

中村尚司 東北大学名誉教授
西尾禎治 国立がんセンター東病院 放射線部
西澤邦秀 名古屋大学 アイソトープ総合センター
福田茂一 (財)若狭湾エネルギー研究センター 研究開発部粒子線医療研究室
山下晴男 県立静岡がんセンター陽子線治療研究部

ワーキンググループ

赤城 卓 兵庫県立粒子線治療センター 装置管理課
上叢義朋 理化学研究所重イオン加速器科学研究プログラム安全業務グループ
榮 武二 筑波大学 陽子線医学利用研究センター
中村尚司 東北大学名誉教授
西尾禎治 国立がんセンター東病院 放射線部
金井達明 放医研 重粒子医科学センター物理工学部
松藤成弘 放医研 重粒子医科学センター物理工学部
米内俊祐 放医研 重粒子医科学センター物理工学部
新谷恵理子 県立静岡がんセンター陽子線治療研究部
清水勝一 兵庫県立粒子線治療センター 放射線技術科

3. 粒子線治療施設における放射化実験報告

粒子線治療に際して、機器・人体等の放射化による作業従事者の被ばく線量を評価するため、本班研究内に測定ワーキンググループを設置し、測定を行う共通の条件（プロトコル）を策定した。このプロトコルに基づき、国内の4施設で測定が行われた。本稿では、この実測の手法ならびに得られた結果について示す。

A. 参加機関

本プロトコル測定には以下の4施設が参加した（五十音順）。

- ・ 国立大学法人筑波大学陽子線治療センター
- ・ 静岡県立静岡がんセンター
- ・ 独立行政法人放射線医学総合研究所
- ・ 兵庫県立粒子線医療センター

B. 測定プロトコル

以下にワーキンググループで策定した測定プロトコルを示す。各施設での測定はこのプロトコルに可能な限り準拠するよう努め、施設固有の事情で不都合が生じた場合には適宜変更を行うこととした。

【入射ビーム条件】

- ・ 入射エネルギー
 - proton 水中飛程 250mm 程度
 - carbon 水中飛程 150mm 程度、250mm 程度
- ・ SOBP 幅
 - 60mm
- ・ 照射野サイズ
 - 直径 150mm
- ・ 1回照射線量（SOBP 中点における物理線量）
 - 5Gy
- ・ 線量率
 - 治療時の線量率に準拠

【測定器】

- ・ 電離箱サーベイメータ
 - cap 有り／無し両方で測定
 - 較正履歴の不明なものは事前に放医研に送付⇒ ^{60}Co にて較正
 - 用いた測定器の形式、製造番号を記録

【測定1：患者コリメータの放射化】

- ・ 標的物質
 - 各施設で通常使用している患者コリメータ材
- ・ 形状
 - 厚さ 300mm（水等価）
 - 開口 50mm×50mm
- ・ 測定
 - (1) 照射直後に患者コリメータ下流側表面及び300mmの線量率計測
 - (2) ノズルから取り外し、治療ホール等周辺環境が放射化していないところに移動
 - (3) コリメータ上流面（電離箱上底を密着）および300mm（電離箱の実効中心）点での線量率を30秒ごとに測定

【測定2：ボーラスの放射化】

- ・ 標的物質
 - 各施設で通常使用しているボーラス材
- ・ 形状
 - 厚さ 100mm（水等価）
 - 開口・掘削 なし（無垢ブロックの状態）
- ・ 測定
 - (1) 照射直後にボーラス下流側表面及び300mmの線量率計測
 - (2) ノズルから取り外し、治療ホール等周辺環境が放射化していないところに移動
 - (3) ボーラス上流面（電離箱上底を密着）および300mm（電離箱の実効中心）点での線量率を30秒ごとに測定

【測定3：照射機器（多葉コリメータ）の放射化】

- ・ 標的物質
 - 多葉コリメータ
- ・ 形状
 - 開口 50mm×50mm
- ・ 測定
 - (1) 照射直後から多葉コリメータ下流側表面及び300mm（電離箱の実効中心）点での線量率を30秒ごとに測定
- ・ 医用電子線加速器での測定
 - 6MVと10MVについて重粒子線と同様の測定を行った。
 - 6MVについては、バックグラウンド程度であったため、放射化の測定は不可能であった。また、10MVについても、放射化の程度は非常に小さかったので、

コリメータ（ジョー）を 5 x 5 cm にして、コリメータになるべく当てる条件にして測定を行った。

【測定 4：患者の放射化】

- ・ 標的物質
 - タフウォーターファントム
 - ◇ 使用後各施設に巡回
- ・ 形状
 - 厚さ 300mm
 - ファントム中心にアイソセンターが合致するように設置
- ・ 照射野設定
 - 多葉コリメータ、ブロックコリメータ 全開
 - 患者コリメータ（100mm×100mm） 挿入
 - ファントム表面～患者コリメータ距離 500mm
- ・ 測定
 - (1) 照射直後にファントム下流側表面及び 300mm の線量率計測
 - (2) 治療ホール等周辺環境が放射化していないところに移動
 - (3) ファントム上流面（電離箱上底を密着）および 300mm（電離箱の実効中心）点での線量率を 30 秒ごとに測定
 - X線については、10MV について、同様の方法で 10 x 10 cm の照射野に対して照射を行ないファントムの放射化を測定した。

【その他】

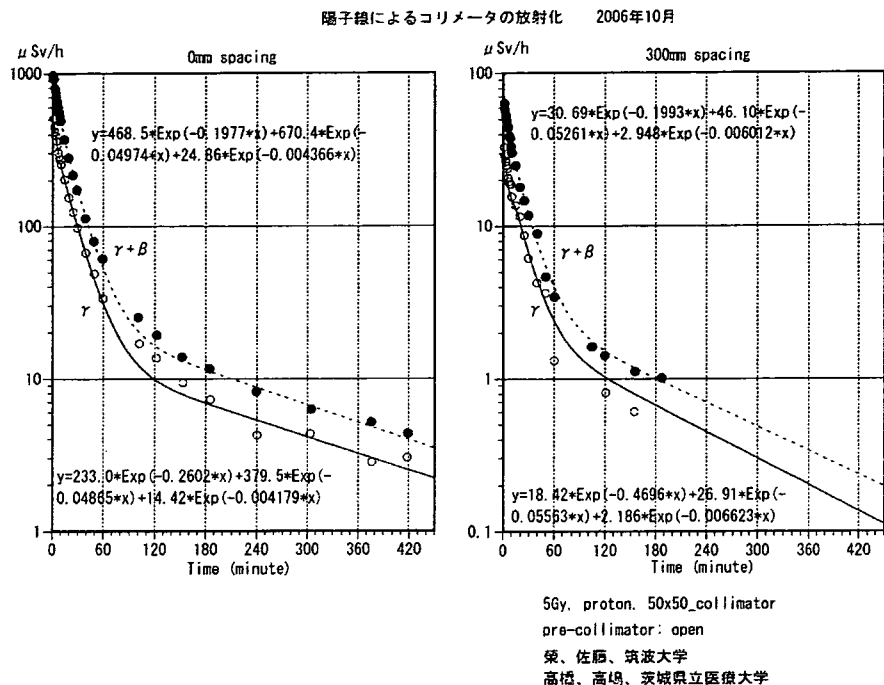
- ・ 測定量
 - 電離箱サーベイメータによるベータ線、ガンマ線の線量当量率（ μ Sv/h）
 - 照射終了後からの経時変化を 30 秒ごとに測定する（変化が緩やかになれば適宜広げる）

C. 測定結果

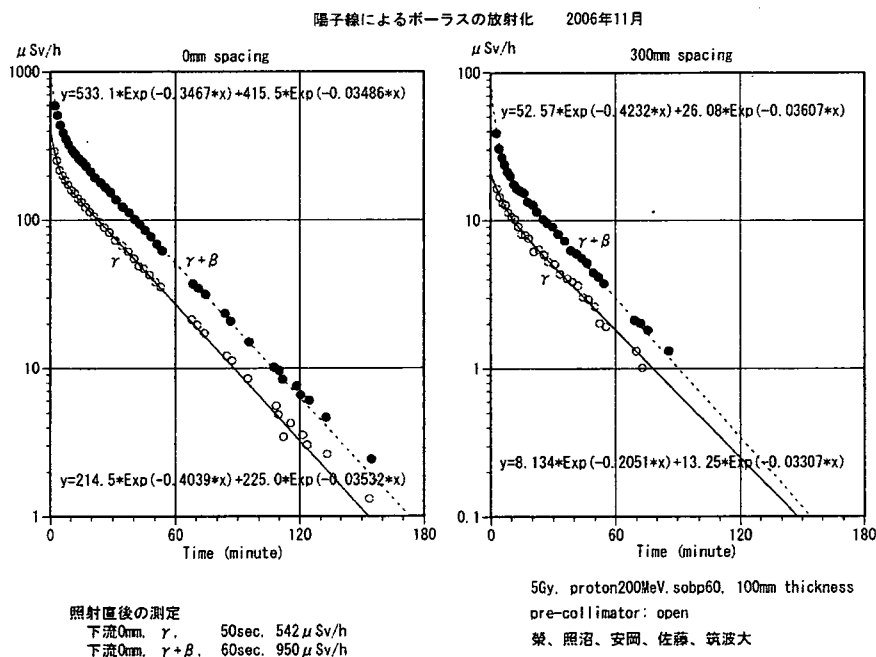
以下に、本プロトコルに準拠し、各施設で実測された結果を示す。

●筑波大学（陽子 200MeV）

【測定1：患者コリメータの放射化】



【測定2：ボラスの放射化】

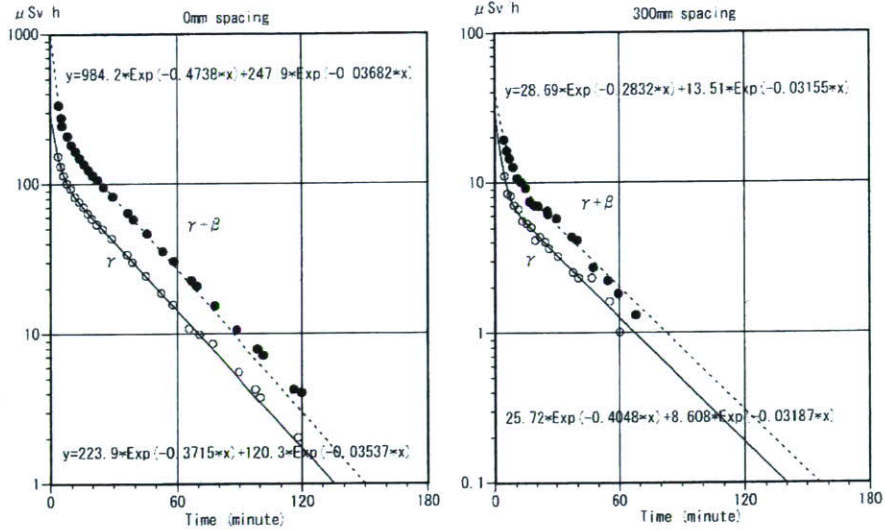


【測定3：MLCの放射化】

測定データ無し。

【測定4：タフウォーターの放射化】

陽子線によるファントムの放射化 2006年11月



照射直後の測定
 下流0mm, γ 120sec. 37 μ Sv/h
 下流0mm, $\gamma + \beta$ 130sec. 37 μ Sv/h
 下流300mm, γ 150sec. 6.6 μ Sv/h
 下流300mm, $\gamma + \beta$ 160sec. 7.2 μ Sv/h

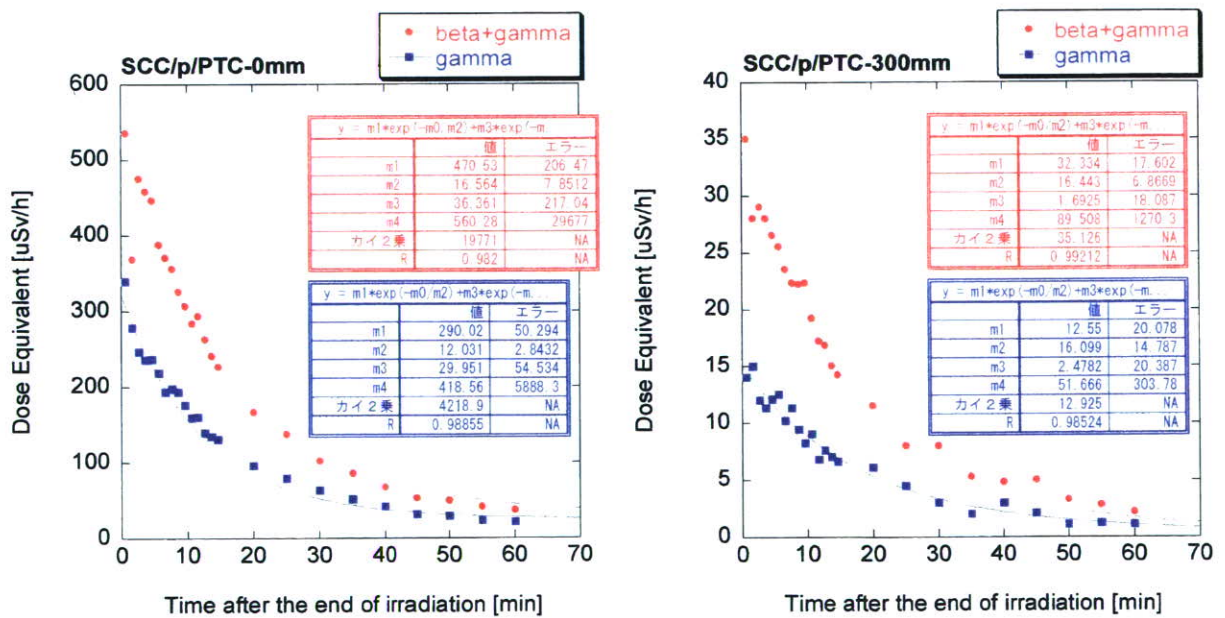
5Gy, proton200MeV, sobp60, Tough Water 300x210x300
 beam size 100x100mm, pre-collimator: open

榮、石田 筑波大

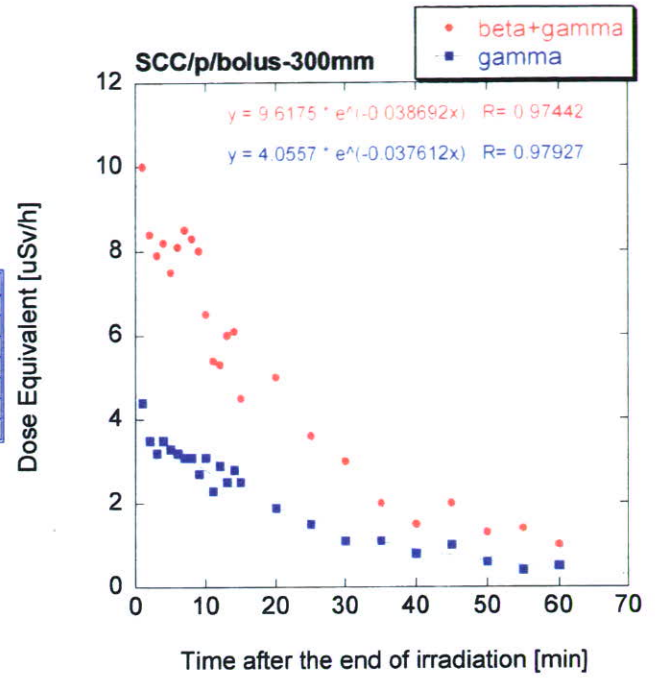
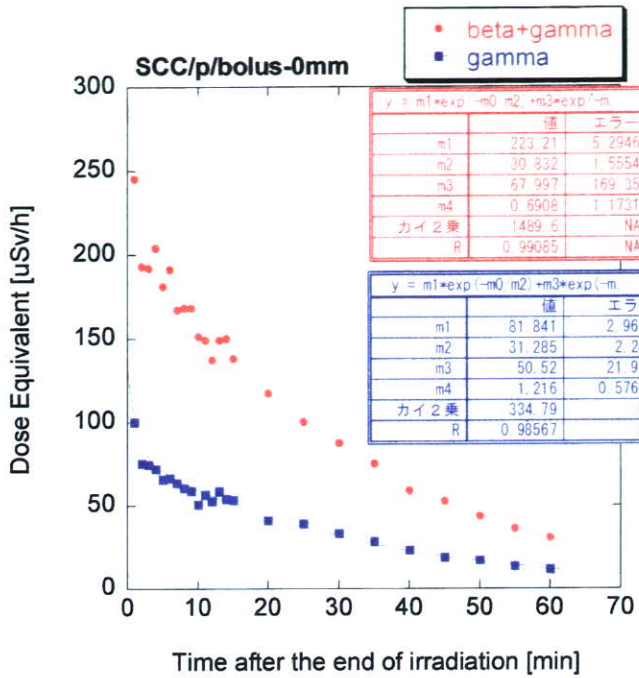
●静岡がんセンター（陽子 220MeV）

※患者コリメータ、ボラス、ファントムの測定では、照射下流面で測定が行われたため、試料の自己遮蔽効果により上流面での測定に比して多少の過小評価になっている可能性がある。

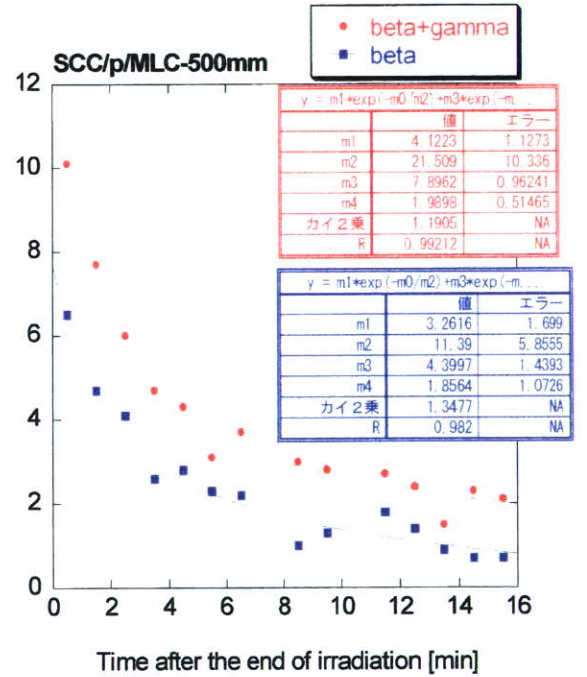
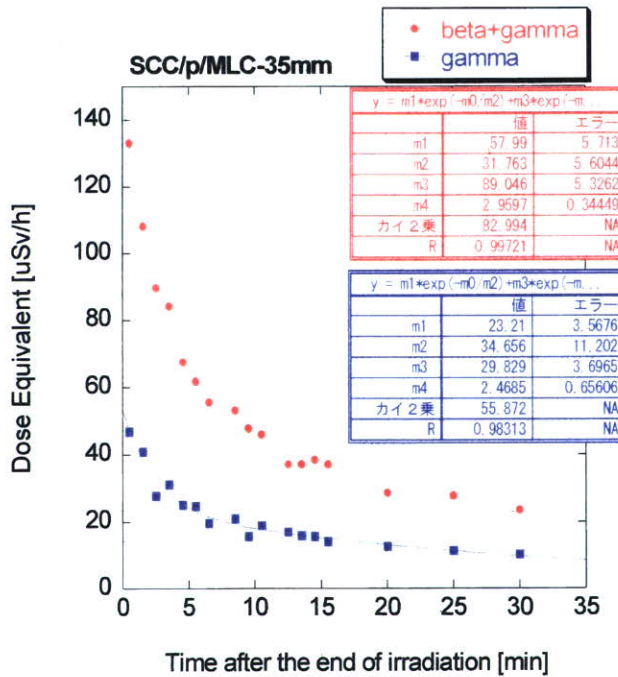
【測定1：患者コリメータの放射化】



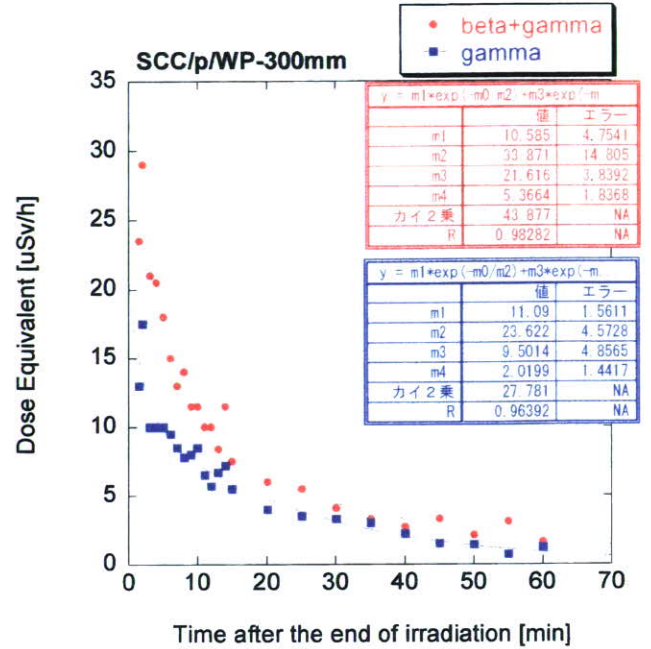
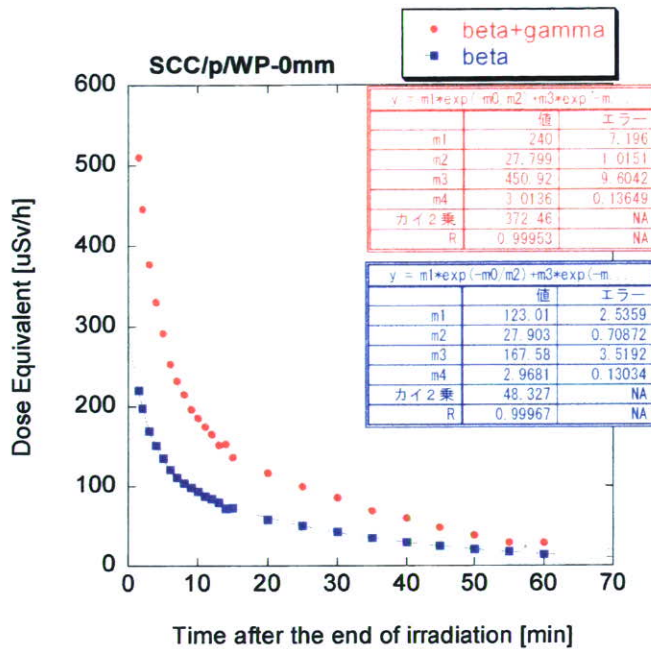
【測定 2 : ボーラスの放射化】



【測定 3 : MLC の放射化】



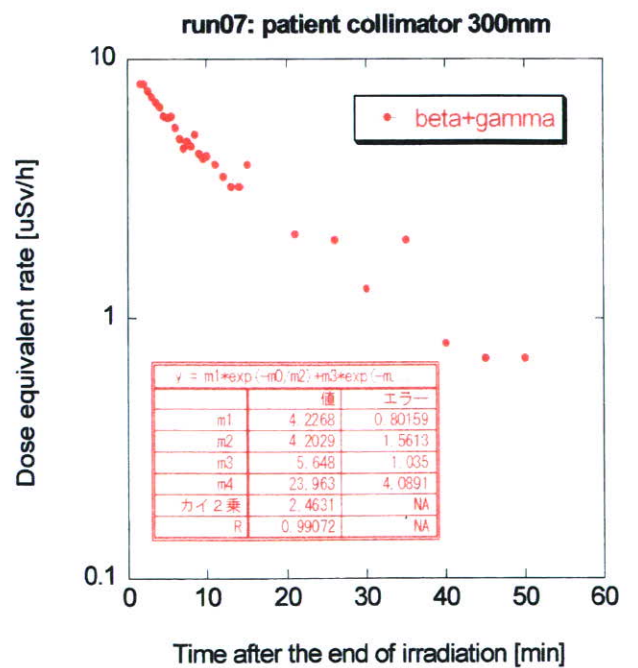
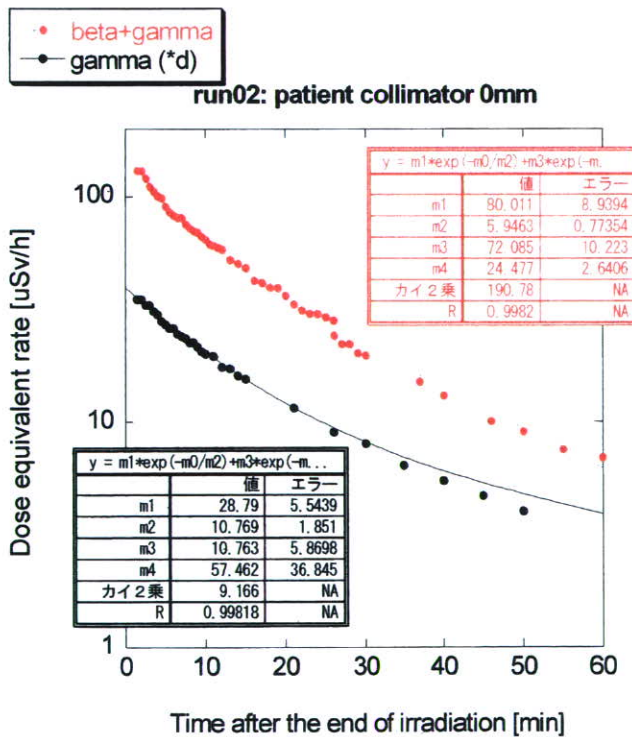
【測定4：タフウォーターの放射化】



●放射線医学総合研究所①（炭素 290MeV/n）

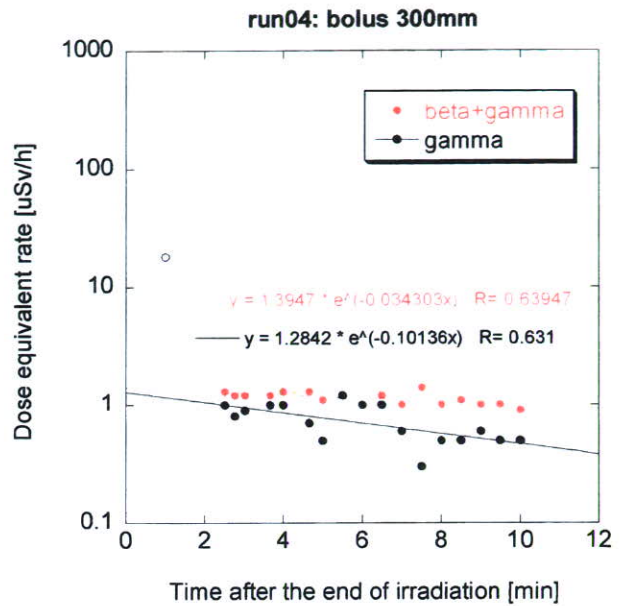
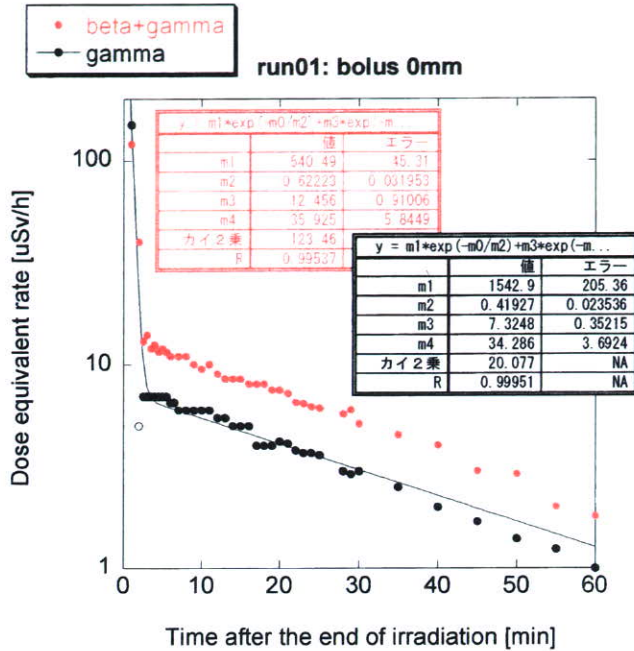
【測定1：患者コリメータの放射化】

※300mm離れた点でのγ線のみの測定は行っていない。

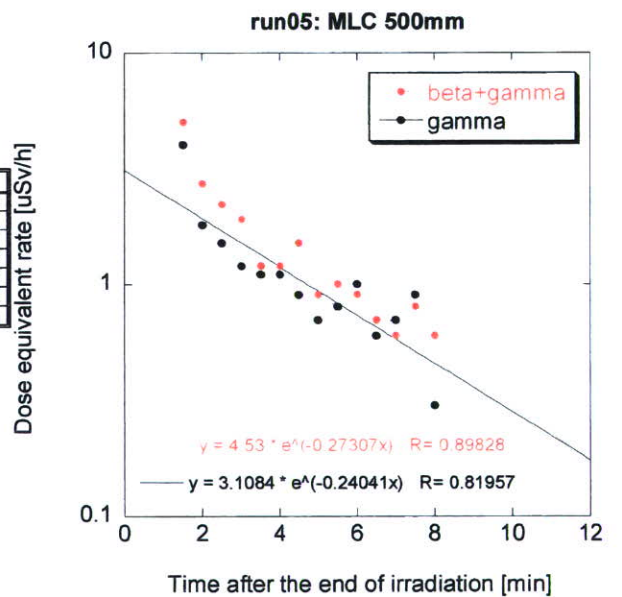
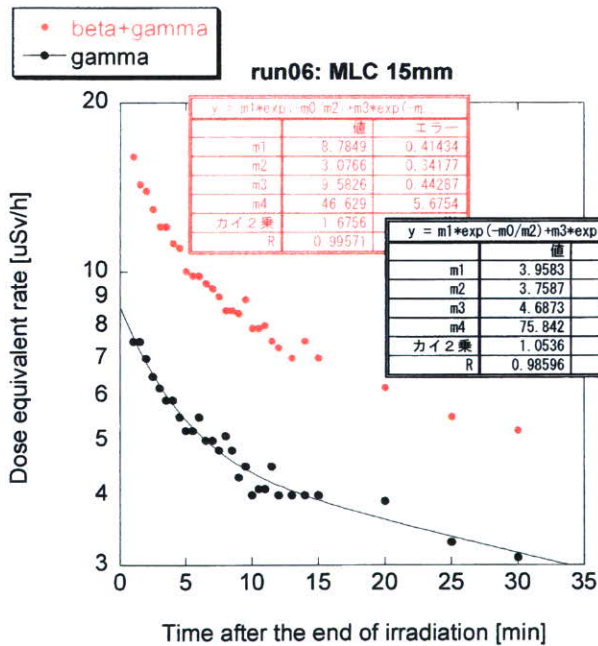


【測定 2 : ボーラスの放射化】

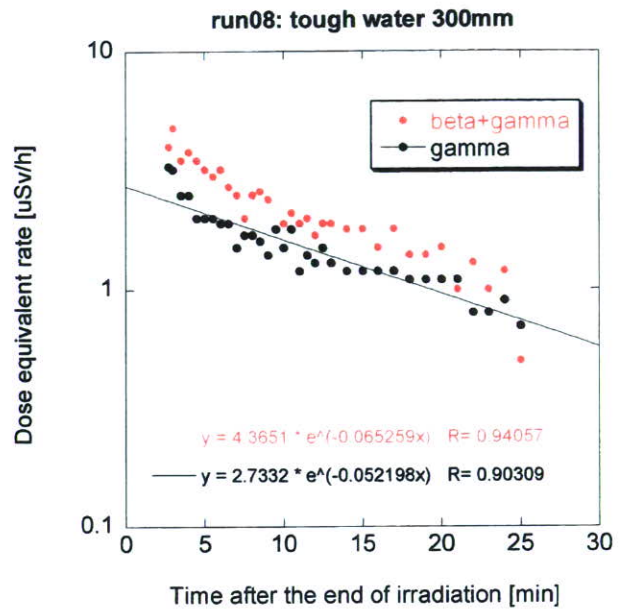
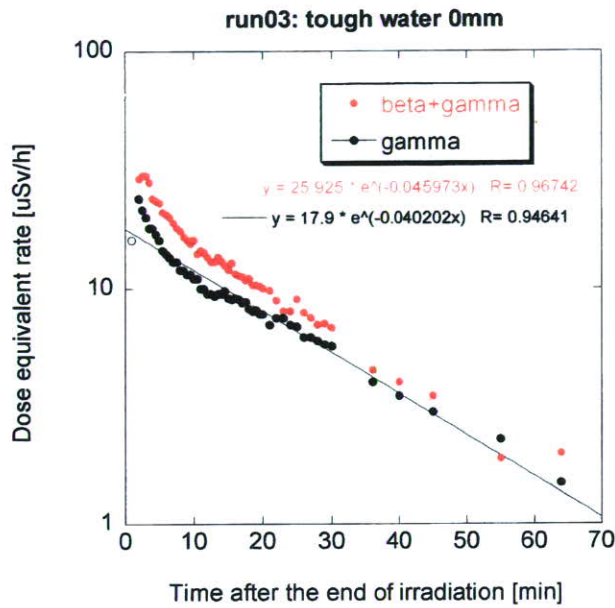
※300mm 離れた点での最初の測定ポイントは読み取りに失敗していたためフィッティングには入れていない。



【測定 3 : MLC の放射化】



【測定4：タフウォーターの放射化】

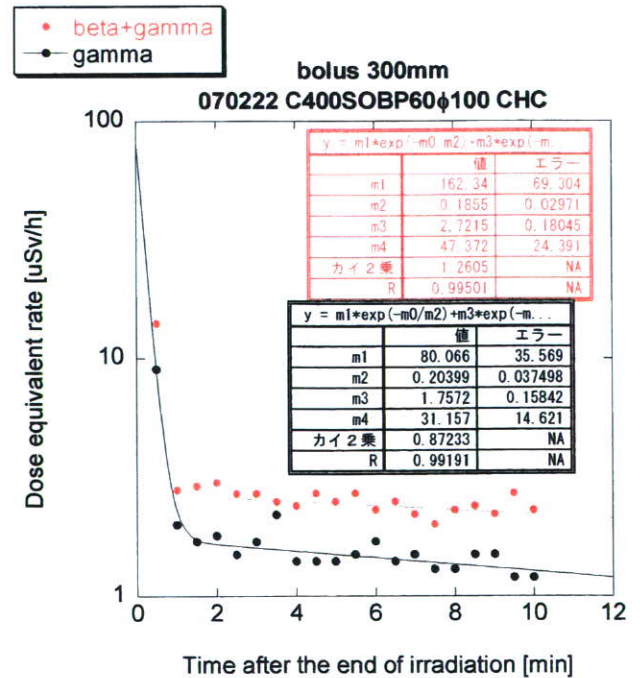
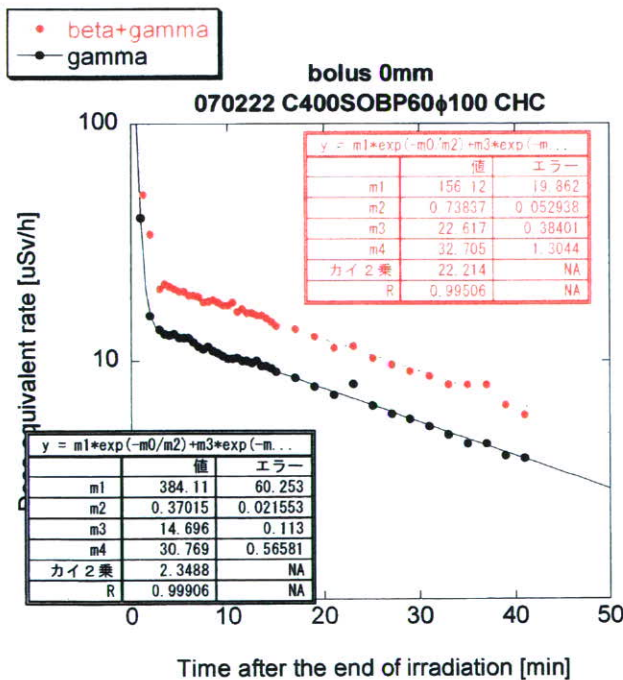


●放射線医学総合研究所②（炭素 400MeV/n）

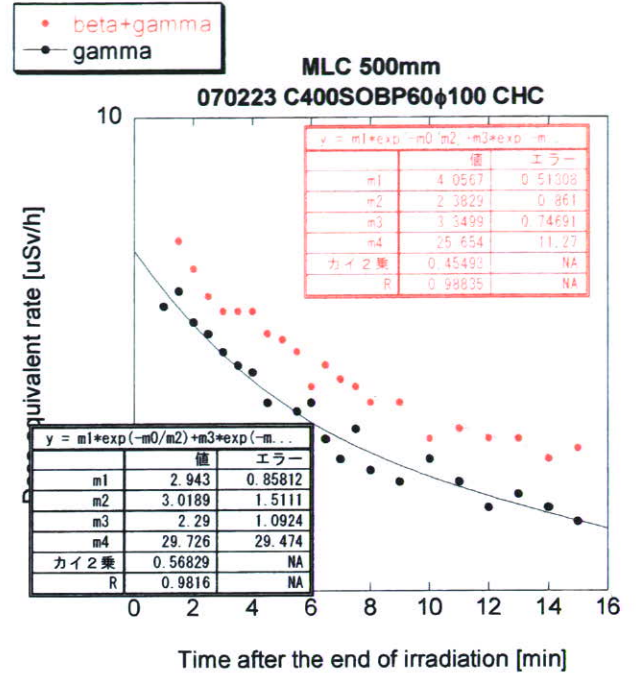
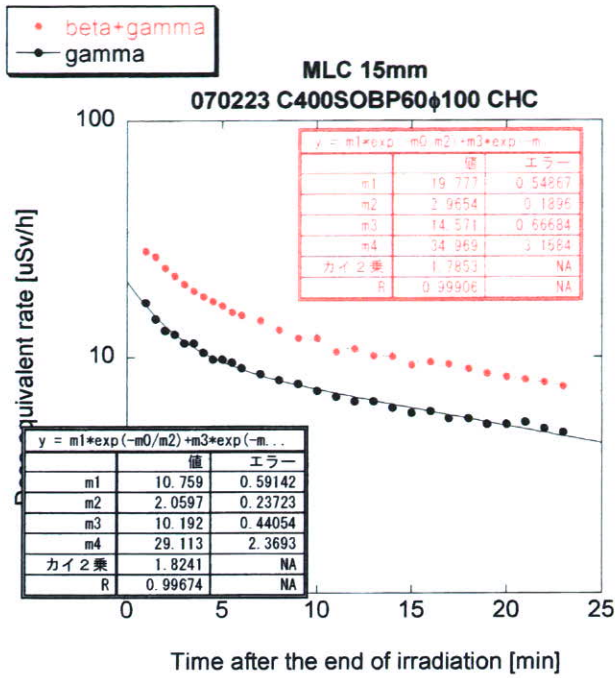
【測定1：患者コリメータの放射化】

※400MeV/n の測定では患者コリメータは使用しないため、測定は行われていない。

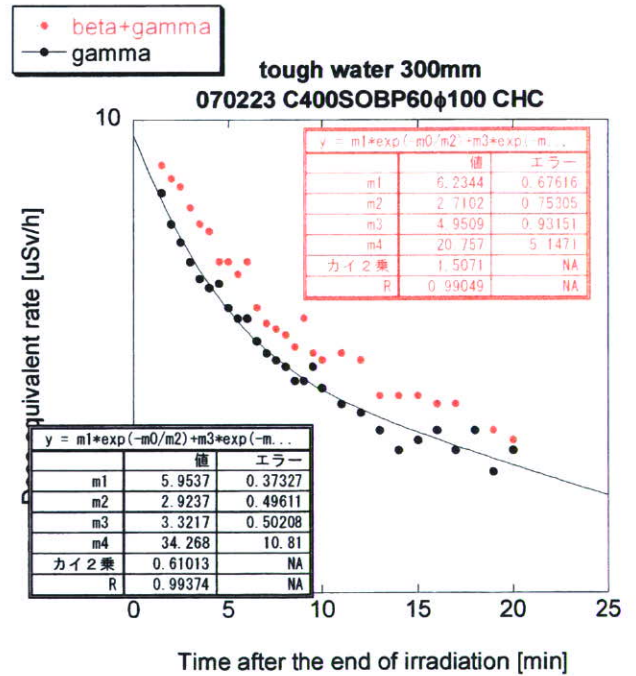
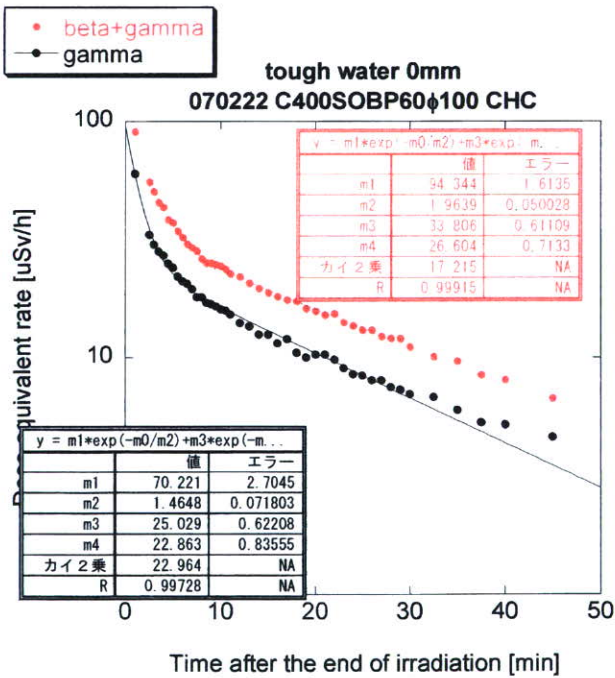
【測定2：ボラスの放射化】



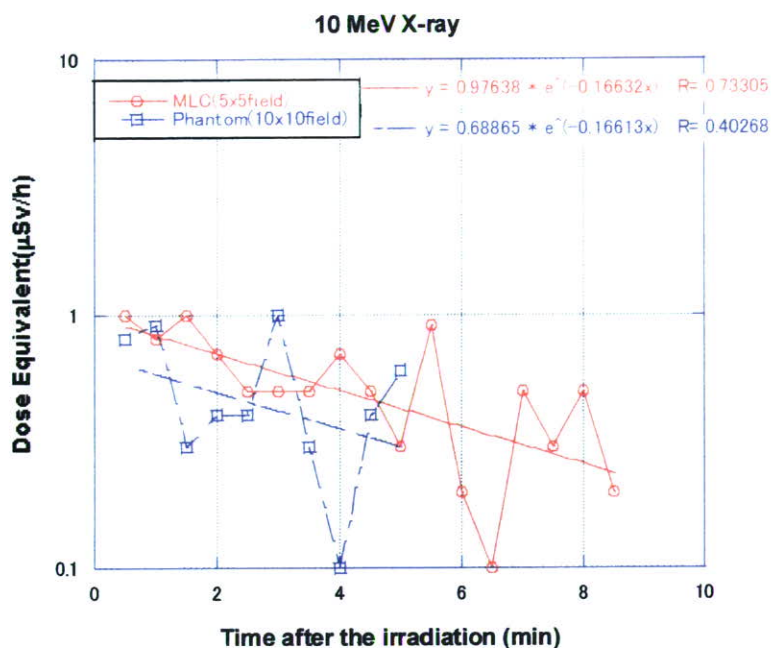
【測定 3 : MLC の放射化】



【測定 4 : タフウォーターの放射化】

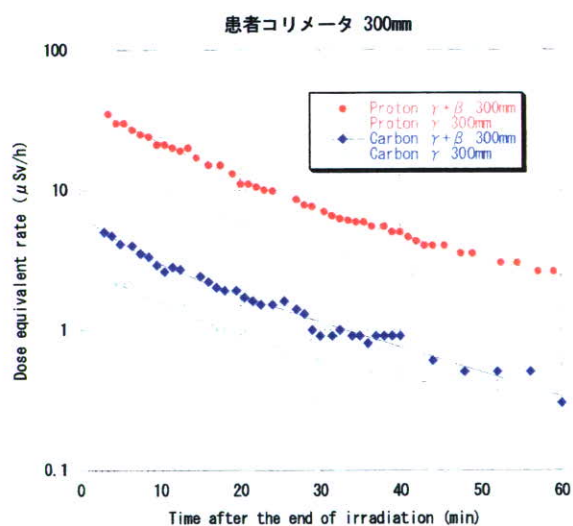
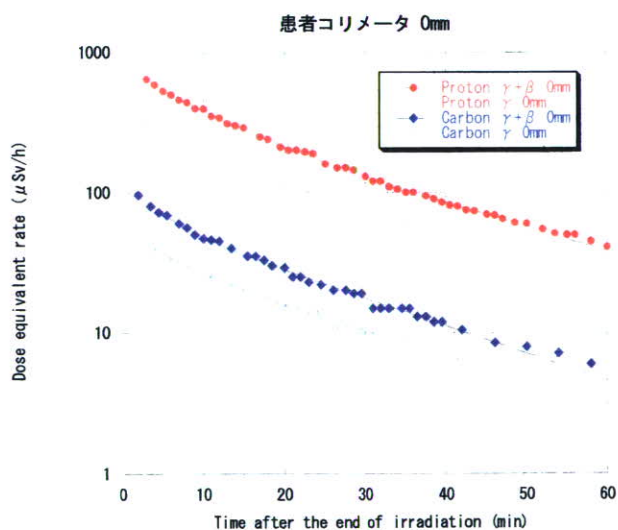


●放射線医学総合研究所③（医用電子線加速器（X線）での測定）

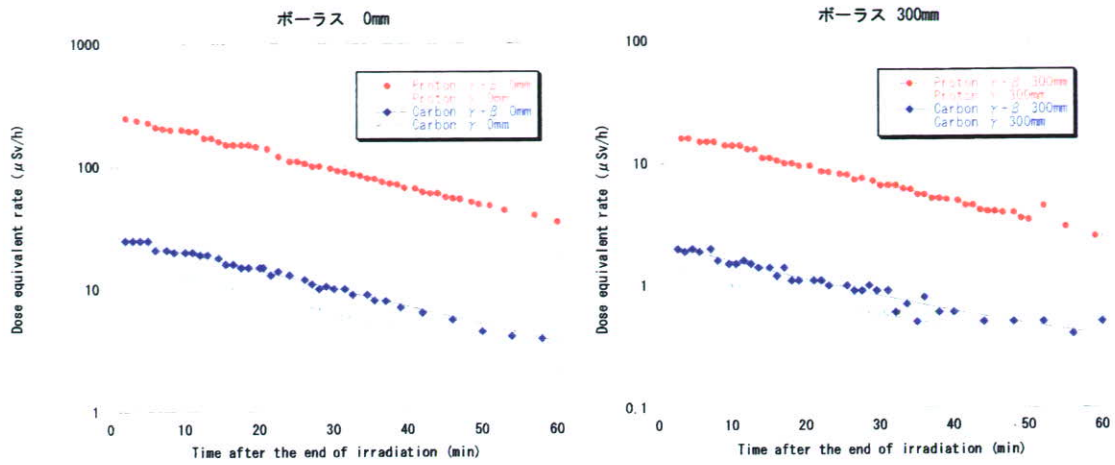


●兵庫県立粒子線医療センター（陽子 210MeV、炭素 320MeV/n）

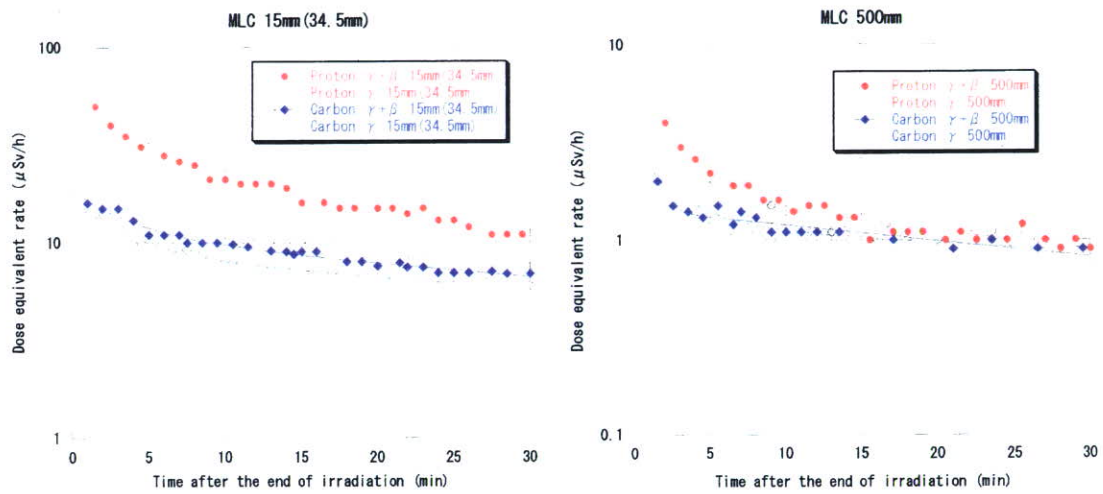
【測定 1：患者コリメータの放射化】



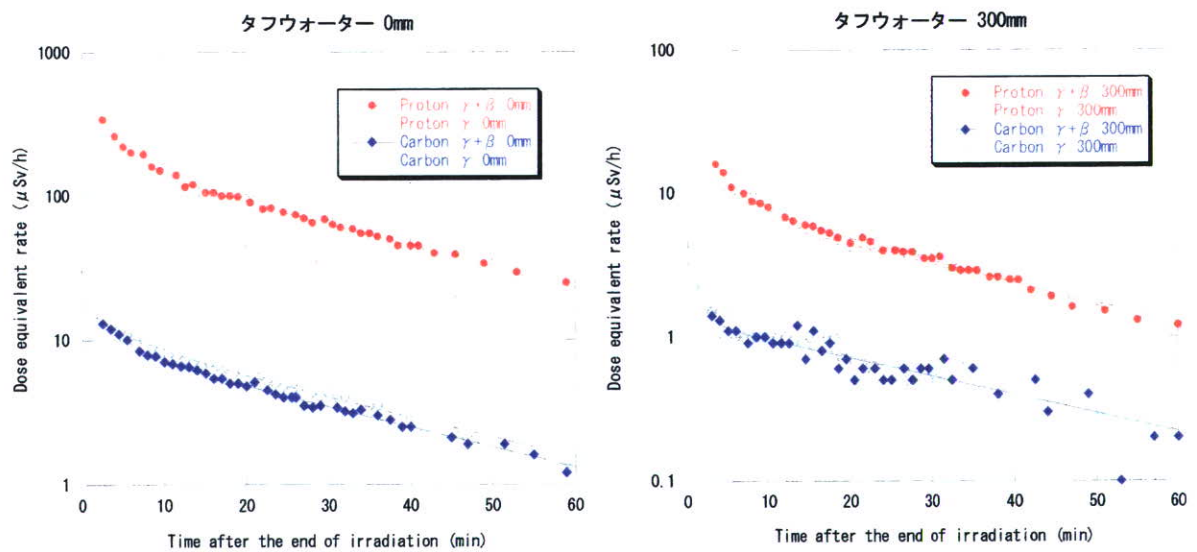
【測定 2 : ボーラスの放射化】



【測定 3 : MLC の放射化】



【測定 4 : タフウォーターの放射化】



	日本の現状	ドイツ	MDA(米)	ロマンダ医療センター(米国)	スウェーデン(ウプサラ大学)
1 法的規制					
1) 国・州の法律上の規制	厚生省(医療法・医療法施行規則・電離則)、文科省(障防法)など	連邦政府と州による規制。法律は「Strahlenschutzverordnung(環境・原子炉安全、自然保護省) 医療に関する放射線安全は「Richtlinie Strahlenschutz in Medizin」のガイドライン	一般的な放射線治療施設や医療用具に対する規制あり; それに準じて運用。	カリフォルニア州の規則	National Radiation Protection Authority(SSI), National Health Welfare Board (SoS)
2) 粒子線治療施設の特別な規制	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし
3) 患者、医療従事者の放射線防護に関する法律やガイドライン	医療法、医療法施行規則、電離則	特になし	登録、施設条件、安全条件、運転者の研修条件、運転記録などについて大きな基準	NCRP No.49,51,144(Gold standard), FDA21 線量に関する規制、NRC 規則、CRF part 20 規則、JCAHO: 患者の防護、California 17 Radiation Control Regulations	陽子線治療施設における、患者とスタッフのための規則は従来の治療施設と同様
4) 廃棄の規制(ボラス・コリメータなどの処理)	障害防止法における放射性同位元素またはRIによって汚染したおそれのあるものに対する法律	クリアランスレベルがすでに法律に定められている	管理区域から外部に持ち出す場合、バックアップまで落ちていることを確認し廃棄。それまでの間は管理区域内の部屋に置く	原則としてボラス・コリメータ共に施設内で溶解し再利用、搬出のための線量限度は無し。施設外搬出するものは長期保管後	特定規則なし。コリメータ再利用の場合約3か月格納。ボラス材料の放射化は取るにたらず、処分のための規則なし
5) 施設使用開始前後の規制当局による検査		治療施設に対して年1回、一般的な加速器施設に対して同じく年1回の検査	基本的には無い	以下のプロセスで検査を受ける。シーールドデザイン、建物建設、物理測定、キャリブレーション、治療開始、立ち入り検査は2-3年に一度、使用中に建物スミア検査	治療施設に対して年1回、一般的な加速器施設に対して年1回の検査。SSIが定期検査に来訪
2 放射線安全対策					
1) 放射線防護の体制と責任者	放射線取扱主任者、施設の安全管理者	患者に対しては医師に責任があり、医療従事者等は安全担当責任者に責任	患者に対しては医師、医療従事者に対してはSafety Specialist	Office of Radiation Safety の責任	病院は患者と放射線治療室の防護に責任。TSLは自身のスタッフとベームユーザに責任。TSLと病院はそれぞれの放射線防護組織有
3) 医療従事者の被ばく限度	100mSv/5年 かつ 50mSv/年 女性 5mSv/3月	職業人20 mSv/年が限度。線量計はTLDを用いたアルベド線量計	測定してから決める	個人モニター: プラスチックフィルム、中性子用、高エネルギー (1つのバック)	100mSv/5年
4) 重イオン施設特有の医療従事者の被ばく低減対策	特になし	照射後1分待ってから入室、明文化なし。この時間は現在の入室手続きに必須	測定してから決める	特になし	一般的な放射線防護システム。陽子線治療では入室前に数秒以上待つ必要
5) ボラス、コリメータなどの取扱いに關する低減対策	特になし	Raster Scanningを採用しているため、ボラス、コリメータなどのような患者ごとに交換する物は使用していない	測定してから決める	通常室内に入るまでに1~2分かかるため、十分に減衰している	特になし
6) 施設周辺線量測定	診療開始前に1回、開始後1回/6ヶ月測定	市販の減速材付中性子線量計とγ線線量計を使用し、管理区域境界で3μSv/hを超えた場合はビームが停止	モニタリングポスト設置、ルーチンで測定。開始時サードベイで測定、環境放射線のレベルを認識。安全ならルーチンには行わない		治療室周辺の線量は治療方法が変化した時のみ測定。定期的な測定はしない
7) 管理区域(治療施設)への立ち入りに關する規則	管理区域である旨を示す標識。管理区域に人がみだりに立ち入らならないような措置	照射室の状態には「入室禁止」、「入室制限」、「制限なし」の3種類あり。その他の照射室では放射線安全要員の承認が必要			ビームが入る所は管理区域として分類。認可されたスタッフだけが入室可能。訪問者は認可された人によって誘導。全管理区域は黄色いサインで表示
8) 空気の放射化に対する安全対策	特になし	測定の結果問題なし。治療室は毎時7回以上の換気(ガイドライン)	空気の放射化は計算していない。大丈夫である	行っていない。計算の必要はない	特になし
9) 遮蔽計算・線量限度について		特になし	特になし	特になし	特になし
a. 遮蔽設計の規制・法律ガイドライン	1mSv/1週	管理区域境界は6 mSv/年(年=2,000時間、3 mSv/h)以下、立入禁止区域境界は3 mSv/h以下	500mrem/年		特になし
b. 照射室	1.3mSv/3月	監視区域境界 1mSv/年(年=2,000時間 0.5 mSv/h)以下、管理区域境界は6 mSv/年(年=2,000時間 3 mSv/h)以下			特になし
c. 管理区域境界		下、市販の減速材付中性子線量計とγ線量計を使用、管理区域境界で3μSv/hを超えた場合はビームが停止			特になし。一般的な公衆と職業人に対する規制のみ
d. 事業所境界	250 μSv/3月	1. mSv/年(年=8,760時間)以下			

特集 ここまで来た重粒子線治療

—現状と将来展望—

《Ⅲ》重粒子線治療の普及に向けた取り組み

1. 重粒子線治療等新技術の医療応用に係る 放射線防護のあり方に関して
医療放射線防護研究室／西澤 かな枝、赤羽 恵一、
理工工学部／松藤 成弘、金井 達明
理化学研究所 仁科加速器研究センター／上叢 義朋

別刷

《Ⅲ》重粒子線治療の普及に向けた取り組み

1. 重粒子線治療等新技术の医療応用に係る放射線防護のあり方に関して

医療放射線防護研究室 西澤 かな枝、赤羽 恵一 物理工学部 松藤 成弘、金井 達明
理化学研究所 仁科加速器研究センター 上糞 義明

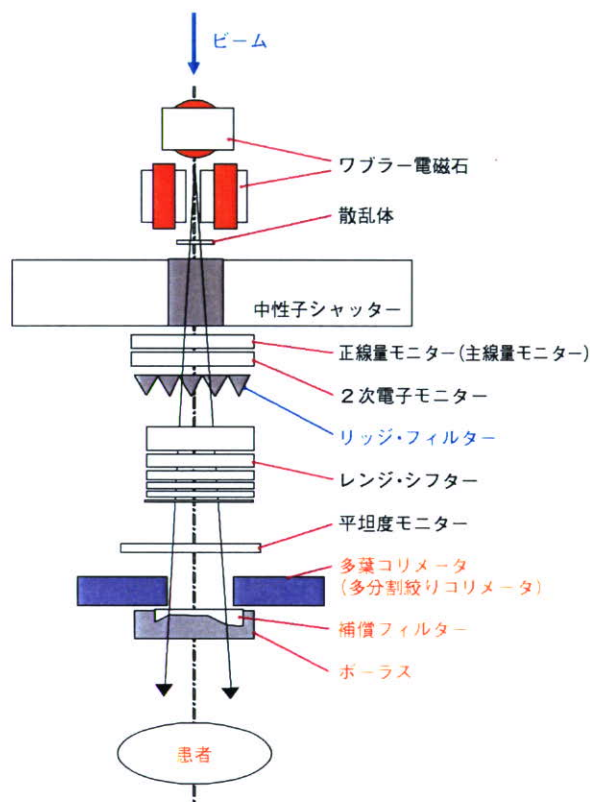
はじめに

陽子線・重粒子線を使用した放射線治療は、新しい治療技術として良好な治療成績を示しているため、今後この治療方法が徐々に普及していくことが予想されるが、重粒子線等の医療施設の放射線防護については、通常の加速器施設と同じ安全規制がなされている。そこで、重粒子線をはじめとした新たな放射線の医療利用における防護の考え方を整理し、実際の線量測定に基づいた情報の収集を行うことで、今後の具体的な構造基準や安全管理指針等の策定に必要な知見を集積するために、現在日本で陽子線・重粒子線の治療を行っている6施設の協力を得て、治療施設における防護を評価し、新たに規制すべき項目の必要性を検討した。

装置等の放射化による医療従事者の被ばく

放射線治療施設からの漏洩放射線に関しては法令に準じて測定が行われており、問題になることはない。また、放射線治療では、照射中はインタロック装置によって照射室に患者以外は立ち入ることができない。診療放射線技師や医師、看護師、患者家族などが被ばくするとすれば、その主な原因は、照射重粒子線と、機器や患者を構成する原子核との核反応によって生成される誘導放射能が、照射終了後も残留することによる。従って、この残留放射能からの放射線の強度を測定し、最も被ばくする可能性の高い診療放射線技師について、線量評価を行った。

残留放射能は重粒子線を生成する加速器側（上流）から見て、多葉コリメータ（施設によっては多葉コリメータが無く、非常に大まかにビーム形状を限定するブロックコリメータが用いられている）、患者コリメータ、補償フィルタ（両者とも患者に固有の物であり、照射終了時に取り外す）、および患者患部での発生が予想される



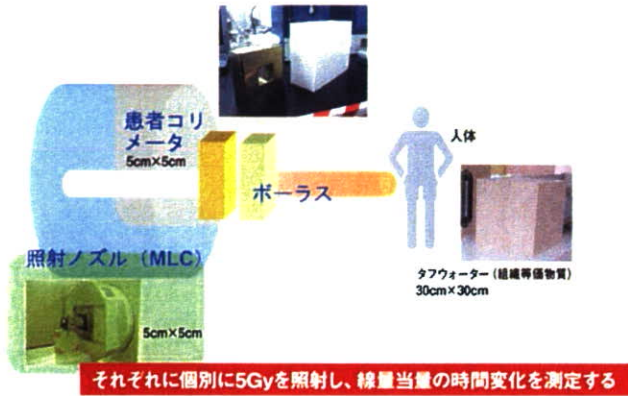
図Ⅲ-1-1: 照射口の構造
赤で記した部分が放射化し医療従事者がふれる可能性がある部分

(図Ⅲ-1-1 参照)。

これらの放射化を、国家標準とトレーサビリティのある標準場において1年以内に校正済みの電離箱式サーベイメータにより測定した(図Ⅲ-1-2 参照)。重粒子線治療施設2施設、および陽子線治療施設3施設に於いて同一のプロトコルにより評価が行われた。

1) 被ばく評価

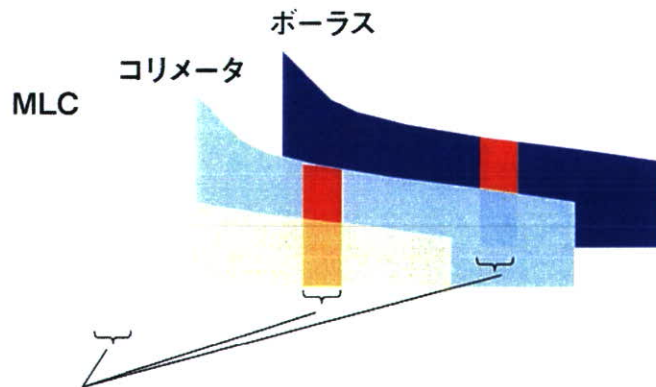
治療に伴う機器の取り外しなど、すべての作業を一人の技師が行うと仮定して被ばく量を見積もった。作業と線量の場合は次のようになる。多葉コリメータからの光子による実効線量の被ばく量は、照射ポートから50cmの位置における線量の時間積分値になる。同様に患者コ



図Ⅲ-1-2: 照射実験の様相

放医研での平均所要時間

作業	照射停止から作業開始までの時間 [s]	作業の所要時間 [s]	線源と評価点までの距離					
			実効線量評価 (γ)			皮膚等価線量評価 ($\beta + \gamma$)		
			MLC	コリメータ	ボラス	MLC	コリメータ	ボラス
患者固定具取り外し	25	30	50cm	30cm	30cm	50cm	30cm	30cm
患者コリメータ取り外し (脳のテーブルに置く)	55	10	50cm	30cm	30cm	1.5cm	0cm	0cm
ボラス取り外し (脳のテーブルに置く)	65	10	50cm	30cm	30cm	1.5cm	30cm	0cm
ボラス収納 (保管場所に移動)	75	15	-*	-*	30cm	-*	-*	0cm
患者コリメータ収納 (保管場所に移動)	90	10	-*	30cm	-*	-*	0cm	-*



各機器の放射化測定結果を上記時間積分することで実効線量、皮膚等価線量を評価

図Ⅲ-1-3: 放射線技師の行う作業および照射停止から作業開始までの時間、作業の所要時間、線源からの距離。実効線量の評価はガンマ線による線量率を、皮膚等価線量の評価はベータ線とガンマ線の合計線量率を用いる。* 距離が遠いため線量寄与は無視する

表Ⅲ-1-1: 炭素線治療における診療放射線技師の実効線量と皮膚等価線量の評価

	実効線量 (μSv)			皮膚等価線量 (μSv)		
	施設1 ¹⁾	施設1 ²⁾	施設2	施設1 ¹⁾	施設1 ²⁾	施設2
患者固定具取り外し	0.108	0.085	0.054	0.119	0.125	0.099
患者コリメータ取り外し(脇のテーブルに置く)	0.034	0.018	0.017	0.759	0.252	0.417
補償フィルタ取り外し(脇のテーブルに置く)	0.034	0.017	0.017	0.331	0.226	0.136
補償フィルタ収納(保管場所に移動)	0.005	0.007	0.006	0.299	0.192	0.111
患者コリメータ収納(保管場所に移動)	0.023	-	0.007	0.358	-	0.277
合計線量 (μSv)	0.203	0.128	0.101	1.866	0.795	1.040
年間被ばく量 (mSv)	1.057	0.665	0.530	9.701	4.132	5.410
3 月間被ばく量 (mSv)	0.264	0.166	0.133	-	-	-

注: 1) 水中飛程約150mmの低エネルギー照射 2) 水中飛程約250mmの高エネルギー照射

リメータからの線量率の積分値、同じく補償フィルタからの線量率の積分値を計算し、3つの積分値の合計が患者固定具取り外し時の被ばく線量になる。以下同様に、患者コリメータ取り外し(脇のテーブルに置く)、補償フィルタ取り外し(脇のテーブルに置く)、補償フィルタ収納(保管場所に移動)時の被ばく線量、患者コリメータ収納(保管場所に移動)時の被ばく線量を求め、すべての線量の合計が、1人の患者の1回の照射に伴う診療放射線技師の被ばくになる。最大線量を見積もるために、作業開始までの時間は最も早い例を、作業時間は長い例を参考にして決めた。作業時間、線源からの距離などの条件は図Ⅲ-1-3に示した。図Ⅲ-1-3は患者一人の照射に関する値であり、一人の診療放射線技師は表Ⅲ-1-1の作業を1日20回、年間260日(3月間で65日)行くと仮定した。

2) 診療放射線技師の被ばく評価の結果

重粒子線等治療施設での放射化測定結果に従って、診療放射線技師の被ばくを評価した結果の例を炭素線治療について表Ⅲ-1-1(施設1・2)に示す。

評価した被ばく線量の最大値は、炭素線治療において、施設1では低エネルギー照射に対して実効線量で約1.06mSv、皮膚の等価線量で約9.70 mSv、高エネルギー照射に対して実効線量約0.67 mSv、皮膚の等価線量約4.13 mSvと見積もられた。施設2では、実効線量が約0.53 mSv、皮膚線量が約5.41 mSvであった。最大の場合でも、職業人の被ばく限度の5.5%以下であった。

陽子線治療における線量は、施設2が実効線量で3.04 mSv、皮膚線量で約38.7 mSvである。同様に、施設3では実効線量が約2.28 mSv、皮膚線量が約31.2 mSv、

施設4は実効線量が約5.53 mSv、皮膚線量が約73.5 mSvという結果になった。最大でも、職業人の被ばく限度の28%以下であった。

一方、X線治療で使用されている高エネルギー医用電子加速器での診療放射線技師や医師などへの年間の実効線量は加速エネルギーが10MeV以下では無視できる程度に小さいが、10MeV以上では急激に大きくなる。AlmenやPerrinらによって評価されており^{1,2)}、表Ⅲ-1-2のようにまとめられている。

表Ⅲ-1-2: 高エネルギー医用電子加速器における診療放射線技師の実効線量と皮膚等価線量の評価

A. Almen (1991) ¹⁾	13 - 17 MeV	1.0 - 2.8 mGy	0.7 - 3.3 mGy
B. Perrin (2003) ²⁾	18 MeV ^{2a)}	2.5 mSv	

注) 6MeVの実効線量評価は2倍と報告されている

以上のように、診療放射線技師の実効線量は、10MeV以上の高エネルギー医用電子加速器を使用したX線治療の場合と重粒子線等治療の場合とは同程度となった。これらから、重粒子線等治療に対してX線治療で行われている従来の規制以上に特別の規制の必要はないと考えられる。

3) 患者家族等の被ばく、および環境への影響について

患者家族の被ばくの見積もりでは、照射終了2分後に患者が照射室から出た後、家族が2時間付き添った場合の積算線量を考えた。炭素線および陽子線の治療では、患者に対し1~30回程度の分割照射が行われる。可能性のある被ばくの最大値を求めるため、30回分の値を、家族一人の被ばく量と仮定した。患者を模擬したタフウォーターの放射化測定に基づいて施設1(炭素線)で

は $23.5\mu\text{Sv}$ 、施設 2 では陽子線が $128.9\mu\text{Sv}$ 、炭素線が $20.8\mu\text{Sv}$ と評価された。

重粒子線等の治療では、患者の入院中に照射が行われるため、実際に家族等と接する時間は限られること、生成される放射能の半減期が短いため、付き添う時間を更に長く仮定しても被ばく量はほとんど増加しないことなどを考慮すると、家族が患者から受ける線量は、一般公衆の線量限度である 1mSv/年 と比較して、十分低い値であると評価される。

また、患者に生成した比放射能では、施設 1（炭素線）が照射 5 分後で 80 Bq/g 程度であった。測定値より線量率の半減期は約 13 分であり、放射能は半減期 20 分の ^{11}C および 10 分の ^{13}N の混合と考えられる。施設 2 は、陽子線が照射 5 分後で 322.8Bq/g 、炭素線が 45.3Bq/g となった。

^{13}N より半減期が長く危険性が高い ^{11}C には放射線障害防止法により排水中濃度限度が与えられており、 40 Bq/cm^3 である。安全側に考え放射能はすべて ^{11}C であると仮定すると、炭素線では患者の比放射能は排水中濃度限度の約 1~2 倍、陽子線でも約 8 倍であり、トイレ等で 1 回あたり 100 倍程度希釈されること、排水中濃度は病院全体からの排水について評価すればよいことを考えると、特別の規制を設ける必要はないと考えられる。

陽子線および重粒子線治療の実施に対する国際的な規制の状況

海外の稼働中あるいは建設中の施設の重粒子線等を使用した放射線治療への法規制・考え方・基本としている資料などを調査した。重粒子線等治療施設における線量限度や被ばく限度などは、基本的に他の高エネルギー粒子線を用いた実験施設と同様に ICRP（国際放射線防護委員会）勧告に従っている（アメリカでは NCRP：米国放射線防護測定審議会を参考としている）。重粒子線等

治療施設に特有の法規制等はなく、従来の医用電子加速器を使用した X 線・電子線などに対する規制が準用されている。

まとめ

重粒子線等治療施設における放射線防護のあり方に関し、諸外国の実態調査と国内施設の測定実験結果に基づき検討を行った。海外の施設では、通常の加速器施設と同じ規制による防護が行われていた。また、国内の重粒子線等治療施設において、治療装置及び患者の放射化実験に基づき評価した結果、被ばく線量や環境への影響は現行の規制基準を十分満足していた。これらの検討結果から、重粒子線等治療施設における防護は、既存の規制で対応できていると結論付けられる。

本研究は重粒子線等による治療における放射線防護の考え方を実情調査や国内の施設関係者の意見集約と統一された方法による実際の線量測定に基づいた情報収集を行うことで、今後の具体的な安全管理指針等の策定に必要な知見を集積するものであり、本邦の医療機関における放射線安全体制の確立に貢献することが期待される。

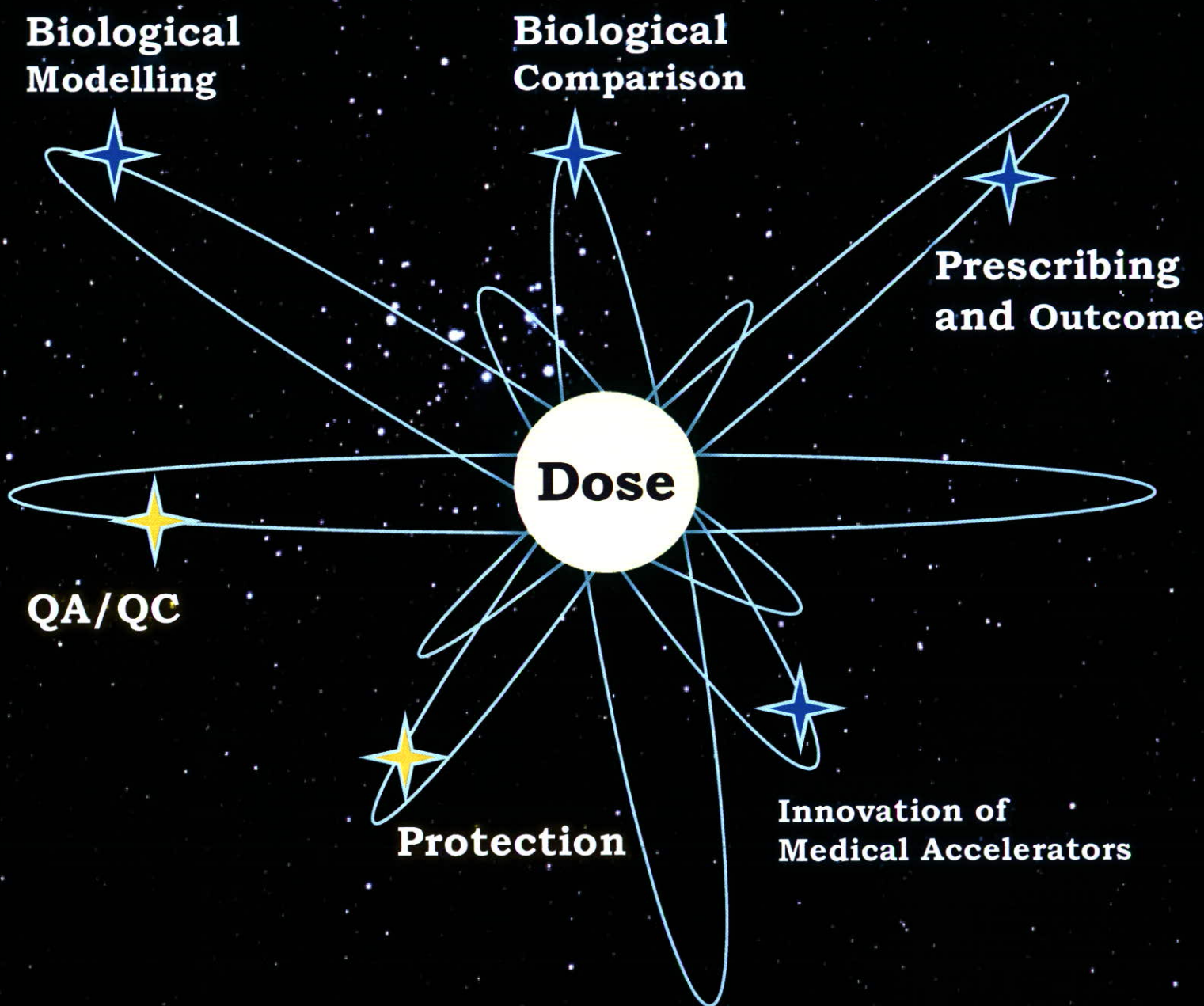
参考文献

- 1) A. Almen, L. Ahlgren and S. Mattsson : Absorbed dose to technicians due to induced activity in linear accelerators for radiation therapy. *Physics in Medicine and Biology* 36 (1991) 815 - 822.
- 2) Bruce Perrin, Anne Walker and Ranald Mackay : A model to calculate the induced dose rate around an 18 MV ELEKTA linear accelerator. *Physics in Medicine and Biology* 48 (2003) N75-N81.

Proceedings of

7th NIRS Research Center for Charged Particle Therapy Symposium

Progress in Heavy Ion Radiotherapy



NIRS-M-209
978-4-938987-48-0