

若狭湾エネルギー研究センター

(公財)若狭湾エネルギー研究センター所長
中嶋 英雄

福井県の若狭湾地域には、3.11の東日本大震災以前は、もんじゅを含む14基の原子力発電所が存在し、年間発電電力量は平成22年(2010)度実績で約767億 kWhであり関西圏の消費電力の約半分を供給していた、それは我が国の原子力による発電量の約1/4に相当し、福井県は全国最大の電力供給地であった。このように、福井県は若狭湾地域に原子力発電所が集中立地している特性を活用してエネルギー関連技術の地域産業への応用等を通じ地域振興を図る「アトムポリス構想」の実現に向け取り組んできた。こうした中、昭和62年(1987)に日本学術会議が「地域型研究機関構想」を創り、地方に研究所を整備し、その研究を地域振興に生かすべきと提言した。これを契機として国、福井県、民間が一体となって事業を推進する財団法人が設立されることになり、平成6年(1994)9月に通産省と科学技術庁の認可を得て若狭湾エネルギー研究センター(以下、エネ研と言う)が発足し、平成10年(1998)11月に開所した(図1参照)。

この施設の中核となる研究設備が多目的シンクロトロン・タンデム加速器である。この加速器設備では加速エネルギー範囲の異なる2種類の加速器、タンデム加速器とシンクロトロンを用い、水素、ヘリウムなどの軽イオンや炭素などの重イオンを幅広いエネルギー範囲で照射することができる。イオンビームを用いたナノ材料から生物、文化財など多様な対象の元素分析や、材料改質、農作物の品種改良など利用範囲は多岐にわたる。近年、放射線場、特に宇宙空間において用いられる材料やデバイスの放射線影響模擬実験が盛んに行われるようになってきている。さらに、特筆すべきは陽子線によるがん治療の高度化研究である。

エネ研では、以上のような研究開発だけではなく、国際的な原子力人材の育成事業も推進している。国内はもとよりアジアをはじめとする世界の原子力の安全技術、人材育成に貢献するため、平成23年(2011)4月に福井県国際原子力人材育成センターが設置された。この福井県国際原子力人材育成



図1 若狭湾エネルギー研究センター本館。

センターを核に、県内の研究機関や人材育成機関および関西・中京圏の大学等と連携して、原子力発電の導入を計画している国々の行政官・技術者の研修など、国内外の原子力人材育成事業を行い、国際的な原子力人材育成の拠点を形成している。以下では、エネ研で行われている研究のうち5つのトピックスについて紹介する。

1. 加速器利用分析技術の開発

金属や半導体デバイスの表面近傍の濃度や薄膜の積層構造の元素分析には、2次イオン質量分析法やオージェ電子分光分析法などの分析技術が用いられ、深さ濃度分布を求めるのに表面を剥離させるためにスパッタリングによる破壊検査が採用されている。それに対して、イオンビームを用いる方法ではイオンのエネルギーを計測することによって非破壊的に元素の濃度分布を測定することができる。タンデム加速器から発せられたイオンビームを試料に照射し試料中の元素から発生する特性X線を測定することによって多数の元素を同時に測定することができ、ppmレベルの微量元素濃度の測定も可能である(粒子線励起X線分光法, PIXE)。本方法を用いてリチウムイオン電池における電極の元素分布の測定、歯のう蝕とフッ素の関係性、茶葉中の有害元素であるアルミニウムの挙動、イネの根が取り込む金属元素の挙動に関する研究などを行っている。

また、試料をビームに照射してそのビームから弾き出された原子のエネルギーの飛行時間を測定することによって水素やリチウムなどの軽元素の元素同定やナノメートルレベルで元素の深さ方向の分布を測定する試みも行われている(飛行時間測定反跳粒子検出法, TOF-ERDA)。エネ研で開発したTOF-ERDAによってシリコン上のカーボン極薄膜を1.3 nmという世界最高の深さ分解能で検出することに成功した。

2. 放射線照射によるデバイス・材料開発

太陽宇宙線の主成分は200 MeV近傍にピークを持つ陽子線である。エネ研のシンクロトロンで加速される陽子線はこの宇宙線と線質が類似していることから人工衛星に搭載する電子デバイスの宇宙線による劣化の研究を、地上でのシミュレーション実験によって行っている。半導体のPN接合部で宇宙線によって電子・正孔対が発生しON/OFF機能不全に陥り半導体デバイスが誤動作を起こしてしまう。そこで、シンクロトロンを用いてそのような劣化の機構解明、防止対策に関する研究を行っている⁽¹⁾⁽²⁾。図2には、エネ研で試験した機器とそれを搭載した人工衛星を示した。また、シリコン太陽電池の宇宙線による劣化に関する研究も行っている。さらに、200 kVマイクロ波イオン注入装置を用いて原子炉材料の照射効果の研究やイオン照射によるFe-Pt薄膜永久磁石の保持力低下の検証実験も行っている。

3. 原子炉の廃炉に必要なレーザー技術開発

原子炉建屋や原子炉本体等のコンクリートや金属などの切断、溶接および除染などの技術開発を、企業や大学、研究機

関と協力して行っている。原子炉等の安全な切断、解体時に発生する粉じんなどの拡散を抑制する必要がある、水中におけるレーザー切断技術は、その拡散を抑制する有望な候補技術となる。エネ研では企業などと協力し、照射部位の水を除去する水中切断用のレーザーヘッドをファイバーレーザーに組み込んだ機構を開発し、世界で初めて高品質ファイバーレーザーを用いた水中金属厚板切断技術を開発し、実証した。また、極短パルスレーザーを集光し、照射した表面のみ昇華させることで構造部材の表面汚染を効率的に除染する装置の開発と実用化を推進している(図3参照)⁽³⁾。

4. 植物、菌類、真菌類の品種改良

イオンビームを利用した、植物、菌類、真菌類の品種改良の研究を行っている。通常の品種改良では、突然変異を起こしたものを自然界から探してこなければならない。また、目的の品種を作り出すには長い年月が必要である。イオンビームを利用した品種改良ではイオンビーム照射によりDNAに損傷を与え突然変異の起こる頻度を高めることで、目的の性質を持った育種の発現頻度も高めることができる。この技術を利用してさまざまな観賞用の植物や野菜、あるいは人に役立つ菌類、真菌類の性能改良を行っている。また、イオンビームによってDNAに損傷が形成される過程やそれが修復される過程に関する研究も行っている。

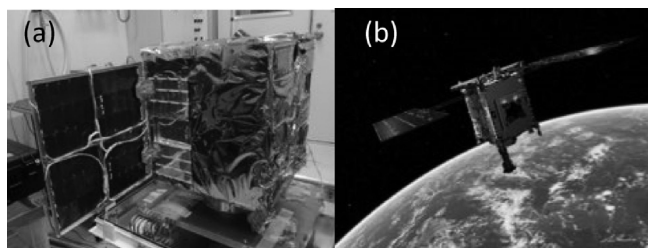


図2 (a)人工衛星「金シャチ」に搭載された放射線検出器。若狭湾エネルギー研究センターのシンクロトロン陽子線照射によって放射線検出器の健全性及び耐久性が調べられた⁽¹⁾。
(b)電子デバイスが搭載された人工衛星「はやぶさ」⁽²⁾。

5. 陽子線がん治療の研究

がんの治療方法には外科療法、放射線療法、抗がん剤投与等の化学療法があるが、陽子線治療は放射線療法の1つである。陽子線には、身体の内表面近くでは吸収される放射線量が少なく、ある深さにおいて最大になるという特徴がある。陽子線治療は、この特徴を生かしてがん病巣だけを集中的に破壊することができるため、従来のX線治療に比べて副作用が少なく、治療効果が高い治療法である。また、身体の内臓の温存、治療中や治療後の生活の質(Quality of Life)の維持にも高い効果が期待できる。平成14年～21年(2002～2009)にエネ研において陽子線がん治療の62例の臨床研究を実施した。これらのエネ研のがん治療の成果を生かして平成23年(2011)に福井県立病院に陽子線治療センターが開設された。

6. 終わりに

原子力利用は、原子力発電によるエネルギー利用のほかにも放射線、放射性同位体、粒子加速器の利用などが挙げられる。エネ研では設立当初から後者の放射線利用研究に重点を置いてきたが、東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故以来、原子炉の放射能除染に資するレーザー除染機や原子炉構造物のレーザー切断機の開発、環境中における線量分布の測定法の開発などの開発研究も積極的に実施している。このようにエネ研では我が国の原子力の重要性を認識し、それらの利用技術開発と安全と安心な運用のための基礎・応用研究と開発、さらには人材育成を積極的に進めている。詳細はエネ研ホームページ <http://www.werc.or.jp/> を参照されたい。

文 献

- (1) https://www.frontier.phys.nagoya-u.ac.jp/jp/chubusat/chubusat_satellite2.html
- (2) <http://www.jaxa.jp/>
- (3) 峰原英介, 遠山伸一, 田村浩司, 中嶋英雄: 金属, **86**(2016), 590-595.
(2018年5月14日受理)[doi:10.2320/materia.57.393]
(連絡先: 〒914-0192 敦賀市長谷64-52-1)

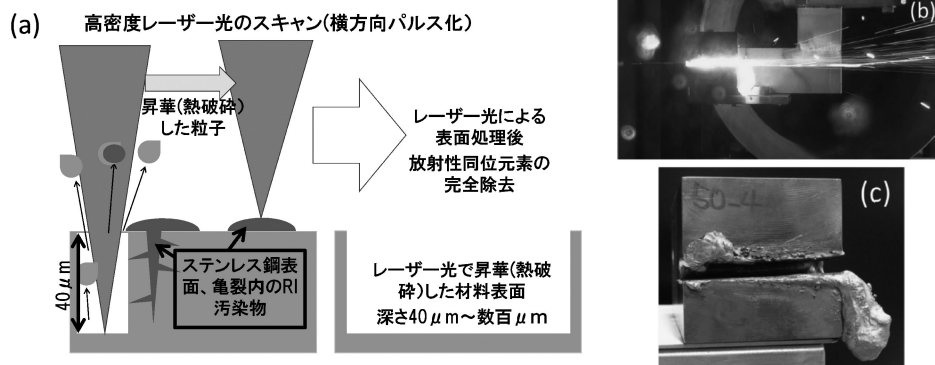


図3 (a)レーザーによる除染技術の原理, (b)30 kW ファイバーレーザーによるステンレス鋼の切断試験, (c)切断された厚さ300 mmのステンレス鋼⁽³⁾。