

第14回放射線利用総合シンポジウム（平成17年1月21日 建設交流館にて開催）より

1. SPring-8を用いる蛍光X線微量分析

—細胞1つの分析から材料中不純物の解析まで—
 広島大学大学院工学研究科物質化学システム専攻
 助教授 早川 慎二郎

最初はおなじみのSPring-8を利用する蛍光X線分析の最近事情について話して頂きました。

原子の最内殻(K殻)電子を励起して外部に弾き出すエネルギーは、その原子の吸収スペクトルの中で最大値に位置するので‘K吸収端’と呼ばれ、X線領域にある。原子にこれと同じエネルギーのX線を照射すると、K殻電子が飛び出し、その跡をを埋めるために上のレベルから電子が落ちて来て、二つのレベルのエネルギー差が蛍光となって発光する。この蛍光のスペクトルは原子に固有であるため、元素の分析に利用出来、これを蛍光X線分析法という。

SPring-8で利用出来るX線はあらゆる元素に高輝度で対応しているので、極微量の分析に力を発揮し、これまでにも、有名なカレー砒素事件などで話題を提供した。今回は、電子蓄積リングの直線部分に反対極の永久磁石(磁場)が交互に並ぶ‘アンジュレーター’と呼ばれる挿入光源を置き、(輝)線スペクトルではあるがさらに高輝度化したX線を用いたので、検出限界も50ag(5×10^{-17} g)となった。このビームラインの高感度に基いて、マイクロビーム化された“放射光エックス線分光顕微鏡”を構築したので、これを利用した実験をいくつか紹介する。ビームサイズは $2 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ で試料を移動させてデータを取った。なお、輝線のエネルギー位置は変えられるため実験的には連続光と見なせる。

まず、生体組織の微量元素の分析では、①腎臓の組織について細胞毎の水銀や亜鉛の分布を調べることで、未だはっきりしないイタイイタイ病の病因に迫る、②甲状腺の中で袋状に並ぶ個々の胞上皮細胞についてカルシウムや沃素の分布を調べ、甲状

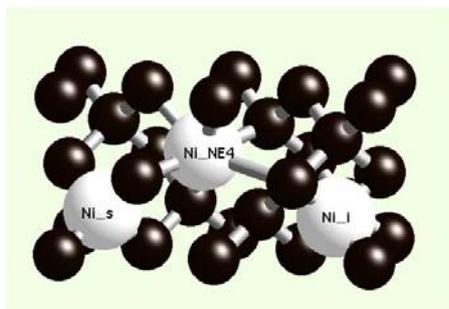


図1. ダイヤモンド結晶内Niの侵入型と置換型

腺ホルモンが作られる過程を生きたままの状態を調べる、③放射線に対する修復酵素の中心金属はZnなので、HeLa細胞を使い、さまざまな条件でZnの存在状態を追跡して修復酵素の働きを調べる、などの例がある。

その他、エアロゾルに微小分析手法を用いて、黄砂粒子のイメージングを行い、元素プロフィールを作成して、土壌粒子毎の起源や履歴を追跡する研究や、合成ダイヤモンドの不純物解析の研究などがある。ダイヤモンドでは、種から結晶を成長させるとき、鉄族系の不純物があると安定相の温度が下がるが、その原因を知るためにNiについて元素の存在状態が分かるEXAFS(Extended X-ray Absorption Fine Structure)データを取り、周囲の構造を考察したところ、その存在状態として侵入型と2種類の置換型があることがわかった。(図1. 参照)

この後、質疑の中で「生きたままの観察」について質問がありましたが、線量にするとMGyのオーダーになるので細胞は数m秒で死ぬとか。そのため、あらかじめ凍結したり、細胞をつぎつぎと移動させる、などの対策が取られているとのことでした。

2.放射光を利用した古代青銅鏡の研究

財団法人泉屋博古館学芸課 広川 守

日本の古墳から多数発見され、卑弥呼の鏡ともいわれる三角縁神獣鏡は謎の多い古代の遺物です。最近、それらにSPring-8の光をあてることによって歴史の解明に寄与しようという試みが進んでいます。ここでは青銅鏡の所蔵で知られている泉屋博古館の広川氏に中国の古代鏡も含めて研究された最近の成果について話して頂きました。

中国では鏡は姿見だけでなく、何かしら魔力を持ったものとして珍重され、4000年も前から作られて来たが、戦国時代のBC400年頃から本格的になり、前漢、後漢時代に大流行した。刻まれている文字や文様を調べると、最初は人々の思いや忠誠の心をこめる風だったものが、紀元前後になると「子、丑、寅・・・」などの方角や守護神といった、当時の宇宙観や思想がこめられるようになる。1世紀ころになると、宇宙観に加えて不老長寿の願いをこめた仙人思想が現れ、さらに2~3世紀に下ると、神様とそれを守護する獣を掘り込んだ、いわゆる神獣鏡となる。このように鏡はそれぞれの時代を反映した人々の思いや宇宙観、社会の風潮などまでも表現した中国独特の先

進性の強いものであったと言える。

一方、日本で発掘される鏡は神獸鏡の一種ではあるが、直径20cm以上で縁がひときわ高くなっており、その部分の断面が三角形のため三角縁神獸鏡と呼ばれるが、このタイプは中国では1枚も出土していないのである。これが大量に出土する前期古墳の時代は3世紀後半から4世紀にあたり、大和朝廷が成立した時期に重なるので日本歴史上重要な意味を持つと考えられるが、どこでどのように造られたか、長年の研究にもかかわらず、今だに分っていない。説としては、中国、日本、あるいは技術者が日本に来て作ったなど、さまざまあるが、鑄型も見つからないので解決の糸口もなく、推測の域を出ない。一つ言えることは、早い時期のものは精巧に出来ているのに、4世紀のものは彫りの歯切れも悪く、全体に粗雑な出来で、それらは純粋に日本で真似た物ではないかと推測されることである。

SPring-8による蛍光X線法では極めて微量な成分を調べられるので、主成分である銅、鉛、錫以外の不純物である銀(Ag)とアンチモン(Sb)に注目し、それぞれの錫に対する比を年代のはっきりした中国鏡69面、日本で作られたことがはっきりわかっている鏡18面と問題の三角縁神獸鏡8面を対象に測定した。

予備実験として表面状態の影響を調べ、比較的不安定な値を与える鍍の厚い部分を避けて得た銀とアンチモンの含有率を、それぞれ、縦軸と横軸にプロッ

トしたのが図2である。

これによれば中国鏡では、戦国時代、前漢時代前期、同後期～三国時代と時代によってそれぞれ分布の範囲が異なっており、とくに三国・西晋時代の神獸鏡は狭い範囲に集中していることが分かった。これに対し、日本の古墳時代鏡はどの中国鏡とも異なる、広い範囲に分布している。一方、三角縁神獸鏡8面のうち、6面は狭い三国神獸鏡の分布域に収束し、比較的、出来の粗雑な2面は範囲の広い古墳時代鏡の分布域に現れるという結果となった。

材料がインゴットで輸入されていたことも考えられるので、これだけの結果で6面の三角縁神獸鏡が中国で造られたとは言えないが、時代によって材料が変化していることを、この手法で明らかに出来たと考えられるので、今後さらにデータを増やして行けば、いろいろな議論が出来ると期待される。

3. 暮らしと放射線に関する女性層への理解促進活動

WIN-Global・WIN-Japan会長

日本原子力発電株式会社 小川順子

小川氏は原子力や放射線関連の職場に働く女性達のために、放射線についての正しい知識を学んで貰う勉強会を開くなどの活動を、世界レベルの組織に足場をおいて進められています。講演ではそこで得られた効果のある活動のポイントとノウハウを披露して頂きました。

最初に、あらかじめ配布された、放射線のことを説

明した小冊子について説明がありましたが、これは肩書きにあるWIN (Women In Nuclear) や、WEN (Women's Energy Network) の活動の場で、参加者からよく得られる質問をもとに編集したそうです。その放射線を説明する所で出て来るシーベルトという単位は難しいのですが、これをカロリーのようなものと言い換えて説明しているとのこと、身近な言葉への置き換えが新鮮な印象を受けました。

小川氏の活動は女性や子供に原子力・放射線の

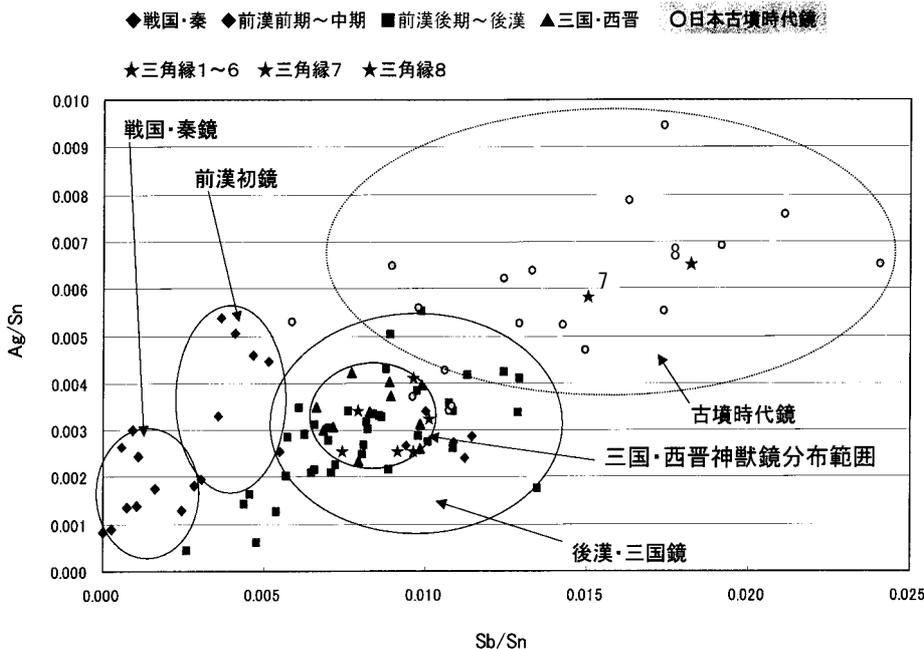


図2. 各種中国鏡と三角縁神獸鏡の分布状況

理解を図ることや、他の分野に比べ、男女共同のスタンスを持つ点で特に遅れている実情を変えて行くことにあり、テーブルトークで話をしたり、井戸端会議的な勉強会で情報を交換しながら試行錯誤を続けているということです。ただ単純に、「怖い」というイメージしか持たない門外の人に、放射線・放射能について話し掛けるさまざまな語り口は、文学部出身ならではのユニークな発想と専門分野の人間では気付かない視点が有用であることを印象付けられました。

面白い提案のひとつに、アンケートの取り方がありました。たとえば「ラジウム温泉やラドン温泉には放射線を出す天然の放射性物質が含まれている」とか「私たちが日常食べたりしている牛乳、米、昆布などの食品にも放射線を出す物質が含まれている」のように事実を記述する設問を並べ、これに「知っていた」「知らなかった」などの答えを求めるようにすれば、問題を読む事で自然に放射線の知識が身に着くというのです。また、勉強会の効果を上げるには一回で終わらないことと、わかりやすい表現を工夫する必要があるとのこと、いずれももつともです。

たとえばリスクの説明をするのに専門家は 10^{-4} とか 10^{-6} などという表現をするが一般人にはわからない。その点、Cohen博士の‘何日寿命が短くなるか’とい

表 1. 生活行為のリスク：損失寿命比較

(単位：日)

比較する生活行為	Cohen 1979年、米国	本研究 2003年、日本
独身(男性)	3500	948
喫煙	2250	2208
心臓病	2100	618
独身(女性)	1600	607
肥満	1300	1412
ガン	980	1137
脳卒中	520	515
自動車事故	207	91
肺炎/インフルエンザ	141	308
飲酒	130	77
自殺	95	195
殺人(他殺)	90	7
大気汚染	80	26
エイズ	70	0.26
火事/火傷	27	9
自然放射線	8	12
航空機事故	1	0.4
原子力産業	0.02	0.012
地層処分	0.007	0.006
屋内煙検知器	-10	-6
エアバッグ	-50	-22

(日本原子力発電機、東京工業大学2003年)

う表現は誰にもわかり易いのではないかと考えた小

川さんは、日本でも同様のデータを出す企画を発案、プロジェクト申請が通って東京工業大学との共同研究で表 1 のような結果をまとめられています。日米の国民性の違いがわかる面白いデータでもありますが、確かに、これでも放射線は大きな社会問題になり得るのかとマスコミ記者に聞きたくなる、分かり易いデータと言えないでしょうか。質問時間では専門家の質問にやや汗する場面も見られましたが、その行動力と新鮮な切り口に拍手を送りたい講演でした。

4. 放射線による宝石の着色

大阪大学名誉教授 藤田英一

宝石の美しい色はどこから来るのか。多くの女性には気になるところですが、科学的見地からも興味のある話です。また、放射線で色が変わるのは何故なのか、と言う疑問もあります。それらを宝石の発色原理に関連させて話して頂きました。原理は一概ではなく、いくつかの種類に分類されるということで、話はまずダイヤモンドから始まりました。

ダイヤモンドはカナリア色といわれる高価な黄色もあるが、概して黄色味の強い方が価格が安く、無色や異色のものがより高いとされる。両者の違いは紫外領域の吸収端波長に基づいており、それが340nmのI型は色が濃く、白色は225nmのII型に分類される。これら二つの型は不純物として含まれる窒素量の違いに依っている。つまり、窒素は5価の元素なので、4価の炭素だけからなる結晶の中では窒素の周りで一つの電子が過剰となり、固有の電子準位が生じて発色をもたらすのである。I型ではその含量が0.3%と比較的多く、II型ではppm以下と極めて少ない。また、I型では窒素原子が単独か、または2~3原子の集合状態にあるかによって、色合いも変わる。一方、II型にはホウ素による青色など窒素以外の異原子混入型も含まれる。(表 2. 参照)

表 2. ダイヤモンドの科学的分類表

I (紫外吸収端 340nm, 赤外吸収、N~0.3%, X線散乱乱雑, 硬度, 強度大)	I a (黄色, オレンジ 赤外吸収 7.8 μm N 集合体)	I aA (赤外 A バンド 7.8&8.2 μm, 弱い ESR[N dimer])
	I b (ESR P1 center[N single, Tiffany yellow])	I aB (赤外 B バンド 7.5&8.53 μm, 弱い ESR[N tetra+V])
II (紫外吸収端 225nm, N 量 ppm 以下, 強度, 硬度小, 熱伝導良)	II a (淡色, 白色, N 極微量, Al などの不純物で薄く発色)	
	II b (P 型半導体 青色 [B 不純物等] 赤外吸収 3.4 μm)	

他の宝石では、まず、アルミナ (Al₂O₃) の結晶を主体とするのがルビーとサファイアだが、色の違いは、含まれる不純物にあり、クロムを含む赤いものがルビー

一である。また、珪酸塩の宝石も多く、 SiO_2 のみを骨格とする透明の水晶に不純物として鉄(Fe)、マンガン(Mn)、チタン(Ti)などが入って、アメジスト他となり、骨格にMg-Al、Cr-Ca、Ca-Alなどが加わった三元系、さらには四元系の珪酸塩岩石と同様の不純物が入って、さまざまな色合いの宝石が出来る。こうした珪酸塩系にはガーネット、トパーズ、エメラルド、翡翠などが含まれるが、いずれの場合も不純物として微量に含まれる遷移元素類が発色剤となっている。その他、トルコ石はリン酸塩系であり、真珠、珊瑚、琥珀などは生物起源である。

発色が不純物によるのはダイヤモンドと同様の理屈である。また、カラフルさにおいて遷移金属が有効なのはd軌道電子が寄与するからで、このことは有機物の絵具や塗料などにも共通している。これら異原子の存在を点欠陥と呼び、発色するので色中心とも呼ぶ。

岩石には異物の代わりに原子が在るべき場所から抜けた‘格子欠陥’も多数あり、そこで生じる電子準位が色合いの変化に寄与する場合も多い。

放射線をあてるとそのエネルギーによって原子の位置がずらされるので、格子欠陥を人工的に作ることが出来る。つまり、放射線によって宝石の色合いを変えることが可能である。放射線としては中性子線、電子線、ガンマ線などいろいろ考えられるが透過性の良いガンマ線は均一に分散した欠陥を作れるので好都合である。具体的な商品としての事情はどこでも教えてもらえないが、宝石個々の照射効果や適切な線量については予測の計算より実測の方がベターなので、経費なども含め、放射線施設に直接尋ねるのが良いだろう。

なお、人工的に着色する例としては、他に、水晶、瑪瑙、珊瑚などが多孔性であることを利用して、色素を浸透させる方法が行われている。要注意である。

5. 放射線影響教育の将来展望

—放射線生物学は生命の謎を解く鍵—

京都大学原子炉実験所・放射線生命科学部門
渡辺正己

次は、将来が危ぶまれている放射線研究をどう考え、教育上、どのように対処して行くべきかを放射線生物学のみならず、広い視野から考えるホットな話をして頂きました。

「放射線でなぜガンが治るのか」の疑問を出発点にして、放射線の細胞分裂への影響やガンの起こり

方などを調べる過程で、細胞にとって放射線は生命維持活動へのストレスの一つに過ぎないと気付いた。つまり、もともと敵だったはずの酸素はもちろん、気圧、温度その他、もろもろの条件も本来ストレスであって、それらに長い時間をかけて対応して来た細胞は、よく調べて見ると、これらすべてのストレス(人間では精神的ストレスもその一つ)に対して、同じ機構で対処しているのである。そこからは、生命そのものの姿が見えて来るので、放射線という物理化学的ストレスを介して調べようとしている21世紀の放射線生物学は生命科学を解く鍵になるはずである。

その意味で学生には、放射線の研究は今一番面白い領域だと言っているが、実情は不人気でなかなか学生が集まらない。不人気の原因は過剰に危険視される世情にあり、それほどに至った理由は、原子力が最初にセンセーショナルな使い方をされたからである。その後、さらに事故が頻発したことも重なったが、その際に何が起きているかを明確に示せなかったことが不信を呼んだと思われる。リーダーシップを取るべき原子力関係者の生体影響に関する知識が曖昧だったのである。われわれ専門家の認識でも、怖いものではないが全容は明らかになっていない。

ただ、放射線は原子1個でも検知できるし、危険を承知の世界だから管理が完全なため、技術としてはもっとも安全なものである。その上、常に最先端の研究が行われているので、いわば華のある領域だ。

放射線の生体影響メカニズムを知るには単純に $A+B=C$ のような古典的關係を超えた量子化学的対応が必要である。それは放射線の基本式 $E=h\nu$ とアインシュタインの式 $E=mc^2$ を結ぶと「放射線エネルギーは物質である」という量子力学的結論が得られることから分かる。いずれにしても、この重要な放射線についての教育は、入試に出ないということで、小、中、高のどのレベルでも殆んどされていないのが現状だ。大学医学部の放射線科ですら、治療法は教えても生体影響の時間は極めて少ない。原子力に関係するところでも事情は同じである。

なぜこんな状態になっているのか。その背景には江戸から明治期にかけての西洋文明の受け入れ方に問題がある。それを良しとして受け入れ、産業振興を図って国力をつけるために大学には世界に例の無い工学部を作った。そこには経済優先の価値観があり、心の問題に資する文化的価値観は未成熟なまま、100年以上が過ぎた。その結果、今、あってはならな

い事件が頻発して歯止めがかからないが、これは社会疲労以外の何者でもなく、その大きな原因は社会の価値観が経済に傾き過ぎているからである。

経済的な競争原理で生き残れる人は一握りであり、成功した人でもすぐ疲労してしまうのが歴史の繰り返して来たところ。今こそもっと他の考えを容認する多様な価値観を見直し、文化的成熟を図って、人に目を向けた施策をすることである。そのためには科学技術ではない本来の科学、サイエンス、を振興し、好奇心にのっとって物の本質を問う知的な人間を養成することしかない。今、独創の必要性が盛んに叫ばれているが、競争から独創は絶対生まれない。日本人は元来勤勉だったから、多様な価値観に目覚め、社会が成り立つ基本である「なまけない」、「嘘をつかない」を守って努力すれば立ち直る希望があるはずだ。

以上、後半は情熱が迸るような熱演で、一々がもっともと頷けることばかりでした。筆者には、その「独創性」すらが“経済的な果実を得るために”とのフレーズが付いているように思えます。

6. 溶融塩高速炉に関する設計研究

核燃料サイクル開発機構

大洗工学センター 此村 守

現在実際に使われているのとは方式が全く異なる溶融塩型の原子炉は理想的なシステムと言われます。実際に研究されている此村氏にその考え方と将来性について解説して頂きました。

溶融塩とは比較的低温で融解するイオン性化合物の総称で、中でも放射線の影響を受けにくい物質を選んで原子燃料を溶解し、核反応を行わせると、反応の熱で融けた液体状の塩を回すことによって、直接、熱エネルギーを取り出す炉が設計出来る。一般の原子炉と違うのは、燃料自体が液体状で反応炉と熱交換器の間を回っている点である。

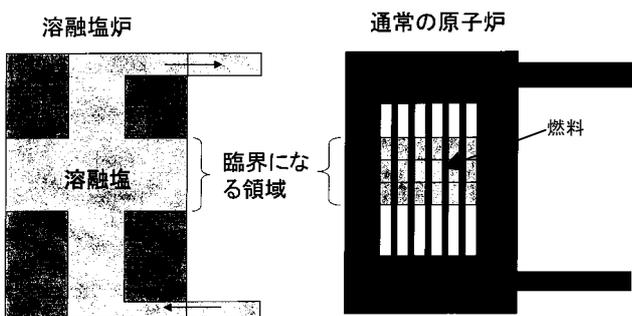


図3. 溶融塩炉と通常の原子炉との違い

アイデアは古く、すでに1954年頃から10数年のうちに米国で、二つの実験プラントARE、MSREが設計・運転され、それぞれ、2.5MW、10MWの出力を得た。最近では、増殖を狙ったMSBRがトリウム-ウランサイクルで電気出力100万kW規模で設計されており、日本でも古川先生のグループがFUJIの名前で概念段階の検討を行っている。いずれも熱中性子炉型である。

溶融塩炉は炉心の構造が単純なこと(図3)の他、燃料をポンプで循環するのでシステム内に再処理系を組み込める、ガス状核分裂生成物を連続的に除去することが出来る、溶融塩自体は放射線損傷を受けない、水や空気と化学的に不活性、大きな負の反応度係数を持っているなどの点がある。負の係数とは、温度が上昇すると体積が膨張して燃料密度が低下し、反応が抑えられることで、臨界状態が暴走しない、つまり、爆発がないことを意味している。

一方、欠点としては燃料が移動しているので遅発中性子と出力密度の関係制御が複雑、構造材料が酸素や水による腐食に弱い、融点が高いので(通常5~6百度)系全体を高温に保つ必要がある、一次系機器が放射化されるので遠隔操作技術が不可欠である、などが挙げられる。

この溶融塩炉を用いて高速中性子を用いた増殖炉の設計要件を検討してみた。過去のレビューとして1960年頃、Oak Ridge 国立研究所で、熱中性子炉にはフッ化物、高速炉には塩化物が適しているとの研究報告があり、同じ頃にポーランドでも塩化物が良いとしている。また、この塩化物方式はウラン・プルトニウムサイクルのため、現在の国内事情と整合する点も考慮して、本研究で採用した。二次系冷却材として鉛を採用するなどいくつかの要件を設定したが、出力は、融点あまり高くないように燃料濃度を抑える必然性から、軽水炉やNa炉の数分の1に相当する $40W/cm^3$ となった。

計算によればプラント寿命40年で取り出し燃焼度は5万MWd/tとなり現在の軽水炉の値と変わらない。これではウラン資源の有効利用のためには不十分で、改善すべき点が多いが、出力密度を上げると遅発中性子の寄与する割合が下るなど、数々の難しい点が見えて来た。

このように溶融塩のシステムは原理は理想的であるが、実用システムとしては、今のところ現実性が薄い。将来、技術の向上で補えるところもあると思われる。

るが、解決すべき課題を挙げると、①出力密度を上げるため、炉心サイズの要大型化。②安価な熔融塩閉じ込め材料の開発③境界への立入り・接近の可能性対策④経済性などがある。

以上、マイナーな結論が並びましたが、何故今、研究か、の質問に対し、1940～50年代の増殖炉の検討で4通りほどの可能性が出され、最終的にNa炉に集約したが、50年経った今、新しい技術環境で、改めて可能性を検討したとのことでした。

7. 原子炉中性子による脳腫瘍の治療 —細胞選択的照射を目指したホウ素中性子捕捉療法—

京都大学原子炉実験所 教授 小野 公二

最後は誰にも関心の深い医療関連で、京都大学原子炉実験所で進められている「中性子によるがん治療」について、最近の事情を話して頂きました。

中性子は電荷を持たないので、原子・分子レベルの物質とは干渉せず、原子核とのみ反応する。生体内では窒素原子核が比較的高い反応性を持ちプロトンを出す、それより2000倍も反応性の高いホウ素原子核はα粒子を出し、その飛程はほぼ細胞の大きさに近い。そこで、あらかじめホウ素をガンに取り込ませておいて中性子を照射すれば、正常細胞を傷つけることなくガンのみを殺すことが期待できる。また、アルファ粒子は生物効果が高く、生残率曲線は肩のない直線となる(図4参照)上に、致死損傷の回復がなく、また、γ線に見られるような照射による放射線抵抗性が現れない利点もある。このような治療法をBNC

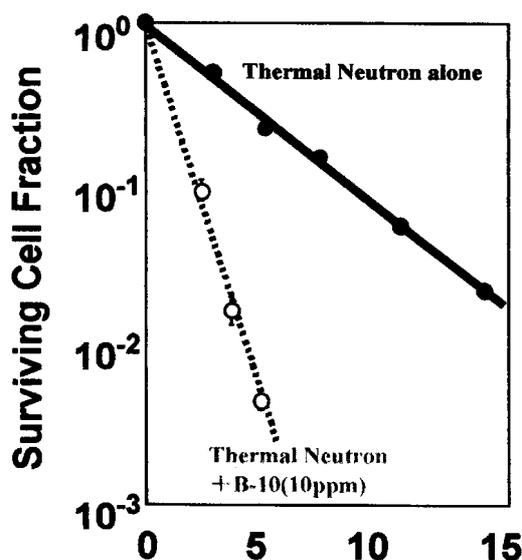


図4. 中性子の致死曲線とホウ素導入の効果

T(Boron Neutron Capture Therapy)と呼ぶ。原子炉で得られる高速の中性子はホウ素との反応性が低いので、通常は重水素層で低速化した熱中性子を利用する。ただ、組織への深達度が15-6mmと浅いため、重水素の厚みを加減して得られる、やや高熱性の中性子も、より深部まで到達してから熱化する点で利用価値がある。

BNCTは京大原子炉では1974年に初めて実施された。その時はさまざまな抵抗要因があって1例のみで休止されたが、1989年になって再開し、以後、新しい展開も見られている。すなわち、ホウ素を取り込ませるのに、新しく、分裂の旺盛な細胞に集まり易いBPA(Boronophenylalanine)という化合物にPETでおなじみの¹⁸FでラベルしたFBPAを開発したが、これを使うと、腫瘍の画像データが得られ、中性子の取り込まれる位置や量が分かるので、治療計画がより綿密に立てられるようになったのである。

実際の臨床試験ではホウ素の担体としてこのFBPAとBSH(ホウ素原子が12個籠型に結合しSH基が付いた水溶性化合物)の2種類が使われている。BSHは特に細胞選択性はないが血液脳関門が破綻した組織に浸透するので主として脳腫瘍の治療に有効で、それぞれの特長があり、また、両者の併用も有効な場合がある。

これらの原理を基にして京大炉では1990年から悪性神経膠腫77例、悪性黒色腫19例、さらに、2001年12月から再発頭頸部ガンについても5例の試験治療を試みて来た。いずれも原子炉医療委員会の審査を経たものであるが、5年生存率の詳細な解析によると、治療成績はエックス線照射を主軸とした標準治療に比べて優れていた。

現在、肺ガンや肝臓ガンなどにも研究対象を広げているが、一般に皮膚表面はまったく影響がなく、ある再発例で評価線量が38Gy相当と計算された時、さらに48Gyまで照射してよい結果を得るなど、工夫次第で原理的には100%治せると考えている。原発性、転移性を問わず、散在するガンには特に有効なので、今後の目標はBPAのがん細胞選択性をより高めることである。

講演の終わりに際して、二十世紀の治療法のパラダイムが領域選択性であったとすれば、つぎの目標は細胞選択性であり、その意味でBNCTは次世代の治療法であると位置づけたいとの希望が述べられました。中性子施設が必要に追いつくかは問題ですが、人類にまた一つの新しい夢が広がりました。(藤田記)