



Photo H.fukuda

Index

「わが国における環境放射能水準調査の現状と今後の展開」(5)	
－食品試料の放射能調査－	太田 智子 1
〔施設訪問記〕	
放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院	6
「初級放射線教育講座」開講のお知らせ	FBNews 編集委員会 11
初級放射線教育講座① 放射線と放射能	俵 裕子 12
第2回 個人モニタリングに係る東ワークショップのご紹介	佐藤 典仁 16
〔加藤和明の放射線一口講義〕	
低レベル放射線が人体に及ぼす影響の疫学調査（その3：疫学調査の前提と交絡因子）	加藤 和明 18
〔サービス部門からのお知らせ〕	
4月1日はガラスバッジの交換日です。	19



「わが国における環境放射能 水準調査の現状と今後の展開」(5)

— 食品試料の放射能調査 —



太田 智子*



(1) はじめに

財団法人日本分析センターは、文部科学省の委託により、諸外国の核爆発実験に起因する放射性降下物の影響を調べるため、降下物、飲料水、土壌、精米、葉菜類等の環境放射能水準調査を実施してきました。昭和61年に発生したチェルノブイル原子力発電所事故を契機に、国民の間に食品中の放射能への不安が高まり、放射能調査の強化が指摘されました。このため、当センターは、文部科学省の委託を受け、平成元年度より、全国の流通食品の放射能水準調査を開始しました。

本調査の目的は、一般の市場に流通する食品の放射能レベルを把握するとともに、国民の食物摂取による内部被ばく線量の推定に資するデータを蓄積することです。

まず、第1期調査（平成元年度～7年度）と第2期調査（平成8年度～10年度）では、幅広く食品の放射能濃度を把握することを目的に、様々な食品について調査を行いました。第1期調査では、各地の流通食品に含まれるストロンチウム90、セシウム137等の人工放射性核種の放射能調査を、第2期調査では、人工放射性核種のほかにトリウム、ウラン等の自然放射性核種を加えた調査を実施しました。

第3期調査（平成11年度～14年度）では、食品中の放射能濃度の経年変化と地域差について調査することを目的に、同一地域から同じ食品を購入し調査を行いました。厚

生労働省が実施している国民栄養調査で対象とされている食品から、摂取量の多い10食品（食パン、豆腐、中華めん、にんじん、鶏卵、鶏肉、豚肉、牛肉、しょうゆ、ビール：ここでは、環境放射能水準調査において調査対象となっている食品（精米、大根、ほうれん草、牛乳等）及び地域特産品は除く）を選定し、全国の10地域の小売店でこれらの食品を購入し放射能調査を行いました。分析の対象核種は、 γ 線放出核種、ストロンチウム90、セシウム137、及びプルトニウム239+240です。

第4期調査（平成15年度～18年度）では、我が国の食料自給率（カロリーベース）が40%と低く、食物の調達を輸入に頼っていることに着目し、輸入食品中の放射能濃度を把握することを目的に調査を実施しました。特に平成17、18年度は、欧州方面からの輸入量が多い海産食品について調査を行っています。分析対象核種は、 γ 線放出核種、ストロンチウム90、セシウム137、プルトニウム239+240、鉛210、ポロニウム210、ラジウム226、トリウム232及びウラン238です。また、これまでの調査結果を基に、食物摂取による預託実効線量の試算も行いました。

(2) 調査結果

①第1期調査及び第2期調査

調査した食品から検出された人工放射性核種はストロンチウム90、セシウム137及

*Tomoko OOTA (財)日本分析センター分析調査部ベータ線グループ 上級技術員

びプルトニウム239+240であり、自然放射性核種は、カリウム40、鉛210、ポロニウム210、ラジウム226、トリウム228、トリウム230、トリウム232及びウラン238でした。

ストロンチウム90及びセシウム137の放射能濃度は、多くの食品で1 Bq/kg 以下でしたが、菓子類、種実類、きのこ類及び藻類で、1 Bq/kg 以上の食品もありました。

②第3期調査

調査した食品から検出された人工放射性核種はストロンチウム90およびセシウム137であり、自然放射性核種はカリウム40等でした。

調査年度ごとの食品の放射能濃度に大きな差は認められませんでした。また、全国10地域における各食品の放射能濃度にも大きな差は認められませんでした。

③第4期調査

輸入食品を主体に調査を行った結果、輸入食品中の放射能濃度は国内産の食品と同程度でした。

④放射能濃度範囲

平成元年度から平成16年度までに調査した約240種類の食品の放射能濃度範囲は、次の通りです。

1) 人工放射性核種

- ^{90}Sr : ND~12 Bq/kg
- ^{137}Cs : ND~44 Bq/kg
- $^{239+240}\text{Pu}$: ND~0.013 Bq/kg

2) 自然放射性核種

- ^{238}U : ND~9.7 Bq/kg
- ^{232}Th : ND~0.73 Bq/kg
- ^{226}Ra : ND~4.8 Bq/kg
- ^{210}Pb : ND~45 Bq/kg
- ^{210}Po : ND~260 Bq/kg

ND：不検出

ストロンチウム90、セシウム137及びポロニウム210の放射能濃度の範囲を、図5-1~5-3に示します。また、食品中のストロンチウム90濃度とセシウム137濃度の

関係を図5-4に示します。穀類などの植物性食品は、肉類、魚介類などの動物性食品に比べ、セシウム137よりもストロンチウム90濃度が高い傾向が見られました。

⑤食品による日本人の預託実効線量

調査した食品のうち、日本人が比較的多く食している137食品の分析結果から預託実効線量を算出しました。預託実効線量を算出する際の対象核種は、人工放射性核種のストロンチウム90、セシウム137、及びプルトニウム239+240、自然放射性核種のウラン238、トリウム232、ラジウム226、鉛210、及びポロニウム210としました。なお、算出の際に用いた式は以下の通りです。

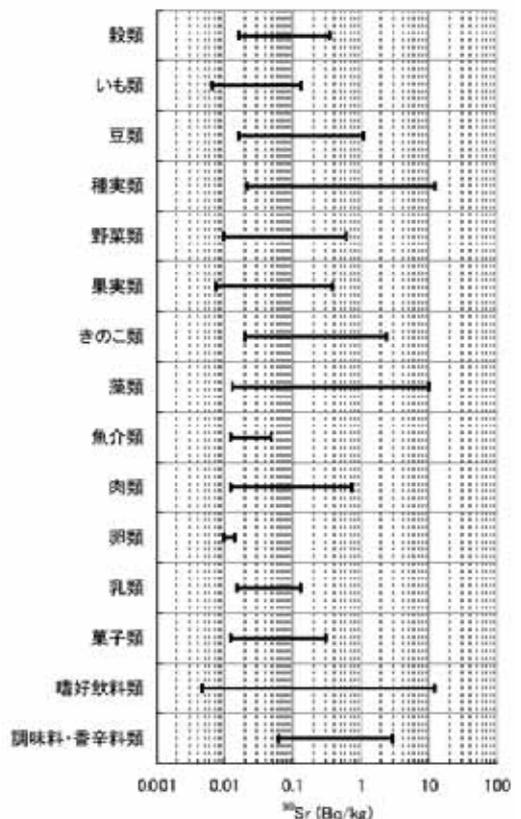


図5-1 種類別食品中の ^{90}Sr 能濃度範囲

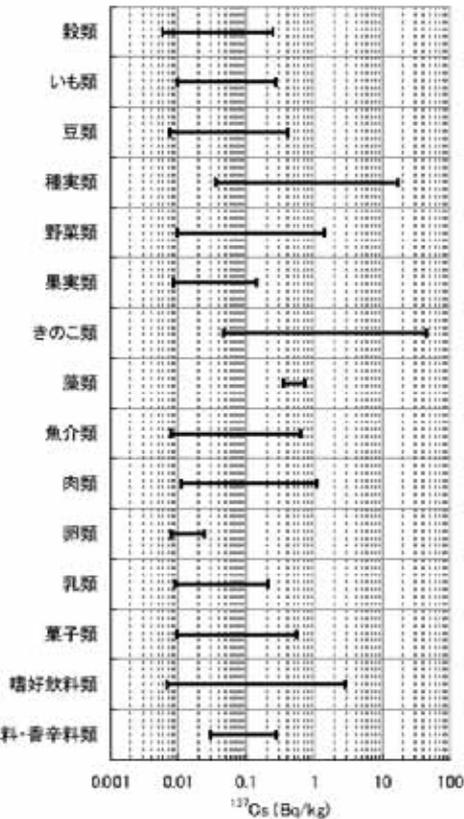


図 5 - 2 種類別食品中の ^{137}Cs 放射能濃度範囲

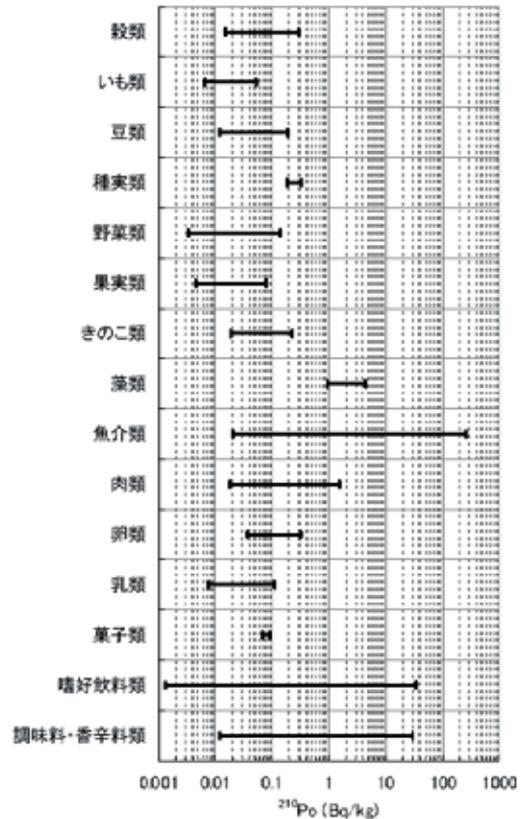


図 5 - 3 種類別食品中の ^{210}Po 放射能濃度範囲

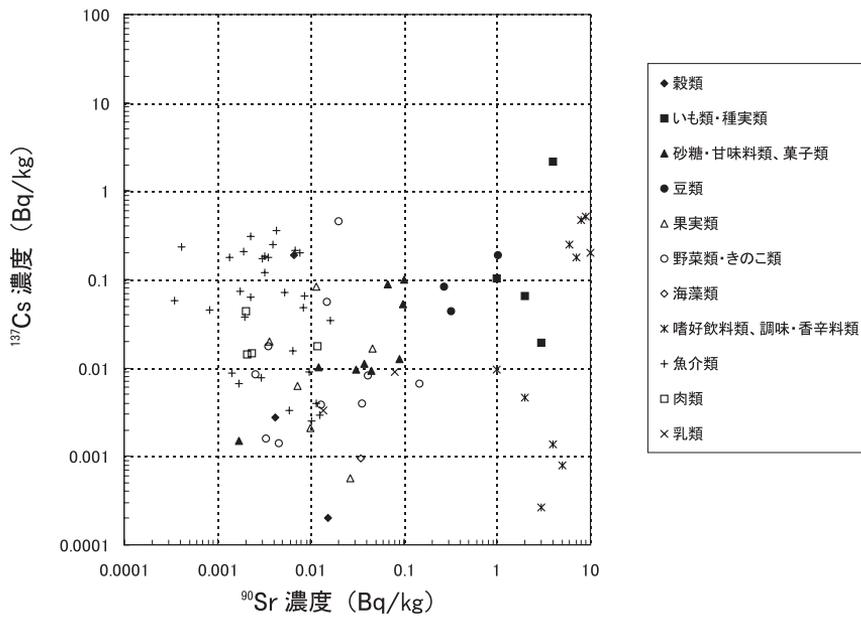


図 5 - 4 種類別食品の ^{90}Sr と ^{137}Cs 濃度

表 5 - 1 預託実効線量の計算結果

		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	計
年間 摂取量 (Bq)	本調査	59	60	0.04	15	1.7	43	85	610	—
	UNSCEAR 2000より	—	—	—	5.7	1.7	22	30	58	—
預託実効 線量 (mSv)	本調査	0.0017	0.00078	0.0000097	0.00067	0.00039	0.012	0.058	0.73	0.80
	UNSCEAR 2000より*	0.00056	0.00035	—	0.00025	0.00038	0.0063	0.021	0.070	0.099
本調査における 各核種の全体に 対する割合 (%)		0.2	0.1	0.001	0.08	0.05	1.5	7.3	91	—

* ⁹⁰Sr 及び ¹³⁷Cs の線量については、大気圏内核実験で生成した放射性核種による内部被ばくの世界平均実効線量の値 (UNSCEAR 2000) を引用しました。

$$D = \sum \sum C_{ij} \cdot M_f \cdot h_j$$

- D : 預託実効線量 (mSv)
- C_{ij} : 食品f中の放射性核種jの濃度 (Bq/kg)
- j : ⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、²³⁹⁺²⁴⁰Pu、²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、²¹⁰Pb、²¹⁰Po
- M_f : 食品 f の年間摂取量 (kg)
「国民栄養の現状 (平成14年厚生労働省国民栄養調査結果)」の値を使用
- h_j : 実効線量係数 (mSv/Bq)
環境放射線モニタリングに関する指針 (原子力安全委員会: 平成13年3月一部改訂)、ICRP Publ. 72 (1996) の値を使用

各核種の年間摂取量 (Bq) と預託実効線量を表 5 - 1 に示します。なお、原子放射線の影響に関する国連科学委員会の総会に対する2000年報告書 (以下「UNSCEAR 2000」という) に記載されている摂取量と預託実効線量の値も併せて示します。日本人一人あたりの食品摂取による預託実効線量は、0.80mSvとなりました。

食品に含まれる人工放射性核種のうち実質的に預託実効線量に寄与している核種はストロンチウム90とセシウム137であり、その値はそれぞれ0.0017mSv、0.00078mSvでした。また、自然放射性核種に起因する預託実効線量では、鉛210、ポロニウム210による寄与が大きく、その値はそれぞれ0.058mSv、0.73mSvでした。人工放射性核種に起因する預託実効線量は、自然放射性核種と比較して非常に小さい値となっています。

ストロンチウム90とセシウム137の預託実効線量に寄与する食品の割合を図 5 - 5 に示します。ストロンチウム90は藻類からの寄与が23%と最も大きく、セシウム137は穀類等からの寄与が36%、野菜類等からの寄与が21%でした。両核種とも、穀類等、野菜類等および藻類の摂取で預託実効線量の50%以上を占めることがわかりました。

核種	実効線量係数 (mSv/Bq)
⁹⁰ Sr	2.8 × 10 ⁻⁵
¹³⁷ Cs	1.3 × 10 ⁻⁵
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	2.5 × 10 ⁻⁴
U (²³⁸ U)	4.5 × 10 ⁻⁵
Th (²³² Th)	2.3 × 10 ⁻⁴
²²⁶ Ra	2.8 × 10 ⁻⁴
²¹⁰ Pb	6.9 × 10 ⁻⁴
²¹⁰ Po	1.2 × 10 ⁻³

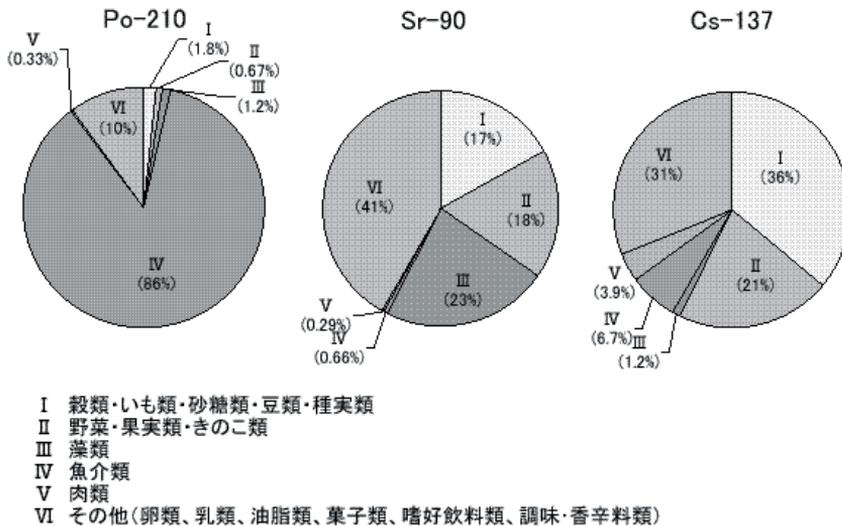


図5-5 預託実効線量に寄与する食品の割合 (Po-210、Sr-90、Cs-137)

一方、自然放射性核種であるポロニウム210の預託実効線量に寄与する食品の割合(図5-5)をみると、魚介類からの寄与が大きく86%を占めています。従来から魚介類中のポロニウム210の濃度が高いことは知られており(UNSCEAR2000)、欧米諸国に比べて、日本人は魚介類の摂取量が特に多いので、それに伴いポロニウム210による預託実効線量が大きくなっているといえます。

(3) まとめ

これまでの流通食品の放射能調査では、ストロンチウム90、セシウム137等の人工放射性核種の濃度は低く、健康に影響を及ぼすようなものではありませんでした。また、平成16年度までの調査結果を基に算出した日本人の食品摂取による預託実効線量は、0.80mSvでした。預託実効線量への寄与が最も大きい核種はポロニウム210であり、その要因は魚介類の摂取によるものであることがわかりました。預託実効線量を正確に算出するためには、魚介類中のポロニウム210の調査を強化する必要があるといえます。また、より日本人の実生活に近い預託実効線量の算出をするためには、年齢等

の様々な要因についての検討が必要であると思われます。

参考文献

- 1) 放射線医学総合研究所監訳：放射線の線源と影響〔上〕(国連科学委員会2000年報告書)、2002年
- 2) 健康・栄養情報研究会：国民栄養の現状(平成14年厚生労働省国民栄養調査結果)
- 3) 原子力安全委員会：環境放射線モニタリングに関する指針、平成13年3月一部改訂
- 4) ICRP (International Commission on Radiological Protection：国際放射線防護委員会) Publ.72 (1996)

◆ プロフィール ◆

財団法人日本分析センター分析調査部ベータ線グループ上級技術員。1994年千葉大学園芸学専攻生物化学専攻修士課程修了。同年当センター入所。現在は環境試料の放射化学分析におけるラジウム226、鉛210等の分析業務を担当している。



—放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院の巻—

より高い QOL (生活の質) の 実現に向けて



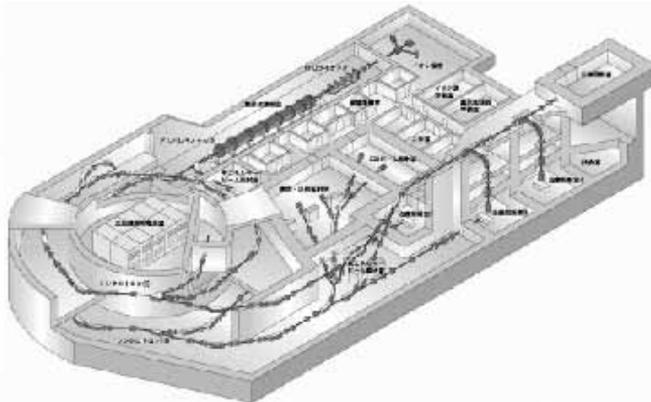
今回の施設訪問記は、独立行政法人放射線医学総合研究所（以下、放医研と略す）です。

放医研は1957（昭和32）年の創立以来、放射線と人々の健康に関わる総合的な研究開発に取り組む国内で唯一の研究機関として、放射線医学に関する科学技術水準の向上を目指して活動され今日に至っています。

2006（平成18）年度からは、特に重粒子線によるがん治療の研究や、放射線が生体におよぼす影響の研究、生体における分子レベルの異常を画像化する分子イメージング研究を中心とした「放射線に関するライフサイエンス研究」と、万が一に備える「放射線の安全と緊急被ばく医療研究」を二つの柱として様々な研究を遂行されています。

放医研は千葉県千葉市稲毛区にあります。夏になると、稲毛海岸は海水浴や花火大会でにぎわいますが、放医研がある稲毛区もその昔はリゾート地として多くの観光客が集まったり、文人墨客が執筆活動や静養のために訪れていたそうです。しかし、その多くは埋め立てられ、現在では稲毛浅間神社と松林だけが昔の面影を残すのみとなっているそうです。稲毛区は歴史のある街です。放医研が設立されてからは、文化ばかりでなく科学・医学の町としても歴史に大きな名前を残しています。

放医研は広大な敷地の中に、重粒子医科学センター（病院）、画像診断棟、緊急被ばく医療施設、サイクロロン棟、静電加速器棟、内部被ばく実験棟などさまざまな研究施設があります。



写真①

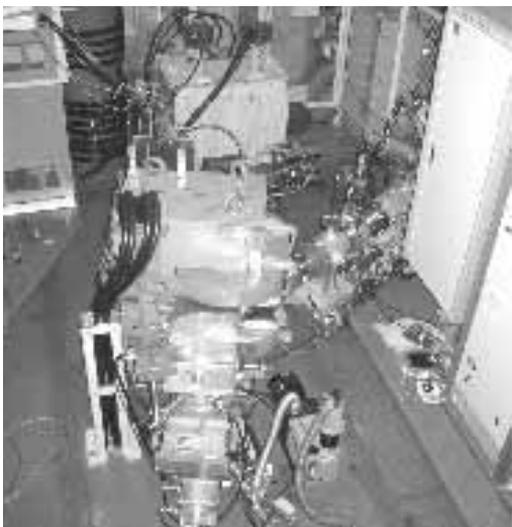
今回は医療の要である重粒子医科学センター病院を訪問し、重粒子線がん治療装置のお話を中心にお伺いしました。

放医研が、エックス線やガンマ線等によるがん治療を始めたのは1961年に病院が開設された時からですが、特にサイクロトロンを用いて1975年から開始した速中性子線や1979年から開発した陽子線による粒子線治療は従来の放射線治療ではなかなか効果が上がらなかったがんに対して優れた治療成績を見ることができました。その中で、両者でも治療の困難な種類のがんについては、新たな粒子線による治療法を開発することが重要な課題となりました。そこで放医研では研究成果を生かして重粒子線がん

治療装置 HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba、略称ハイマック) を世界で初めて医療を目的とした治療装置として、重イオン (炭素イオン) 線のがん治療に利用するために重粒子加速器を建設しました。写真①重粒子線がん治療には、炭素イオン、ネオンイオンなどの粒子を巨大な加速器を用いて光の6~8割以上の速度まで加速し、エネルギーを高めて照射するという大がかりな装置が必要です。今回見学したイオン源室では線形加速器で治療に使う粒子を加速できるように、PIG型またはERC型イオン源で原子から電子をはずし、イオン化します。そして線形加速器と主加速器 (シンクロトロン) で最終的には約800Mev/核子 (光速の約84%) まで加速します。写真②、③、④、⑤



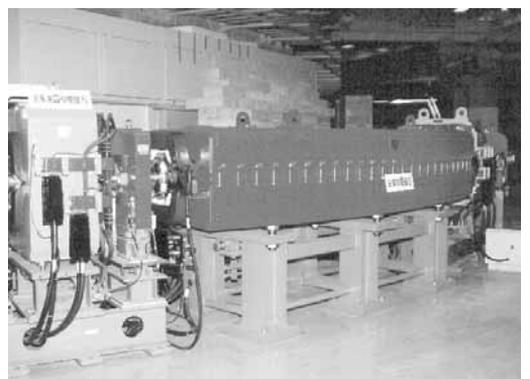
写真② 見学風景



写真③ ECRイオン源



写真④ 入射器・線形加速器

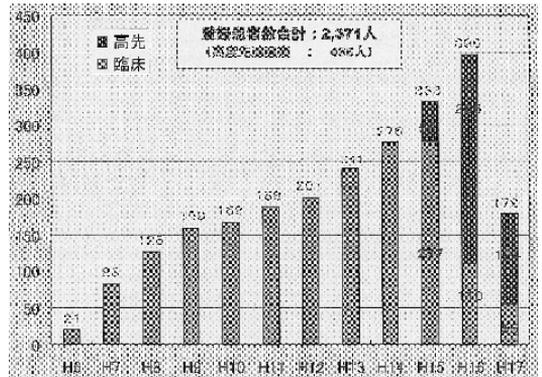
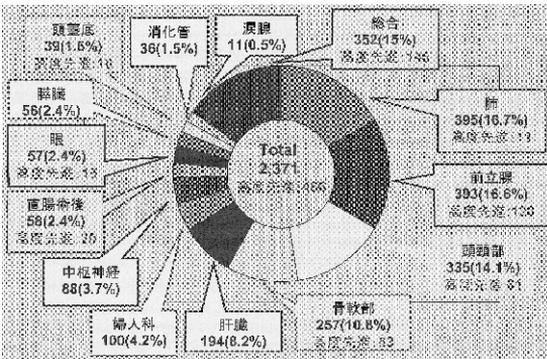


写真⑤ 主加速器 (シンクロトロン)



重粒子線治療を世界で初めて試験したのは1970年代のローレンスバークレイ研究所(米国)でネオンイオン線を用いられました。しかし、十分な成果を上げられないうちに資金難と装置の老朽化のため1993年に治療を終了しています。HIMACの主加速器は直径がおおよそ40m、周長約130mで1994年6月から重粒子線がん治療が開始されました。

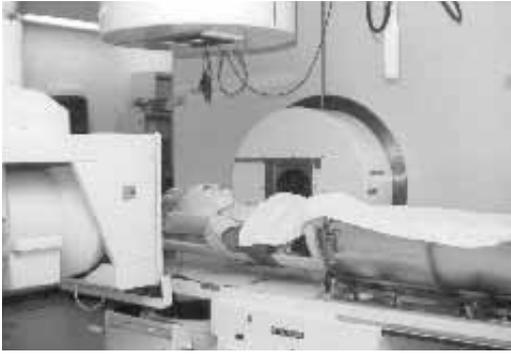
重粒子線は細胞を破壊する力が強く、通常の放射線や陽子線に比べておよそ2～3倍の威力があります。加えて重粒子線はがんに集中して照射をすることが可能であることから、がんの周辺組織をできるかぎり保護したい肝臓がんや、がんの周りに放射線に弱い組織がある中枢神経系の近くにできた軟骨肉腫に効果が期待できます。但し、局所治療法のひとつであるので、すでに他の部位や全身に転移しているがんへの効果は期待できません。



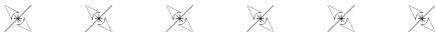
部位	年												合計		総計						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	臨床		高先					
頭頸部	9	10	19	31	22	38	29	39	40	26	9	9	36	4	31	2	21	278	97	375 (13.1%)	
中枢神経	6	8	10	6	9	7	15	10	6	5		3	36	4	13	3		92	0	92 (3.2%)	
頭蓋底				6	4	2	2	4	8	3			8		5		2	29	15	44 (1.5%)	
肺	6	11	28	18	29	36	47	51	57	48	3	47	8	44	1	15	2	437	14	451 (15.7%)	
肝臓		12	13	19	25	17	22	28	18	22		14		4	10	1	4	195	14	209 (7.3%)	
前立腺	9	18	10	30	30	31	44	47	54	23			62		73		32	273	190	463 (16.1%)	
婦人科(子宮)	9	13	11	10	11	13	5	10	7		8		10			4		111	0	111 (3.9%)	
骨・軟部組織		9	13	19	18	25	23	32	35	8			57		52		25	174	142	316 (11.0%)	
消化管(食道)		1	16	4			2					9		9		3		44	0	44 (1.5%)	
膵臓							3	7	12	18			11		13		7	71	0	71 (2.5%)	
直腸術後									10	13	15			18		11		9	38	38	76 (2.7%)
眼(悪性黒色腫)								8	16	18				13		4		8	42	25	67 (2.3%)
涙腺										5	3				4				12	0	12 (0.4%)
総合	24	15	29	16	29	12	12	12	12	23	13	9	84	21	137	17	83	219	317	536 (18.7%)	
小計																		277	56	333	
合計	21	83	126	159	168	188	201	241	276	333	396	437	238	2867							

集計日: 2006年8月24日

図① 放医研における重粒子線治療の登録患者数 (治療期間: 1994年6月～2006年8月)



写真⑥ 治療風景



放医研における重粒子線がん治療は、約10年間に渡る臨床試験の成果をもとに2003年10月に固形がんに対する治療が高度先進医療に承認され、以来、高度先進医療と従来の臨床試験を並行して実施しています。1994年6月～2006年8月末までの放医研における重粒子線治療の登録患者数は2,867名です。そのうち、肺が459 (15.8%)、前立腺が463 (16.1%)、頭頸部が375 (13.1%)と多くを示しています。手術で切除することが出来ない困難ながんや、重要な器官の近くにあり通常の放射線治療では照射が難しいがんを治療することができます。現在では、遠隔転移を考慮して抗がん剤を併用されることもあるそうです。図①、写真⑥

また、主に子宮がんに対して腔内照射も行っています。腔内照射には弊社が取り扱っているリモートアフターローディングシステム「マイクロセレクトロンHDR」をご使用いただいています。



がんの放射線治療は日本でも最近では患者の選択肢のひとつとして注目されていますが、欧米に比べると普及率は非常に低くなっています。そのひとつの理由として、放射線専門医が少ないことがあげられます。

現在、センターには日本放射線腫瘍学会認定医の有資格者5名、日本医学放射線学会専門医の有資格者10名、放射線治療専門技師の有資格者5名、医学物理士の資格者1名がいらっしゃり品質の高い放射線治療を実現されています。重粒子線がん治療は、人の経験や勘に頼る部分が少なく、ほとんどの治療の条件を科学的な数値として確認できるように品質管理を徹底しています。これら品質管理、品質保証を行う医学物理士の役割はきわめて重要です。また、人材教育にも力を入れており、看護師の研修コースはたいへん人気があると伺いました。これには、読者の皆様の記憶にも新しいJCOの事故時に他施設からの支援があり、そのような中で看護師の方にも放射線（治療）に対する認識が深まったのではないかと辻井センター長は語っていらっしゃいました。また、治療ばかりでなく診断分野の発達も放射線治療の発展に繋がることとなります。

品質の高い放射線治療を行うためには、治療装置や診断装置そのものの精度が良いことも条件のひとつです。病院では毎朝、線量確認をして正確な治療を行っています。また、1回/2週間の点検と、3月と夏には1回ずつ約1ヶ月間、装置を止めてメンテナンスをしています。



辻井センター長はFNCA（アジア原子力協力フォーラム）の放射線治療分野に関する責任者としてもご活躍されていらっしゃり、各国の線量評価を均一にするためにガラス線量計を使用されています。海外ではTLDを多く使用されていますが、世界的にガラス線量計が普及されることも、遠くないのではないかと期待させられます。

HIMACは現在もなお開発は進み、近い将来には現在の3分の1のサイズの治療装



写真⑦ 集合写真

置が国内に出来上がる予定です。また、がん治療ばかりでなく動物実験や種子などの照射実験にも使用されています。



現在、初期の肺がん治療は1回のみ照射もおこなっていますが、最初は18回おこなっていたとのこと。少しずつ回数を減らすためには10年間培ってきた経験と勇

気が必要であると同いました。その他の臓器に対しても照射回数を減らす努力をされていらっしゃるその姿勢に感銘しました。

今回、お話を伺いました辻井センター長、渡邊室長をはじめとするスタッフの皆様のチーム医療と臨床試験は、国内ばかりでなく絶えず世界に向けて発信されていくであろうと思いました。



最後に今回のインタビューにお答えいただいた辻井センター長、渡邊室長、HIMACの説明をしてくださった加速器開発室の金澤様、全体を通してお付き合いいただいた広報室の本郷様に誌面を借りてお礼を申し上げます。誠にありがとうございました。

写真⑦

FBNews 編集委員、佐々木、久保寺、丸山および営業部門から土屋、新田がお伺いしました。(文責：丸山百合子)

✧ お話を伺った方々のプロフィール ✧



辻井 博彦(つじい ひろひこ) 殿

重粒子医科学センター長

1968年北海道大学医学部医学科卒業。1972年から2年間ニューヨーク市 St Vincent Hospital 放射線治療レジデント。1974年北海道大学医学部放射線科に勤務。その後、ニューメキシコ大学とポールシェラー研究所(スイス)で、パイ中間子治療プロジェクトに参加。1984年北海道大学医学部放射線科・助教授。1989年筑波大学臨床医学系・教授(陽子線医学利用研究センター長)、世界で初めて深部がんに対する陽子線治療を実施。2001年、放射線医学総合研究所・重粒子治療センター病院長となる。同年より、千葉大学大学院病態医学科・放射線治療学教授を併任。2003年より重粒子医科学センター長に就任。2006年より粒子線治療研究グループ(PTCOG)会長、現在に至る。



渡邊 和洋(わたなべ かずひろ) 殿

診療放射線室長

1972年千葉大学医学部附属診療放射線技師学校卒業同年千葉大学医学部附属病院放射線部勤務。2003年放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院へ転勤。1981年千葉工業大学卒業。1982～2002年千葉大学医学部附属診療放射線技師学校非常勤講師併任。1996年から6年間(株)日本放射線技師会常務理事。1998年第11回ISRRT世界大会組織委員。1992～2005年(株)千葉県放射線技師会常務理事。2005年第21回全国放射線技師総合学会大会組織委員長、現在に至る。

「初級放射線教育講座」開講のお知らせ

FBNews 編集委員会

本誌では、「新社会人あるいは放射線について専門的な教育を受けたことのない人で、新たに放射線利用あるいは管理の業務に従事することになった人」を対象として、「放射線の安全管理」に必要とされる基礎的知識を、今月号から14回（予定）の連載記事として掲載していくことにしました。

放射線や放射能との付き合いは日常生活においても避け得ませんが、職業的にこれらと付き合いなければならない人々には、国の制度設計として安全を担保するための仕組みが用意されています。放射線安全管理がどのような哲学と理念、手法とデータによって行われ、急所や問題点がどのようなところに在るかを、管理する側と管理される側が等しく、そして正しく理解することは、放射線を安全に利用し、放射線の安全管理という仕事を効率的、効果的に成し遂げる上で望ましいことであり、また、仕組みや方策の合理性をより一層高めることにも繋がります。

今回開講する「初級放射線教育講座」では、「高等学校卒業レベルで、放射線、放射線管理についてはほとんど知識がない人」にも理解して頂けるよう、特定の分野・範囲についてのみ過度に専門的となることなく、広い範囲で基礎的な事項をできるだけ易しい表現で解説していくことを目指しています。放射線や放射能の利用、放射線計測、放射線防護・安全管理の分野において指導的立場でお仕事をしておられる専門家の先生方に、放射線の実体と性質、人体に及ぼす影響、安全管理に関わる法律、物質・物体への作用、放射線の測定法、防護の方策、安全管理システム、等について、テーマ毎にご執筆を分担して頂きます。

この連載記事が、以下に記す目的に有用となることを期待しています。

- ① 新たに放射線を利用する業務に就こうとする人が、放射線・放射能、放射線安全管理の必要性について、基礎的な事項を十分に、且つ正しく理解するための一助とする。
- ② 新たに放射線管理業務に就く人が、放射線安全管理業務の基本的姿勢を理解する一助とし、また、従事者への安全教育の資料として参考にする。
- ③ 既に放射線管理業務に携わっている人が、新たに放射線業務に従事する人に対する放射線安全教育の資料として利用する。
- ④ 一般公衆等、放射線についての十分な知識を持っていない人々に放射線について説明し、正しく理解してもらわなければならない立場にある人が、放射線・放射能を分かりやすく説明するための資料として参照する。

初級放射線教育講座①

放射線と放射能



俵 裕子*

1. はじめに

放射線防護やその関連分野において放射線と放射能は最も基礎となる概念である。本稿では放射線の実体や性質について具体的な数値や事例をあげて説明した。また放射線と放射能を取り扱う際に重要な放射線と物質の相互作用の基礎的な事柄について荷電粒子を中心に述べた。また、放射能についてはそれが意味する二つの内容を述べる。

2. 放射線

放射線は電磁波（光子）と粒子線に分類できる。両者とも自らがエネルギーの運び手となって、時間と空間¹⁾の中のある点から別の点にエネルギーを伝達する能力を持つ。通常エネルギーの単位としてeV（ $=1.602 \times 10^{-19}$ J）を用いる。

電場と磁場が交互に発生し空間を伝播していくのが電磁波である。電磁波のエネルギーは振動数 ν [s⁻¹] または波長 $\lambda = c/\nu$ [m]（ c ：光速 3×10^8 [ms⁻¹]）によって決まり、Planck 定数 h （ $=6.626 \times 10^{-34}$ [Js]）を用いて $h\nu$ （ $=hc/\lambda$ ）と表される。波長 1 nm の電磁波のエネルギーは約 1 keV である。

粒子線はある速度で空間を移動している質量を持った粒子である。これには正または負の電荷を持った荷電粒子（ β 線（電

子線）、陽電子線、陽子線、 α 線（He 線）、重イオン線、 μ^\pm 線、 π^\pm 中間子線など）と、電氣的に中性の粒子（中性子線、 π^0 中間子線など）がある。特殊相対性理論では質量はエネルギーと等価であり、運動している粒子が質量 m 速度 u である時、その粒子の全エネルギーは $W = mc^2 = m_0c^2/\sqrt{1-(u/c)^2}$ と表される。 m_0 はその粒子が静止しているときの質量（静止質量²⁾）を表す。粒子の運動エネルギーは静止時と運動時の全エネルギーの差 $E = mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2(1/\sqrt{1-(u/c)^2} - 1)$ として定義されるということになる。電子や陽電子は質量が小さいので比較的低エネルギーでも光速に近く、ほとんどの場合に相対論的な取扱いが必要となる³⁾。陽子以上の重い粒子の場合は低エネルギーで $u \ll c$ となるので全エネルギーは $W \approx m_0c^2 + m_0u^2/2$ と近似でき、静止質量のエネルギー m_0c^2 と古典的な運動エネルギーの $m_0u^2/2$ 和で表わすことができる。

放射線が物質中を通過すると「放射線と物質の相互作用」により、放射線のエネルギーや運動量の変化、放射線の吸収や発生、物質（質量）の発生や消滅、物質へのエネルギー付与が起こる。物質がエネルギーを付与される過程として最も重要なのは物質中の原子・分子の電離と励起である。例えば数 MeV 以上の電子や α 線がヘリウム

*Hiroko TAWARA 高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター助教授

などの希ガスや酸素などの分子性ガスの中でその運動エネルギーを全て失った場合、電離：励起：熱⁴⁾に振り分けられるエネルギーの比は前者で3：1：1、後者で4：4：1程度である。

放射線防護や放射線医学では、原子・分子を“電離する能力”を持つ**電離放射線**(ionizing radiation)⁵⁾を放射線として扱う。中性の原子・分子から1個目の電子を取り去って電離(イオン化)するために要するエネルギー(I_1 :第1イオン化エネルギー)はほとんどの分子で10 eV前後である。放射線防護では生体の主要な構成分子である水(I_1 が約13 eV)を“電離する能力”があることを電離放射線の目安と考える。この定義では真空紫外線(波長10~200nm、6~120 eV)も電離放射線となるが、真空紫外線は物質を透過しにくく空気中でさえすぐに吸収されてしまう。放射線防護の対象となるのは波長10nm(約100 eV)以上のX線や γ 線と考えて良い。以下ではX線と γ 線をまとめて光子と呼ぶことにする。ここで注意すべきは、“電離する能力”には物質に直接入射する**一次放射線**だけではなく一次放射線が物質と相互作用して発生する**二次放射線**の存在が大きく関与する、ということである。二次放射線による電離の割合を考慮し、電離放射線を**直接電離放射線**(direct ionizing radiation)と**非直接電離放射線**(indirect ionizing radiation)に分類する考え方がある。前者は直接クーロン相互作用で原子・分子の電離を起こす荷電粒子線をさし、後者には二次放射線による電離が主要な放射線、すなわち光子及び電氣的に中性な粒子線を含める。以下ではエネルギー付与で最も大きな役割を果たす荷電粒子の相互作用を中心に述べる。

まず荷電粒子と物質(分子)との間で起こる相互作用の時間スケールを見よう。数

Å程度の分子を光速に近い電子が横切る時間はおよそ 10^{-18} 秒、1 keVの電子や数 MeVの α 線では 10^{-17} 秒程度で、この間に荷電粒子と分子内の電子や原子核はクーロン力で相互作用する。クーロン相互作用でエネルギーを付与された分子は $10^{-17} \sim 10^{-10}$ 秒くらいの間に電離や励起を起こす。電離によって正イオンと自由電子の対⁶⁾が発生する。この自由電子を**二次電子**といい分子のイオン化エネルギーより大きな運動エネルギーをもつものはさらに分子を電離する⁷⁾。電離や励起に引き続いて二次電子の熱化やイオン-分子反応、励起分子の脱励起による光子の発生など様々な物理・化学的反応が起こる。全電離のうち一次放射線による直接の電離を**一次電離**、二次電子によるものを**二次電離**という。空気中に電子が入射した場合の**比電離**(飛跡の単位長さ当たりに生成するイオン対の数)でみると、1 MeV以上では一次電離と二次電離はほぼ同程度(約20イオン対数/cm)である。低エネルギーになるにつれ二次電離の割合が増え、100keVでの二次電離は全電離の約3/4を占める。このように直接電離放射線であっても物質へのエネルギー付与は多数発生する二次電子の寄与が大きい。

荷電粒子は物質中での平均の走行距離を**飛程**として定義できる。例えば、5 MeVの α 線の飛跡はほぼ直線的で水中での飛程は約36 μ mである。ただし、質量の小さな電子では飛程が大きくばらつき低エネルギーでは偏向も著しい。放射線物理では、荷電粒子が単位長さ dx の物質を通過した時失う平均の運動エネルギー $-dE$ を用いて**阻止能**($s \equiv -dE/dx$)を定義する。放射線が物質に阻止されるという考えに基づいた概念である。逆に物質の側に立って、放射線化学・生物・医学では放射線の飛跡に沿って単位長さ当たりに物質が付与されるエネルギーを**線エネルギー付与**と定義し

て使用することが多い。阻止能と線エネルギー付与は、荷電粒子の質量と速度、及び物質の種類や密度に依存する。1 MeV の荷電粒子に対する水中の線エネルギー付与を単位 [keV/ μ m] で比べると、電子 2×10^{-3} 、陽子20、 α 線200、炭素イオン500程度である。このような線エネルギー付与の大小は、**吸収線量**（物質が単位質量当たり吸収した放射線のエネルギー [Gy = J/kg]）が同じでも細胞死や突然変異などの生物学的効果を大きく変化させることが知られている。放射線防護分野では発ガンリスクが線質で変化することを考慮して**放射線加重係数**や線エネルギー付与の関数で与えられる**線質係数**を定義し、これらで加重した吸収線量を被曝管理のための線量⁸⁾として使用してきた。

光子は物質中の電子や原子核と電磁相互作用するが、荷電粒子と異なり原子との1回の衝突で吸収が起こるといった大きな特徴がある。従って、光子には飛程は定義できず、光子束の進行方向に沿った光子数 N_p の変化（吸収）が重要になる。入射光子数 N_{p0} の吸収が指数則に従う時厚さ x の物質を通り抜けた光子の数は $N_p = N_{p0}e^{-\mu x}$ で表される。ここで μ は**減衰係数**（物質の**全吸収係数**）で物質の種類と光子のエネルギーに依存する。**光電効果**は、原子がそのイオン化エネルギーより大きなエネルギーの光子を吸収し**光電子**を発生する現象をいう。光子のエネルギーが低く原子番号の高い物質で、しかも強く束縛された内殻電子で起こりやすい。光子のエネルギーが100 keV～10MeV の領域では**Compton 散乱**が重要である。Compton 散乱は入射光子が自由電子⁹⁾と衝突して散乱する現象¹⁰⁾であり、入射光子より長い波長の散乱光子と**反跳電子**が生成する。光子のエネルギーが $2 m_e c^2$ (≈ 1.022 MeV) を超えると光子は原子核のクーロン場と相互作用して**電子**

対生成を起こす。質量 $m_e c^2 = 0.511$ MeV の2個の粒子（電子と陽電子の対）が生成する。8 MeV 以上では光子が核反応（**光核反応**）を起こすようになる。光子による物質の電離・励起では光電子、反跳電子、電子・陽電子対といった二次電子が重要な役割を果たす。

中性子は電氣的に中性なので原子内の束縛電子とクーロン相互作用しない。原子核と衝突すると核力により核反応を起こすが、電離や励起は核反応で発生した二次荷電粒子によるものである。光子と同様にその飛程は定義できない。中性子による核反応は常温程度の熱運動エネルギー（ ~ 0.025 eV）でも起こる¹¹⁾。従って、荷電粒子や光子と異なりイオン化エネルギー以下のエネルギーを持った中性子も放射線防護では重要で、広いエネルギー範囲に亘って核反応の種類と反応の起こる確率（断面積）を把握する必要がある。

3. 放射能

前節で述べたような放射線はどこで発生するのか。我々に関わる主要な放射線源は**放射性物質**（放射性同位元素を含む物質）、放射線発生装置・施設¹²⁾、宇宙¹³⁾の三つである。このうち、放射能は放射性物質を取り扱う時に重要な概念で、二つの意味で使用される。

原子核は常にエネルギー的に安定な状態に自分の構造を変えようとする。すでにエネルギー的に最も安定な状態にある原子核はそのままのようとする。安定な原子核をもつ元素を**安定同位元素**という。エネルギー的に不安定な原子核は自発的に放射線を放出してより低いエネルギー状態の構造に変化しようとする。不安定原子核のこの性質を**放射能**（あるいは**放射性**）といい、ほとんどの場合、放射線の発生をとまなうのが特徴である。放射能のある原子核を持

つ元素を**放射性同位元素**と呼ぶ。放射性同位元素は英語の Radioisotope を略して RI とも通称される。今日では天然及び人工のもの合わせて1,000以上の放射性同位元素の存在が知られている。例えば、原子番号1の水素元素には三つの同位元素 ${}^1_1\text{H}$ (陽子1個中性子0個)、 ${}^2_1\text{H}$ (陽子1個中性子1個)、 ${}^3_1\text{H}$ (陽子1個中性子2個)がある。ここで H は元素記号、上付添え字は質量数(核子数)、下付添え字は原子番号、()内は核子の構成を示している。いずれの同位元素も核内には原子番号に対応する1個の陽子が存在する。同位元素の間で性質が異なるのは核内の中性子の数が異なることによる。 ${}^1_1\text{H}$ と ${}^2_1\text{H}$ は安定同位元素である。トリチウムとよばれる ${}^3_1\text{H}$ は放射性同位元素で、18.6 keV の β 線と呼ばれる電子を放出してヘリウム原子核 ${}^3_2\text{He}$ (陽子2個中性子1個)に変化する。

放射能により原子核構造が変化することを**壊変**という¹⁴⁾。代表的な壊変の種類には、 α 線を放出するアルファ壊変や β 線を放出するベータ壊変などがあり、壊変に伴って γ 線や中性子線が核から放出されることもある。放射能の大きな特徴は原子核の壊変がある確率で起こるということである。つまり、ある特定の原子核の壊変はいつ起こるかわからないが、数多くの壊変を観測すると単位時間当たりの壊変数は放射性同位元素や壊変の種類によってある定まった値を持っている。この壊変率という物理量が放射能という言葉の持つもう一つの意味であり、単位時間当たりに起こる壊変の数の期待値 $dN/dt = -\lambda N$ [Bq=壊変数/s] を放射能と定義する。**壊変定数** λ の逆数が原子核が壊変するまでの寿命の逆数となる。

- 1) 放射線は真空中でもエネルギーを伝える。音波のように、空気や水などの物質中でのみエネルギーを伝搬する弾性波などは放射線に含まれない。
- 2) 静止質量を等価なエネルギーで表すと、電子及び陽電子 0.511MeV、 μ 106MeV、 π 140MeV、陽子 938MeV、 α 粒子 3727MeV
- 3) 1 MeV の粒子の速度と光速の比 $\beta = u/c$ は、電子で0.94、 α 粒子で0.023。
- 4) 電離も励起も起こせない二次電子の運動エネルギーはやがて熱エネルギーとなる。
- 5) 電離能力のない電磁波(可視光、赤外線、電波など)や粒子線は非電離放射線(non-ionizing radiation)に分類される。
- 6) イオン対という。
- 7) 特にエネルギーの大きなものを δ (デルタ)線という。
- 8) 実効線量や線量当量など複数の線量の定義がある。詳細は専門書を参考にされたい。
- 9) 光子のエネルギーが束縛電子の結合エネルギーに比べて十分高ければ原子内の電子を自由電子とみなすことができる。
- 10) 理論的には入射光子が電子に吸収され光子が放出されると考える。
- 11) 原子炉では熱中性子で ${}^{235}\text{U}$ の核分裂を起こしエネルギーを取り出す。
- 12) 原子炉、医療用 X 線発生装置や粒子加速器など。
- 13) 太陽からは光子、電子線、陽子線などが発生する。太陽系外からも高エネルギーの荷電粒子(銀河宇宙線)や光子がやってくる。
- 14) 粒子加速器を用いて高エネルギー粒子を標的原子核に衝突させるなどして原子核に過剰なエネルギーを外部から与えれば安定同位元素であっても原子核の構造が変わり放射線が発生する。このような核反応は放射能による壊変とは区別される。

プロフィール

奈良女子大学で修士取得後1987年に早稲田大学理工学研究科で理学博士取得。大学院時代に電離箱や固体飛跡検出器の基礎を学ぶ。1987年から今の高エネルギー加速器研究機構に在職し現在は放射線科学センター助教授。KEKB ファクトリーなど大型加速器施設の遮蔽設計、電子系加速器の放射線管理業務や放射線検出器の開発研究に携わってきた。1999年から受動型の宇宙放射線被曝線量計 PADLES の開発に従事し、現在も宇宙開発研究機構の主幹研究員として国際宇宙ステーションでの線量測定を継続中。

第2回 個人モニタリングに係る東アジアワークショップのご紹介 (The 2nd East Asia Workshop on Individual Monitoring of Ionizing Radiation)

大洗研究所 佐藤 典仁

弊社では、ガラスバッジ（GB）を用いた個人線量測定サービスを行っておりますが、このガラスバッジによる個人線量測定システムは、我が国が開発した独自の技術であり、現在、フランスの放射線防護原子力安全研究所（IRSN：INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLAIRE）への導入を進めております。概して、原子力・放射線利用の分野においては、国産技術が世界的規模で利用されることは少なかったと思いますが、私どもは、国産技術であり、また弊社の基幹技術である「ガラスバッジによる個人線量の測定技術」を、世界的に広めていきたいと願っております。そこで、まずは近隣のアジア諸国の皆様にガラスバッジの優れた性能を知って頂くことから始めようと、昨年、「個人モニタリングに係る東アジアワークショップ」の開催に協力させて頂いております。

昨年の第1回東アジアワークショップに

は、韓国・中国・台湾・日本の4カ国の先生方に参加を頂きました。今回の第2回東アジアワークショップは規模を拡大して、インドネシア・ベトナム・マレーシアの諸先生にも参加頂き、さらに、クロアチア放射線防護機構（CROATIAN RADIATION PROTECTION ASSOCIATION）のDr. MARIA RANOGAJEC-KOMORに特別講演をお願いして、合計8カ国（総勢71名、うち海外参加者28名）で開催されました。ワークショップは、平成18年12月2日～3日の2日間に亘り、茨城県にある弊社大洗事業所で開催されました。暖冬のためか非常に暖かく、また、来日された先生方から活発な質疑を頂き、盛会のうちに終了いたしました。

ワークショップでは、各国代表の先生方から個人線量管理に係る規制状況、測定の現状、被ばく量の状況などの講演を頂きました。ただ、講演件数が多く、また、幅広い内容のものでしたので、ここでは個々の



ワークショップメンバー



ワークショップ風景



施設視察風景

ご講演についてご紹介はできないのが残念です。ご講演のタイトル等を表に記載しましたのでご覧下さい。

また、東アジアワークショップの終了後に、弊社のガラスバッジ測定設備および校正設備をご視察頂きました。海外の多くの参加者は事業所規模での測定をされていることもあって、弊社のガラスバッジ測定設備の規模の大きさに驚かれていました。

私どもは、このワークショップを通して、我が国の放射線管理や個人線量測定 of 技術・経験をアジア各国のお役に立てることができると感じました。今後も日本の技術を東アジアの皆様を紹介し、また、各国の

情報・状況・事情を共有することにより、共に、より良い放射線安全技術の構築を目指していきたいと考えております。さらに、このワークショップが、私ども東アジアの情報交換や交流の場となり、放射線安全利用の輪が益々広がることを切に願っております。

最後に当ワークショップの組織委員長である大阪大学名誉教授の山本幸佳先生、また、開催に御尽力を賜った西澤邦秀先生、五十棲泰人先生、中村尚司先生、加藤和明先生、金子正人先生の皆様方に厚く御礼申し上げます。

第2回 個人モニタリングに係る東アジアワークショップの講演内容

	座長	タイトル	講演者	国名
特別講演	Prof.Takayoshi YAMAMOTO	Some Aspects of Solid State Dosimetry in Europe	Dr.Maria RANOGAJEC-KOMOR	クロアチア
講演 1	Prof.Kazuaki KATOH	Development of Applied Thermoluminescent Dosimetry in Taiwan	Prof.Pao-Shan WENG	台湾
講演 2		The Established Procedures for Using TLDs with Two TLD-100 Chips and with Two CaSO4:Dy Chips for Individual Monitoring in Dosimetry Laboratory, Centre for Radiation Protection of INST.VAEC	Mr. Manh Khoi VU	ベトナム
講演 3	Prof.Yasuhito ISOZUMI	Issues and Challenges To Sustain Quality Personal Dosimetry Service	Dr.Noriah MOD ALI	マレーシア
講演 4		Individual Monitoring Services in Indonesia	Mr.Otto P. RUSLANTO	インドネシア
講演 5	Prof.Takashi NAKAMURA	Introduction of Personal Dosimeters in CTC and Topics for the Application	Mr.Norimichi JUTO	日本
講演 6	Prof.Takayoshi YAMAMOTO	Criticality Accidents Dosimetry System based on Chemical and Solid State Dosimeters	Dr.Saveta MILJANIC	クロアチア
講演 7		Comparison of Different Dosimetry Systems for Dose Measurements in Diagnostic Radiology	Dr.Djordjica MILKOVIC	クロアチア
講演 8		Science Policy in Croatia	Dr.Franjo RANOGAJEC	クロアチア
講演 9	Prof.Kunihide NISHIZAWA	General Status and Trends of Occupational Radiation Exposures in China	Prof.Weihai ZHUO	中国
講演 10		Radiation Safety Regulatory of Diagnostic Radiology in Korea	Dr.Hyeon Joo OH	韓国
講演 11	Mr.Masahito KANEKO	Korean Accreditation Program to Adopt Recent Monitoring Techniques on Personal Dosimeter	Mr.Won Chul CHOI	韓国
講演 12		Thermally Stimulated Exoelectron Emission and Its Application	Prof.Takayoshi YAMAMOTO	日本

*ご講演資料につきましては、プロシーディングおよびCDROMに収録させて頂いております。

低レベル放射線が人体に及ぼす影響の疫学調査 (その3：疫学調査の前提と交絡因子)

“影響”(=疾病)には複数の要因が存在しているのが普通である。着目している要因と競合する有力な要因のことを交絡因子 confounding factor と呼んでいる。放射線被曝に起因する肺癌のリスク評価を疫学調査により行う場合の喫煙習慣がその例である。

コホート法にしろ、ケース・コントロール法にしろ、疫学調査においては、抽出された標本の性質が、着目している要因の有無を除いて、母集団のそれと同一であることが理想である。両者の性質が“同一”というのは原理的にありえないので、“極めて似ている”ことが現実的要求となる。

畏友金子正人氏(財団法人「放射線影響協会」の前常務理事)のご教示によると、ケース・コントロール法に立脚する疫学調査でも、実際には、質の均質化を図るため、サンプリングされたデータから標本データを作成する段階で厳しいチェックを行うので、先に述べた抽出率は q_1, q_2 共に曝露群と非曝露群で等しくならぬそうである。

このような場合には、相対リスク RR の表式は4種の抽出率

$$q_{11} = a/A, q_{21} = b/B, q_{12} = c/C,$$

$$q_{22} = d/D$$

を使って

$$\begin{aligned} & \{A/(A+B)\} / \{C/(C+D)\} = \\ & : [(a/q_{11}) / \{(a/q_{11}) + (b/q_{21})\}] \\ & / [(c/q_{12}) / \{(c/q_{12}) + (d/q_{22})\}] \end{aligned}$$

となる。

疫学の教科書では、一般に $(a/q_{11}) \ll (b/q_{21}), (c/q_{12}) \ll (d/q_{22})$ を仮定できるとしている¹⁾。すると上記 RR は、

$$\begin{aligned} RR &= [(a/q_{11}) / (b/q_{21})] / \\ & \quad [(c/q_{12}) / (d/q_{22})] \\ &= (ad/bc) / (q_{11} \cdot q_{22} / q_{12} \cdot q_{21}) \end{aligned}$$

と簡単化される。従って $q_{11} \approx q_{12}$ 及び $q_{12} \approx q_{22}$ 又は $q_{11} \approx q_{21}$ 及び $q_{12} \approx q_{22}$ が保障されないとすると、RR = : OR の手法は効力を失うことになる。

標本 c の候補として集めたデータから、(通常得るのが大変であるという意味で) “貴重な” 標本 a を生み出した集団と “できる限り等質と思われる集団” に係るものだけ抽出して標本 c とするときには、

$$q_{11} \sim q_{21}, q_{12} < q_{11}$$

となる例も多いと思われるが、 $q_{12} \ll q_{22}$ とすることが出来れば、(実際は RR = 1.0 であっても) OR = $(q_{11} \cdot q_{22} / q_{12} \cdot q_{21}) > 1.0$ となってしまう。

標本の数値が小さいときには、それらを四則演算して得られる計算の結果は、統計的変動により品質(評価した値の精度や確度)が大きく損なわれることにも注意しなければならない。

1) 例えば、鈴木庄亮、久道茂：シンプル衛生公衆衛生学2005，第2章疫学，南江堂、第1版1986年発行、2005年版2005年3月10日発行。

サービス部門からのお知らせ

4月1日はガラスバッジの交換日です。

弊社モニタリングサービスをご利用くださいますありがとうございます。

皆様、4月1日はガラスバッジ、ガラスリングの交換日です。

平成18年度の個人線量の集計は平成18年4月1日から本年3月31日までのご使用分が対象です。平成18年度内にご使用分のガラスバッジのデータが揃った方を対象に、法定管理帳票として「個人線量管理票」が出力されます。

ご使用期間が3月31日までのガラスバッジは、ご使用期間終了後、速やかに弊社測定センターまでご返送くださいますようお願いいたします。

4月1日の交換時期が遅れてしまいますと、年線量限度と対比する個人の年線量の値が正しく集計されない場合がありますのでご注意ください。

なお、4月1日以降のご使用分は新たに平成19年度分の個人線量として四半期ごとに「個人線量管理票」がプリントされます。
(サービス課：野呂瀬)

編集後記

●東京は初雪を見ることもなく、春一番が吹き荒れたように暖かい冬でした。私は福岡から東京に単身赴任していますが、実家の近くにある大宰府天満宮の飛梅（「東風吹かばにほひおこせよ梅の花 あるじなしとて春な忘れそ」と詠まれた菅原道真公を慕って、京から一夜にして飛んできたと伝えられる極早咲きの梅です）は、今見ごろを迎えています。是非一度お出かけくださいと申したいところですが、本誌がお手元に届く頃には梅の季節から桜の季節に移っていますね。来年是非どうぞ。（節分が過ぎたばかりなので、鬼が笑っていますね）また桜は、2～3月の気温が高ければ高いほど早く開花するそうです、今年の花見は例年より早くなるのでしょうか。

●4月は、新入生、新入社員を迎える季節です。そこで、今月号から新たに放射線を利用した業務に就く人や放射線管理業務に就く人を対象に、「初級放射線教育講座」を開講することにしました。第1回

は「放射線と放射能」について高エネルギー加速器研究機構の俵裕子先生にご執筆いただきました。第2回「放射線の量と単位」、第3回「放射線の人体への影響」と続き、全14回の連載を計画しております。放射線についてはほとんど知識がない人でも十分理解できるよう編集していきたいと思っておりますので、放射線教育の資料として、また一般公衆へ放射線・放射能の説明資料として、等々ご利用いただければ幸いです。

●この他今月号では、放射線医学総合研究所の施設訪問記（重粒子線によるがん治療装置等のお話をお伺いしています）や日本分析センターの太田智子先生にご執筆いただいた「食品試料の放射能調査」（ポロニウム210の話題もでています）など盛り沢山の内容となっています。

●今後も放射線管理や放射線利用の話題を中心に様々な情報を提供して参りたいと思います。（小迫）

FBNews No.364

発行日／平成19年4月1日

発行人／細田敏和

編集委員／佐々木行忠 小迫智昭 中村尚司 久保寺昭子 金子正人 加藤和明

山口和彦 藤崎三郎 柚木正生 福田光道 野呂瀬富也 丸山百合子

発行所／株式会社千代田テクノロ 線量計測事業部

所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話／03-3816-5210 FAX／03-5803-4890

<http://www.c-technol.co.jp>

印刷／株式会社テクノロサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円（本体381円）