に対する表面線量の百分率を求めると、4 Mev 77.5%, 8.9Mev 88.5%, 16.6 Mev 96.1%でエネルギーが低い程表面線量が小さい事がわかる。

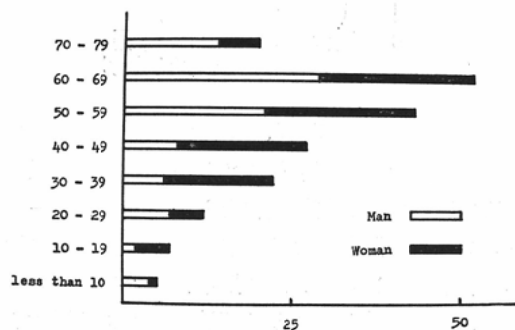
### II 観察例

此の期間中に電子線治療した症例は345例でその照射部位は総計619カ所である<sup>10)</sup>。此等の症例の照射部位で次の五つの設定条件に叶ったものを選んで観察した。即ち、1) 健康皮膚で被覆される。2) 此迄に放射線の照射が行はれていない。3) ベータトロン電子線のみで照射した。4) 病巣線量を200Rで連続照射した。5) 皮膚変化を二人の医師が逐一追跡したものである。従つて電子線とγ線、小線源を併用したり<sup>9)</sup>、又は装置の故障や患者の都合で一時中断したものはすべて除外した。

以上の制約で実際に観察の対象となつたものは187例の症例で279カ所であり、治療症例の約1/3である。

1) 年齢と性別：189例の性別は男91例女98例で略々同数である。その年齢構成は60才代(52例)と50才代(43例)で全体の半数を占め、一方30才未満は24例12.7%である(第1図)。

Fig 1



2) 観察部位：279カ所の観察部位は身体各部に及び(第2図)前頸部と側頸部に頸下部及び鎖骨上窩を加えた頸部が106カ所で最も多く全体の36%である。胸部56カ所20%が此につき、以下腹部29カ所、肩膝部26カ所、顔面23カ所、腋窩19カ所である。

Fig 2

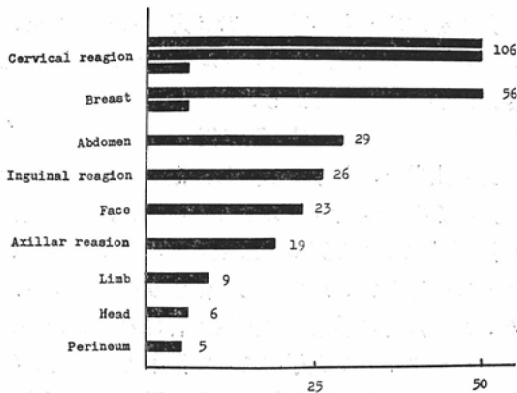
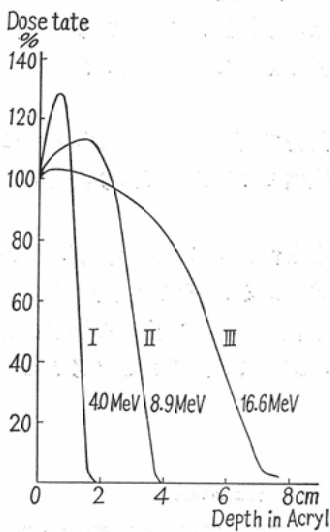


Fig 3



III 初期変化

電子線照射中と照射後1カ月以内の経過で見られる皮膚の所見を初期変化として述べる。ベータトロン電子線照射の皮膚変化は他の放射線に比べて特有のものはない。即ち照射部位の皮膚に先づ紅斑と色素沈着が起こり色素沈着のまま落屑するものと、色素沈着から湿性皮膚炎に移行し此が表皮形成して回復するものとが見られる。それで此等の変化と経過に関係する因子を中心に観察した。

A. 紅斑, 色素沈着: 先づ電子線照射で、軽度の紅斑又は色素沈着が認められる時期と、此等の変化が中等度に目立つ時期の照射線量を調べた。

Table 2

Dose	Reaction	
	Erythema and pigmentation	
	Slight	Moderate
1600R		
1900R	12	
2000R		
2500R	36	1
2600R		
3100R	37	15
3200R		
3700R	13	26
3800R		
4300R	16	63
4400R		
4800R	3	31
5000R		20
Total	117	156

此の観察には、年齢、部位、電子線のエネルギー、照射野の広さ等を考慮せず一括整理した(第2表)。その結果照射部位に見られる紅斑と色素沈着の程度と照射線量の間には相当の巾がある。例へば1600Rで既に軽度の紅斑が認められる一方、4600Rで軽度の色素沈着に止る例も見られる。

今、観察例の過半数に見られる照射線量の範囲を求めると、軽度の紅斑又は色素沈着は117例中73例62.4%が2000Rから3000Rであり、此が中等度に目立つのは156例中94例60.3%が3800Rから4800Rであつた。此の判定は連続照射途中の主観で決定されたもので、客観的具體性に欠き一般的傾向を知るに止る。

B. 湿性皮膚炎: 色素沈着した皮膚の表皮が剝離してピラン状を呈する所謂湿性剝離性皮膚炎がどんな場合に作り易いか、その回復にはどれだけ期間を要するか等について観察した。以下此の変化をピランとして述べる。

1. 照射線量, 照射部位の関係: ピランの出現率がどう変わるかを調べた。第3表で分母が全例数、分子はピランを作つた例数であり、その結果次の事が要約される。

Table 3

Part irradiated Dose	Neck	Chest	Abdomen	Inguinal region	Face	Axilla	Extremities	Head	Perineal region	Total
3300R	0/4		0/5	0/2	0/1					0/12
4000R	0/11	0/3	1/17	0/5	0/6	1/2	0/1	0/1	1/2	3/49
5500R	10/44	20/37	4/7	9/16	0/9	10/12	3/4	3/3	3/3	62/135
6600R	29/45	10/16		3/3	5/7	4/4	1/4	2/2		54/81
7700R	2/2									2/2

1) 最大線量3300R照射した12例中ビランを作った例はない。

2) 4400R照射の49例中3例にビランを作った。腹部、腋窩、会陰に夫々1例づつであり、何れも10才未満の若年者である。

3) 5500R照射した135例中62例46%に、又6600R照射した81例中54例66.7%に夫々ビランが認められた。7700R照射した2例は共に広汎なビランを作った。今、5500Rと6600R照射でビランを作る頻度と照射部位の関係を検討した。その結果、会陰部、有髪頭部、腋窩はビランの形成率が最も大きく殆ど全例に見られた。胸部、腹部、肩胛部、四肢が60%前後で大体同程度であり、頸部と顔面が50%以下の形成率で最も小さい結果である。

2. エネルギー、照射野の関係：5500R照射で全例ビランを形成した会陰部、頭部、腋窩の22例と、10才未満の若年者を除いた185例についてビランの形成が電子線のエネルギーと照射野の大きさでどう変わるかを調べた。先づ5500R照射の111例中ビランを形成した43例について、エネルギーと照射野の大きさから整理した(第4表)。先づエネルギーとビラン出現の頻度との関係は4MeVと6MeVで照射した12例中ビランを作ったものは2例16.7%であり、9MeVと12MeVでは77例中30例40%、15MeVと18MeVでは、22例中11例50%夫々ビランを作った。即ち、エネルギーが大きい程、ビランを作り易い傾向が見られた。一方、照射野の大きさとビラン出現の頻度を見ると3cmφから5cmφで照射した13例中ビラン形成は1例に過ぎないが6cmφ～8cmφでは50例中15例30%、9cmφ～12cmφでは48例中27例56%夫々

Table 4 (Cases given radiation of 5500R)

Field Size Energy	3 cm φ	6 cm φ	9 cm φ	Total
	5 cm φ	8 cm φ	12 cm φ	
4 MeV 6 MeV	0/5	0/4	2/3	2/12 16.7%
9 MeV 12 MeV	0/7	11/34	19/36	30/77 40.0%
15 MeV 18 MeV	1/1	4/12	6/9	11/22 50.0%
Total	1/13	15/50 30%	27/48 56%	43/111 38.7%

ビランを作った。即ち照射野が大きい程、ビラン形成の頻度が大きい。6600R照射の74例中ビランを形成した48例について同様検討した(第5表)。その結果でも、エネルギーと照射野の大きい程、ビランを作り易い傾向が見られるがその関係は5500R照射に比べると明らかではない。

3. 湿性皮膚炎の回復：91例のビランの回復にどれだけの日数を要したかを調べた。此はビランを作り始めてから表皮を形成し乾燥する迄の日数である。ビランを作り始める時期は91例中23例25.3%は照射直後に、55例は照射後3日から7日後に、13例14.3%は8日から14日後に、夫々ビランを作った。ビランが照射野の一部に限局する部分型と、照射野全体に及ぶ広汎型に分けると、5500R照射では部分型ビランが多く、6600R照射例では略々同数である。併而ビランの回復期間を整理すると(第6表)、91例中63例69.2%は7日から14日間に、又他の28例30.8%は15日から21日間に回復した。部分型ビランが広汎型ビランよりも回復が早い。ビランが表皮形成し乾燥した後、皮膚に色素沈着が残るが日時経過と共に軽減する。

Table 5 (Cases given radiation of 6000R)

Field Size Energy	3 cm φ	6 cm φ	9 cm φ	Total
	5 cm φ	8 cm φ	12 cm φ	
4 MeV 6 MeV	3/4	0/2	2/3	5/9 55%
9 MeV 12 MeV	7/9	17/30	12/17	36/56 64%
15 MeV 18 MeV		4/6	3/3	7/9 77.8%
Total	10/13 70.7%	2/38 55.3%	17/23 73.9%	48/74 64.9%

Table 6

Dose	Moist reaction	No. of Cases	Days for repair	
			7-14 days	15-21 days
5500R	Partial type	28	28	
	Generalized type	15	3	12
6600R	Partial type	22	15	7
	Generalized type	26	17	9
Total		91	63	28

Table 7

Dose	Late changes Initial changes	No. of cases	No changes	Pigmentation		Depigmentation		Teleangiectasis		Figrous thickening
				+	+	+	+	+	±	
5500R	dry	48	15	18	15					
	partially moist	11	2	7	2		1			3
	generalized moist	19		17	2	2	7	2	1	3
6600R	dry	12	1	8	3					
	partially moist	17	1	13	3	3	4	3		2
	generalized moist	22		19	3	3	9	4	2	3
Total		128	19	81	28	8	21	9	3	11

IV. 後期変化

電子線で5500R至乃6600R照射後、追加又は再照射が行はれず1年以上を経過した128例の皮膚変化を観察した。128例の中5500R77例、6600R51例である。此等の症例について照射直後にビランを作らなかつたもの、部分的ビラン、広汎ビランの3つに分類し、観察整理した。(第7表)観察項目に従い以下説明する。

1. 健常皮膚：照射部位の皮膚に肉眼的には全く変化を認めず、照射されない皮膚との区別が殆どつかないものである。此は6600R照射の51例中2例に過ぎないが、5500R照射77例中17例22.1%に見られた。

2. 色素沈着：殆ど変化が見られない19例以外は種々の程度の色素沈着を残している。即ち109例の色素沈着の中、中等度のもの81例軽度のもの

28例である。色素沈着の程度は5500R照射よりも6600R照射例に、又照射後に広汎ビランを作つたものに色素沈着が強い。

3. 白斑：色素沈着に加えて白斑が認められたものが29例ある。此は観察例の22.7%に当る。白斑が著明なもの8例、色素沈着の一部にまばらに見られるもの21例である。

4. 毛細血管拡張：皮膚の毛細血管拡張が12例に見られた。12例中9例は明瞭な血管拡張であり、3例は一部分の拡張に止つている。皮膚に白斑及び血管拡張が認められるのは、何れも電子線照射後にビランを形成した症例に限られ、しかもビランが広汎に及んだものに多く見られる。白斑と血管拡張を生じ易い場所と照射条件について検討したが、照射各部位及び各エネルギーに平均して認められ、その関係は見出せなかつた。

5. 肥厚：照射部位の皮膚の柔軟性が正常に保たれるのが大部分であり，11例に皮膚の肥厚が認められた．11例は何れも18Mevと15Mevの電子線照射例で若年者に多い．

6. 潰瘍を形成したものはない．

#### 考 按

200K V程度のX線の皮膚変化については，此迄に実に広汎な多方面の研究が行はれておる．就中 Strandquist<sup>13)</sup>，Patterson<sup>12)</sup>の研究は，屢々放射線の皮膚変化を考察する指標になつている．ベータトロン電子線照射の皮膚変化も本質的にはX線と同じであり，その発生や回復の経過と程度が違ふ事が此迄の研究で明らかにされている<sup>1)</sup>．Siemens 18Mev Betatron での電子線治療の経験から，その皮膚変化を系統的定量的に観察し，更に此等の変化に影響する要因について吟味する．皮膚変化を観察した症例は，電子線のみで同じtime-dose relationshipで照射されたものだけに限ぎつた．

先づ2500R～5000Rの照射で中等度の紅斑と色素沈着が認められた．此は Becker<sup>1)</sup>の報告と全く一致している．皮膚の紅斑と色素沈着の程度と照射線量との間には相当の巾が見られるが，此は200K V X線でも指摘される所である<sup>14)</sup>．それで湿性皮膚炎を観察目標として，此に関与する事柄について検討したのである．先づ湿性皮膚炎は年齢と照射部位でその発生状況が違つている．即ち10才未満の若年者では既に4400Rで湿性皮膚炎が認められ，又成人でも会陰部，頭部，腋窩では5500Rで全例が湿性皮膚炎を起している．成人の場合上記3カ所以外の場所では平均して5500Rで46%に，又6600Rで66.7%に夫々湿性皮膚炎が見られた．此は従来のX線治療の湿性皮膚炎を起す平均線量4000R<sup>14)</sup>よりも多く，又<sup>60</sup>COに比べると少い線量である<sup>3)11)</sup>．電子線によつて湿性皮膚炎を起す線量は治療装置で若干相違している．即ち，Becker<sup>1)</sup>の Siemens 15Mev Betatron での結果では湿性皮膚炎が4500～5000であると報告し，余等の結果に近いが，Haas<sup>6)</sup>，Chau<sup>8)</sup>等の Allis-Chalmer 24 Mev Betatron，Zuppinger の Brown Boveri 31 Mev Betatron，鎌田<sup>9)</sup>等の島津

26 Mev Betatron では6 Mev乃至18 Mevの範囲で湿性皮膚炎を起す線量は私共の場合よりも何れも多く，平均7000Rと報告している．然し此等の報告は照射部位，照射野，エネルギーの相違等から数量的に求めたと云うものではない．今，私共の5500R～6600R照射した216例について湿性皮膚炎の発生と照射野，エネルギーの大きいとの関係を検討してみると，エネルギーと照射野が大きい程，湿性皮膚炎を起し易い傾向が見られた．此の理由は私共の表面線量の測定結果から<sup>15)</sup>，エネルギーが大きい程 build up が小さく，従つて同じ病巣線量では皮膚線量が多くなるためだと考える．一方照射野の面積の広い程，ピランを作る傾向が見られるが Patterson<sup>12)</sup>，Ellis<sup>4)</sup>，今岡<sup>7)</sup>等が160K V至乃200K V X線で皮膚変化と照射野の面積の関係を明らかにしたのに比べると，電子線の場合はそれ程著明ではない．此は電子線の散乱線がX線の場合程に多くない事からも当然であり，むしろ照射野の大きい程，最大線量の範囲が広く，又フォリーが厚い事によることが考えられる．Taply<sup>15)</sup>等は Siemens 18Mev Betatron で照射した80例の結果から，照射野とエネルギーはピラン形成の頻度には関係しないと述べている．湿性皮膚炎の69.2%が7日から14日間，30.8%が15日から21日間にすべて回復した．此の回復期間は Becker<sup>1)</sup>，Taply<sup>15)</sup>等の報告と一致しており，200K V X線の湿性皮膚炎よりも回復が早い事が判る<sup>12)13)</sup>．

5500R～6600R電子線照射を行つて1年以上を経過した128例の観察では大部分が種々の程度の色素沈着を残している．此等の変化に加えて白斑が22.7%，毛細血管拡張が8.6%に認められた．然も此等の変化は照射後に広汎な湿性皮膚炎を起した症例に多く見られた．ベータトロン電子線の後障害が軽度である事は報告されている<sup>1)15)</sup>が，此を具体的数量的には報告されてない．放射線の生物学的作用や照射方法を検討するのに，皮膚反応は好個の資料である．ベータトロン電子線治療の皮膚変化は，最も大きな障害であり，今回得た結果を基礎に，更に此の変化に与る因子を究明し，皮膚障害の軽減を図りたいと考えるのである．

## 結 論

昭和38年7月以来3年間に Siemens 18MeV Betatron の電子線のみで照射した 276例について、その皮膚変化を観察し次の結果を得た。1) 紅斑及び色素沈着の程度と照射線量との間には個々の症例で相当の巾がある。全体の60%の頻度でその関係を見ると、軽度の紅斑、色素沈着は2000R~3000R、中等度に目立つのは3800R~4800Rであった。2) 湿性皮膚炎は10才未満では4400Rでも見られたが成人では5000R以上の照射で起つている。3) 会陰部・頭部・腋窩では5500Rで全例に湿性皮膚炎を生じた。4) 前記3カ処以外の照射部位 185例では5500Rで46%、6600Rで66.7%に湿性皮膚炎を認めた。

5) 185例の中、湿性皮膚炎を起したものと乾性皮膚炎に止るものを検討した結果、エネルギーと照射野の大きいもの程、湿性皮膚炎を起し易い。

6) 湿性皮膚炎を起した症例の69.2%が7日から14日の間に、30.8%が15日から21日間にすべて恢復した。

又5500R~6600R照射し1年以上を経過した128例の皮膚の状態は次の通りである。7) 128例中19例は殆ど変化を認めない。8) 他の109例はすべて中等度(81例)乃至軽度(28例)の色素沈着を残している。9) 色素沈着に加えて白斑、29例、毛細管拡張12例、皮膚肥厚11例が夫々認められる。

(此れ迄報告したベータトロン治療の研究について御指導と御校閲を賜った名大高橋信次教授に厚く感謝します松田忠義)。

## 文 献

1) Becker, J., u. Schubert, G.: Die Superelektrotherapie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart,

1961.

- 2) Burkell, C. et al: Skin effects of cobalt 60 telecurie therapy. Brit. J. Radiol., 27, 171—176, 1954.
- 3) Chau, F.: Elektron beam therapy in the management of carcinoma of the breast. Radiology, 75, 559—567, 1960.
- 4) Ellis, F.: Tolerance dose with 200KV X-ray. Brit. J. Radiol., 15, 348—350, 1954.
- 5) Gund, K.: Die physikalischen eigenschaften der Strahlenbuendel der 15MeV elektronen Strahlen der Siemens-Reiniger-Werke. Strahlen-therapie., 92/4, 506—530, 1953.
- 6) Haas, L., et al: Clinical aspect of betatron irradiation. Radiology., 76, 905—919 (1956).
- 7) 今岡陸磨: 微小放射野に依るレ線皮膚反応。日医放誌, 12, 5, 11—16, 昭27.
- 8) 鎌田力三郎他: 電子線照射による皮膚反応に就て, 日医放誌27, 7, 890—891, 昭42.
- 9) 松田忠義他: Betatron 治療3カ年の経験(第1報)治療装置と照射術式の工夫, 日医放誌, 印刷中.
- 10) 松田忠義他: Betatron 治療3カ年の経験(第2報)治療成績, 日医放誌, 印刷中.
- 11) 尾内能夫他: Telecobalt 治療の際の皮膚障害。臨放, 3, 9, 656—661, 昭32.
- 12) Paterson, R.: The treatment of malignant disease by radium and X-rays, Baltimore, The Williams and Wilkins Company, 1948.
- 13) Strandquist: Ueber die kummulative Wirkung der fraktionierte Roentgenbestrahlung., Acta radiol., Suppl., 55, 1944.
- 14) 粟冠正利: ニックス線皮膚傷害の回復について, 日医放誌, 13, 10, 608—610, 昭28.
- 15) Tapley, N. et al: Skin reaction and tissue heterogeneity in electron beam therapy., Radiology., 84/5, 812—815, 1965.
- 16) 梅垣洋一郎他: 放射線医学, 東京, 医学書院, 1962.
- 17) Zuppinger, A.: Erfahrungen der Therapie mit 30 MeV Elektronen. Strahlentherapie., 111/2, 161—166 (1960).
- 18) 服部浩之他: ベータトロン電子線の表面近傍での線量分布。日医放誌, 印刷中