

<p>平成 15 年 4 月 18 日 (金) 第 23 回 UV/EB 研究会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ EB 受託加工と製品開発 ・ 最新のコーターについて ・ UV 後硬化粘接着剤 ・ プラスチック用放射線硬化型コーティング剤『紫光』(実施済み) 	<p>平成 15 年 9 月 19 日 (金) 第 21 回放射線科学研究会</p> <p>『いろいろな放射線によるエキソティック照射効果』</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 細胞集団に見られる間接的照射効果 ・ 宇宙の環境/ダストビーム(ごみイオン) ・ クラスタイオンビームの非線形照射効果 ・ 高エネルギー X 線による内核励起効果
<p>平成 15 年 5 月 16 日 (金) 第 20 回放射線科学研究会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 放射線の産業利用 ・ 高自然放射線地域の疫学研究 ・ 放射線リスクをどう理解すればよいのか? (実施済み) 	<p>平成 15 年 11 月 7 日 (金) 第 25 回 UV/EB 研究会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ポパール (ゲル) の利用 ・ ヒドロゲルの利用 ・ 多糖類ゲル/架橋と分解/応用の現状
<p>平成 15 年 7 月 8 日 (火) 見学会</p> <p>見学先: 独立行政法人奈良文化財研究所</p>	<p>平成 15 年 12 月 5 日 第 22 回放射線科学研究会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 生分解性樹脂の放射線架橋と性能向上 ・ X 線顕微鏡研究の現状など ・ 京大原子炉実験所の将来計画 ・ PET 診断の話
<p>平成 15 年 7 月 18 日 (金) 第 24 回 UV/EB 研究会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 放射線によるタンパク質等の架橋 ・ UV 殺菌 ・ 水と UV/EB の一般論 ・ 光酸発生剤および光塩基発生剤の最近の動向と光機能性高分子の開発における活用 	<p>平成 16 年 1 月 23 日 (金) 第 13 回放射線利用総合シンポジウム</p>

若狭湾エネルギー研究センター 訪問記

(社)大阪ニュークリアサイエンス協会顧問 北川通治

関西地域における高エネルギーの粒子加速器の実体を調べる目的で福井県敦賀市にある若狭湾エネルギー研究センターを訪問したが、巨大な加速器を中心として最新鋭の分析装置群をそろえた充実の内容に少なからぬインパクトを受けた。紙数の制約上概要のみとなるがその内容を報告する。

1. 需要の増す高エネルギー粒子線加速器

ここ数年、比較的高エネルギーの粒子線加速器に対する需要が増加している。その一つの要因は陽子線や炭素粒子線による「がん治療」であり、全国でこれに関連したさまざまな動きがある。我が国では平成 6 年 6 月から放射線医学総合研究所(千葉)によって、医用重粒子線がん治療装置を用いたがんの治療の臨床試験研究が開始された。臨床試験研究は平成 14 年 2 月現在までに 1,187 名の患者に対して行われ、大きな成果が報告されている。これと並行して行われていた筑波大学(茨城)での陽子線がん治療も好成績をあげ、これらの結果を受けて癌センター東病院(千葉)でも一昨年より陽子線による治療を始めている。さらに本年 4 月からは、陽子線と炭素粒子線を使い

分けながらがん治療を行う施設である「兵庫県立粒子線医療センター」での一般治療が開始され、近く「静岡がんセンター」でも陽子線治療が始まる予定になっている。

「若狭湾エネルギー研究センター」でも、主力施設であるシンクロトロンの高エネルギー陽子線を利用したがん治療の準備を進めており、現在、必要な臨床試験が精力的に行われているので、近く一般患者への治療が開始されることとなる。

高エネルギー粒子加速器のいま一つの需要は、宇宙放射線による人工衛星装備機器の劣化対策を検討するための地上試験である。中でも高集積度半導体メモリにおけるソフトエラーは、軽量化・高速化・高密度化の要求に応じてメモリの集

積度が上がるにつれて問題は深刻となってきた。デバイスの破損にもつながるラッチアップ現象なども含めて、これらの現象はシングルイベント効果と呼ばれるが、最近の研究では当初考えられていたように Fe などの高速重粒子などによって起こるだけではなく、むしろ最も軽い陽子線による核反応が中心であることがほぼ確実視されるようになってきた。宇宙関連機関では原子力研究所高崎研究所の「TIARA」を使用することが多い。従ってマシンタイムはかなり混みあっている。宇宙開発事業団の「太陽電池劣化対策検討委員会」や無人宇宙実験システム研究開発機構の「放射線耐性予測分科会」では、何れもこの事情を反映して関西地域における高エネルギー陽子線加速器の施設情報が知りたいという要望があり、これを受けて調査を行うことになった。

2. 若狭湾エネルギー研究センター

福井県敦賀市の(財)若狭湾エネルギー研究セ

ことによって遮蔽が容易になることを意図したものであろう。

案内資料によれば、研究センターの役割は“エネルギーに関する研究開発を促進し、地域産業への波及等を通じて活力ある地域社会の形成を図る”であり、その業務として“エネルギーに関する、①調査及び研究開発、②研修、③情報交換その他関係機関との交流、④情報の収集及び提供、⑤知識の普及および啓発、⑥研究開発、研修、交流、その他の事業を行うために必要な施設及び設備の提供”の6点を上げている。

3. 研究センターの施設・設備

施設の中心は超大型のシンクロトロンとタンデム型のいずれも粒子線加速器である。その加速器系全体の仕様を表1に示す。なお、表からも分かるように、タンデムは単独でイオン加速器として利用できるほか、シンクロトロンへのイオン入射源としても使用している。これを見てその高性能の仕様に先ず驚くが、設計段階で加速器の専門家である近藤道也研究センター所長(元・大阪大学核物理センター長)の考えが影響したであろうことは想像に難くない。

表1. 加速器系の仕様

イオン種	マイクロ波イオン源	タンデム型加速器	タンデム+シンクロトロン
H ⁺	200keV/e, 1-20mA	1-10MeV, 100 μA	10-200MeV, 10 nA
He ²⁺	200keV/e, 0.1-1.5mA	1.5-15MeV, 50 μA	8-220MeV, 0.5nA
C	200keV/e, 0.1-1.5mA	2.5-25MeV, 50 μA	25-660MeV, 0.2nA
Ar, Kr, N, O 等	200keV/e, 100mA		
Al, Si, P 等	200keV/e, 10mA		

ンターは「学術会議の地域型研究機関構想」を下敷きとし、平成10年に福井県が設立した大型研究施設である。イオン加速器システムとしての高エネルギーシンクロトロン加速器とタンデム加速器を中心として、多くの最新型分析機器等を備えた充実した内容を誇る研究施設であって、JR敦賀駅からタクシーで20分ほどの敦賀市長谷地区にある。遠くに若狭湾を望む野坂山の山裾を少し登った位置にモダンな設計の建物が立つ。ここはバス停の駅名「山」からも判るように前面直近に人家は少なく背後は山の斜面という地形になっている。この地形は、おそらく斜面を少し掘り込んで加速器を建設する

能の仕様に先ず驚くが、設計段階で加速器の専門家である近藤道也研究センター所長(元・大阪大学核物理センター長)の考えが影響したであろうことは想像に難くない。

研究の進展を支える分析機器等の内容も加速器系の潜在力を生かし研究成果を効果的なものとするための重要な要素であるが、研究センターに設備されている主要なものを表2にあげる。

これらの設備は何れもレベルの高い高性能のものが揃っており、時間をおくことなく観察・分析が可能である。TEM、SEM、AES、SIMS、EPMA、さらにタンデムを利用したRBSやPIXE、ERDAなども可能

表2. 主要な観測・分析機器等の設備

<ul style="list-style-type: none"> ・透過型電子顕微鏡 (TEM) ・走査型電子顕微鏡 (SEM) ・核磁気共鳴装置 (NMR) ・電子常磁性共鳴装置 (EPR) ・二次イオン質量分析装置 (SIMS) ・ラマン分光光度計 (RSA) ・電子プローブマイクロアナライザ (EPMA) ・誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS) ・オージェ電子分光装置 (AES) ・ガスクロマトグラフ質量分析計 (GCMS) ・赤外分光光度計 (FTIR) ・X線解析装置 ・プロテイン・シーケンサ ・DNA シーケンサ ・遺伝子解析装置 ・バイオイメージング解析装置 ・可変波長レーザー装置 	その他
---	-----

であろう

ことを考えれば、高速イオン照射を利用して材料改質を狙う研究者、あるいは新たな機能性材料の創製などを目指す研究者にとっては、まさに垂涎の設備機器群と言えよう。

4. 研究センターの研究組織・システム

研究を行うための組織・システムは、次の5研究グループ(G)と粒子線医療研究室および加速器室から構成されている。

- 1) 物性・バイオグループ、 2) 粒子線理工学グループ、 3) 安全環境グループ、
- 4) システムグループ、 5) 産業技術開発グループ、 6) 粒子線医療研究室、 7) 加速器室

訪問した日は、丁度がん治療の臨床試験が行われていたため、周長33mのシンクロトロンを直接見ることは出来なかったが、粒子線理工学の伊藤グループ長の案内で、タンデム加速器と各照射室の使用状況および分析機器類を詳細に見ることが出来た。また、それぞれの照射システムの所では、既に発表済みの研究結果や現在行われている研究内容の主要なものについての概要を聞くことが出来た。

タンデムの出力部ではマイクロビーム化の努力が続けられており、 $2\mu\text{m}^{\phi}$ 以下まで達成されているようである。この成果は直ちに μPIXE の可能性を

意味しており多様な材料への応用が期待される。個人的な専門関係から固体材料の研究に興味深いものが多かったが、この領域の研究については他大学との共同研究も徐々に進んでいるようである。いろいろな研究の概要については、近藤所長が「放射線と産業」の最新号97(2003)に、「福井県におけるイオンビーム利用研究の現状と将来」と題して広範囲に記述しておられるので、この内容をご覧頂くのが手っ取り早い。

5. 半導体のシングルイベント効果研究への利用

調査の目的である人工衛星搭載メモリに発生するソフトエラーに関する地上試験について、若狭湾エネルギー研究センターのシンクロトロンによる陽子線照射実験は、条件として申し分ないと言える。

地球を取り囲む宇宙空間では、あるエネルギー範囲の高速陽子と高速電子が共に地球磁場に捕捉されて所謂バンアレン帯(内帯、外帯)を形成している。宇宙空間の高速陽子密度は太陽フレアの発生などによって変動が大きい、それを除けばバンアレン帯内ではエネルギーや密度の分布はあまり変動が無くほぼ一定に保たれていて、この領域を通過する人工飛行体は常に強い影響を受けている。シングルイベントの地上試験を行うために使用する陽子線加速器は、シリコンの核反応の閾エネルギー((p, n) 14.59MeV、(p, α) 7.22MeV)以上の陽子線加速エネルギーが必要であるため加速器施設に限られる。従って結論として、現在の関西地域でこの目的に適した陽子加速器は、「大阪大学核物理センター」のサイクロトロン(400MeV)と「若狭湾エネルギー研究センター」のシンクロトロン(200MeV)に限られることが明らかになった。

研究センターの内容を見学した印象として、若狭湾エネルギー研究センターの研究施設は粒子線を使用して研究を行うためには極めて有用で優れた施設であり、出来る限り多くの大学や研究者に広報することが必要であろう。関心のある方々の一見をお勧めしたい。