




第13回放射線利用総合シンポジウム開催さる。

平成16年1月23日、当協会および大阪府立大学先端科学研究所共催、恒例の「放射線利用総合シンポジウム」が大阪市西区の建設交流館で開催された。今年も宇宙科学をはじめ工学、医学など各界で活躍されている7人の講師にお願いして先端的な内容の講演をして頂いた。参加者は100名を超えた。以下にその内容の要点を紹介する。

1. ゴム・プラスチック製品へのダイヤモンド状炭素膜コーティング

日本アイ・ティ・エフ株式会社技術部 中東孝浩
最初の講演は放射線の親類とも言えるプラズマを応用したDLC(Diamond-like Carbon)と略称される工業技術の紹介である。まず、見本が回されたが、実物は片面がやや堅く、すべすべした感触のシリコンゴム薄板であった。当然、伸縮も可能なのだが、この滑面の摩擦係数が極めて低いので摩擦を伴うさまざまな部材への応用が開けている。

作り方は真空中、プラズマの中で炭化水素を分解し、炭素原子をいわゆる化学蒸着するもので、 sp^2 と sp^3 結合がほぼ対等に混じり合い、H原子が数十%残っているということである。製造温度は60位まで下げられるとか。構造的には結晶とアモルファスの中間に位置するらしいが、その sp^3 部分がダイヤモンド様の硬度をもたらすと思われる。

	ダイヤモンド	DLC膜	グラファイト
構造	 ダイヤモンド構造 (sp^3) 元素:C	 アモルファス構造 (sp^3) 元素:C,H	 グラファイト構造 sp^2 元素:C

高硬度に加えて表面の平滑性が良いので、耐摩耗性、低摩擦性、離型性、潤滑油不要などの他、ガスバリア性、耐薬品性などもあって極めて広い応用が考えられている。グリースレスの特徴を生かして、風呂や温水器の湯水切替え栓部分のオリ

ングに使われるなど、すでに日常では意外に身近な存在になっているということだが、その他、ハードディスクや監視カメラの回転軸、刃物へのコーティング、金型、メディカル用途などさまざまな利用例が紹介された。

その他にもいろいろ面白い性質が見つまっているようだが、なにより材料が炭素と水素のみなのに加え、応用面でグリースが不要になるなど、現代社会が求めている環境への寄与も大きく、まさに夢の技術と言えるのではないだろうか。

2. ニュースバルと放射光の本格的産業利用

姫路工業大学 高度産業科学技術研究所
安東愛之輔

兵庫県は重厚長大の産業に加え、ハイテク産業の面でも地盤を築くべく、すでに著名なSPring-8を設置して原子力とは一味異なる独自性を見せているが、その後、さらに県下企業によりハイテク化をめざして姫路工業大学に中型の放射光装置「ニュースバル」を設置した。

ここではその概略について話してもらった。

この装置はSPring-8と同じ敷地内で電子線入射用の加速器を共用しており、少し波長が長く、強力な軟X線を出すことで、産業利用の本格化を目指している。

まず、基礎研究としては、これまで極超紫外光が使われて来た半導体リソグラフィ技術について、最小寸法をより縮めた超LSI素子の開発と大面積化がある。その他、テフロンやポリイミドの表面改質、ディスプレイ用ライティングパネルやその検査システムの開発などへの取り組みがある。また、短パルス化やレーザー

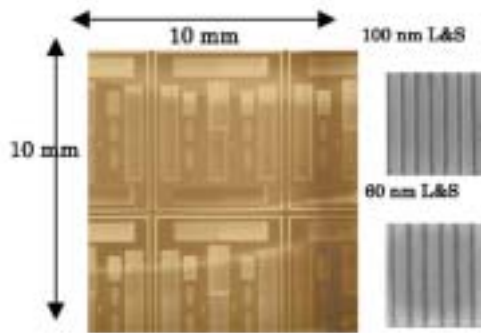


図5. 大面積転写パターン

ビームとの相互作用を図る研究など、SPring-8では対象としていない新しい光源開発への挑戦も行われているということだ。

本格的な産業利用では微細加工技術、いわゆるLIGAにおいて消費電力の少ないライティングパネルなどの量産化で企業との共同研究が進んでいる。講演では触れられなかったが、配布された資料によると現時点での利用形態は必要経費を互いに分担し合う企業と大学との共同研究しかない。ただし、ここではニュースパルの運用に必要な経費は一切含まれていないとのことである。

3. 放射線利用の国際的展望

内閣府原子力委員会委員 町 末男

演者は今年、内閣府原子力委員会委員に就任されたが、これまでに約10年間、国連の原子力機関IAEAで事務次長を務めて来られ、国際的見地からの広い視野をお持ちである。

IAEAは核兵器の拡散を防ぐのが目的と考えられ勝ちであるが、本来は原子力の平和利用促進が重要な仕事であり、特に、国連の役割の一つである貧困をなくすことでは、放射線利用の技術が大変役立っていると強調された。この技術には様々な側面があるが、貧困との関わりでは、農業、医療への利用が特筆される。特異な例としては地雷撤去への利用もある。中性子を利用し、ダイナマイトの窒素原子を対象にして爆発の危険を冒さずに検知する技術が使えるのである。これはまた農業面で大豆の窒素固定能測定に応用され、食料

増産技術の開発に寄与している。

食料増産の点では放射線は農産物品種の改良に役立っている。ジンバブエではより少ない化学肥料でより多くの収穫量を得る作物の開発や耐病性の付加、ペルーではオオムギの高地適性能獲得種、中国、ベトナムでの米の増産種などの例がある。日本でも二十世紀梨の黒斑病耐性化は良く知られている。沖縄のウリミ蠅対策で有名になった害虫の不妊化法はリビアでも応用されており、南米ではツエツエバエの撲滅に役だっている。

最近の話題はやはり食品照射である。日本での認可はジャガイモのみに留まっているが、すでに40カ国以上で100種類を越す食品に利用されている。米国では肉類の照射が始まっているが、毎年、サルモネラ菌他による食中毒患者が400万人にも昇り、死者も500人を越すとあって、マスコミもそれしかないと言っているそうである。



アメリカで売られている照射したハンバーグ用ひき肉の箱

WHOが10kGyまでの照射食品については健全性が確認されたと宣言して既に20年以上になる。輸入食品に依存度の高い日本が、スパイスの認可をめぐる逡巡する状況をいつまで続けていられるだろうか。国内での必然性が低いことも手伝っていると考えられるが、心情的な議論だけは早く抜け出すべきではないか。

医療への利用は他の講演に譲るとした上で、その他、酸性雨対策や各種新材料創製など工業利用の話題も多いとの話に続き、最後に国際機関への日本人の参加が少ない実状について述べられた。講演はこれについても積極的な参加の機運を期待したい旨の言葉で結ばれた。

4. 宇宙における元素創成

私たちが存在する偶然の幸運

理化学研究所 望月優子

演者らのグループは最近「元素誕生の謎にせまる」と言うタイトルでビデオを制作し文部省や米国の学会などから受賞されている。講演ではまず30分ほどそのビデオの一部が流されたあと、理研における最近の研究の動向が紹介された。

ビデオではビッグバンに続く冷却期間に出現した電子、陽子、中性子がやがて結合して水素やヘリウムの原子が生まれる話から始まり、各種の星の中で起きるCNOサイクルや寿命の短い中性子の濃縮が鍵となるSプロセスなどでより重い原子核が創られて行く筋書きが、コンピュータ・グラフィックによる画像を駆使して、とても分かりやすく解説された。

もっと重いウランウムなどは短寿命の重い原子核がその存在時間内に多量の中性子と出会う必要があるため、より重い星の超新星爆発・爆縮の過程でしか創られないことが理論的に指摘されているが、コンピュータによるシミュレーションはまだ成功していない。

そのRプロセスといわれる過程について、現在理研では、非球対称の多次元型流体力学で中性子の吸収率と放出率の変化を追いながらダイナミカルな数値シミュレーションを行う「核反応ネットワーク元素合成計画」が進められている。ここでは4522ヶの原子核について、核子あたり17種類の核反応の反応率を計算しようとしているそうだ。また一方では、現在、RI原子核の加速施設を建設中で、Rプロセスでしか生まれえない重い原子核が崩壊するときに出す特異エネルギーの線を捉え、実験での検証を目指している。さらには、Rプロセスの痕跡が残っていると思われる一群の隕石を分析して、そのパターンを説明する理論モデルを構築するために、新しい方式の質量分析計を開発中である。などなど、難しいが科学を志す人間にとっては夢のある話が続いた。

最後に、われわれ人間にまで至った生命の誕生は、これら宇宙創生のメカニズムから分かって来た、核力の大きさや中性子の寿命、太陽の寿命などの絶妙な組み合わせに加え、原子核と原子それぞれのマジックナンバーが異なるために起こり得た化学反応の多様さがあったからで、極めて偶然性の高い幸運な結果との感想が印象的であった。

なお、ビデオの教育用無料頒布と実費頒布に以下のHPで申込みが出来る。

<http://www.rarf.riken.go.jp/video/index-j.html>

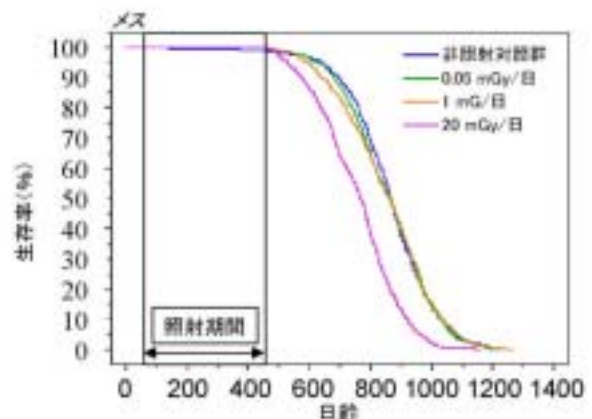
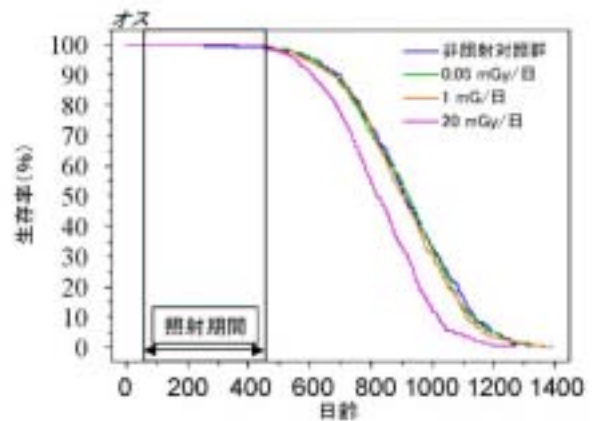
<http://www.image-science.co.jp/element/>

5. 低線量率長期被ばくの“寿命と発がん”に及ぼす影響

(財)環境科学技術研究所 田中公夫

低線量放射線の生物影響はいつもホットな話題である。ここではこれまでなかった極めて低い線量率を実現して行った興味ある実験の結果が紹介された。

生存曲線



設定された線量率は 0.05、1、20mGy/day とそれぞれ 20 倍の関係にある 3 通りだが、この最低条件はまた、自然界で観測される最大値の約 20 倍でもある。これらの条件でそれぞれオス、メス 500 匹、計 1000 匹ずつのマウスに、セシウム-137 の線を 8 週令から始め 400 日間の照射をした後、終生、飼育された。ただし、毎日清掃などのために 2 時間の非照射時間を取り、放射線以外の要素を除くべく厳重に管理された基準 (SPF) の環境を保ったと言う。

まず、最低の線量率では非照射群と寿命に有意の差は無く、一方、最高の条件ではオス、メス共に約 100 日程度の寿命短縮があった。また、1mGy/day の条件でも、メスに 20 日ほど、有意の短縮が見られたという。マウスの寿命は 900 日程度なので、これを単純に人間に敷衍するとほぼ 8 年となり、無視できない結果である。もちろん最低でも延長は見られない。死因はリンパ腫、肝ガン、肺ガンの順に多く、殆どがガンである。感染症もあるが少ない。また、発がんの頻度は変わらないが、早く現れる傾向が見られている。

最大の線量率では集積線量も 8Gy とマウスの半数致死線量を上まわるので、影響が大きいのは当然としても、中線量率の集積線量 400mGy でメスだけとは言え、寿命短縮が無視出来ないのは注目に値する。照射期間が一生のほぼ半分に達する長期なためか、短期にある程度強い刺激を与えて反応を見る適応応答の研究とはニュアンスの異なる結果が出ているように思われた。

6. 最新の臨床 PET 検査 がん、脳、心臓

(財)若狭湾エネルギー研究センター 山本和
今や一般市民にもかなりの知名度を得て来た PET (Positron Emission Tomography) 検査だが、最近、高度先進医療として認められ保険適用の認可が下りたことで利用の伸びが一層高まると期待されている。ここでは保険で出来る PET 検査についての紹介があった。

プラスの電荷を持った電子 (ポジトロン) は通常の電子に出会うと両者共に消滅し、その際、二本の線が反対方向に飛び出す。これを同時計数回路で捉えると、その発信元の位置を正確に知ることが出来る。ポジトロンは炭素、窒素、酸素など生体関連の分子に含まれる元素の同位体である ¹¹C、¹³N、¹⁵O から発生するので、これらを含む医薬品を合成して体内に投入し、医療診断に応用するのが PET である。

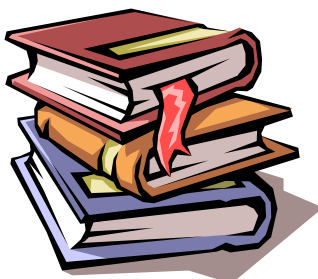
X線CTで使われる造影剤の量が数十グラムオーダーなのに対し、PET では注入薬剤がピコグ



ラム(10^{-12} g)程度と少なく、寿命も短いので、副作用がほとんど無い上に、検査自体も極めて簡単である。これらの標識薬品を利用した研究例は多数あるが、保険で適用出来るのは現在、てんかん、虚血性心疾患、悪性腫瘍の3種類である。

検査方法としては、吸入させた ^{15}O 標識ガスの動態から脳や心臓の血流変化を調べたり、ブドウ糖の一部を ^{18}F と置き換えた擬グルコース(FDG)が新陳代謝の活発な部分に集まる性質を利用して悪性腫瘍の存在を立体的に画像化する技術が使われる。これらを組み合わせると治療の方針や効果の予測まで判定できる。また、全身を立体視する形で検索するので、肺ガンやリンパ腫などのガン検診における発見率が通常より一桁も高くなっている。

一方、弱点は生理的な理由で近傍にFDGが集まりやすい前立腺などでの診断が難しいことと、CTに比べて分解能が低い点がある。後者については両者の重ね合わせデータが取れる装置の開発が期待される。また、1件あたりの検査費が7.5万円とまだ高価なのが問題だが、その原因は核種を製造するサイクロトロンを病院毎に備える必要があるため、この先、標識薬品の認可と薬剤販売のシステム化が進めば価格の低下に繋がると期待される。米国での稼働台数が1000台に達するというのに日本ではわずか70台と遅れている理由はその辺りに在るのでは無いかと思われる。



7. ここまで進んだガンの放射線治療

大阪大学名誉教授 蘇生会総合病院名誉院長
井上俊彦

この講演では放射線によるガン治療成績向上の歴史が語られた。X線はレントゲンがそれを発見した翌年にすでに皮膚ガンの治療に応用され、その効果が認められていたが、深部ガンにはあまり効果がなく、研究の対象であった。

1920年代には傷害を避けるために低線量でゆっくり照射する方式が提唱され、5年生存率10~20%を達成して、治療方法の無かった当時としては画期的な成果をあげた。1960年代に入って、コバルト60の線やベータトロン、リニアックなどを利用したX線が使われ始めると、照射精度があがって来たため、「装置にターゲットを合わせる」考え方が可能となり、副作用を減らす努力も実って30%に達した。これ以後の数十年は精度が上がった分、線量を極端に上げる方向での試みが続けられ、難しい前立腺ガン等も「治らない」から「治る」へと認識が変わって来た。最近、電子線装置が小型化し、コンピュータとの組み合わせでインテリジェント化されたいわゆるサイバーナイフの時代になって、「装置がターゲットに合わせる」技術が進み、動くターゲットである肺や肝臓への治療も傷害が全く無くなり治癒率が格段に上って来た。

これらの経過の根底には、放射線そのものは、ガンに対して100%の治癒も夢ではない、極めて有効な手段との認識があり、問題は如何に健康な部位を避け、必要な部位に集中して照射するかであって、ガン治療は4次元(x,y,z,t)的な照準(定位)技術の歴史だとも言える。

サイバーナイフは工業用ロボットの技術を使っているが、現在、奇しくもあの鉄腕アトムの日をようやく過ぎたところで、ロボット技術の進歩に注目が集まっている。外国では受け入れられない人型のロボットが特に日本で進んでいる事実が介護なども含めたこれからの医療にどのような影響を与えるか、興味のあるところである。

(藤田記)