

会議のトピックス(IV)

## 科学と技術のための核データ国際会議：ND2016

### 医療用放射性同位体製造と核データ

九州大学総合理工学研究院  
先端エネルギー理工学  
渡辺幸信・金研究室  
金 政浩  
kin@ees.kyushu-u.ac.jp

#### 1. はじめに

ご存知の通り、International Conference on Nuclear Data and Science and Technology は、3年に1度開催される、核データの分野では世界最大の国際会議である。私個人も、初めての国際会議の参加は2004年に米国ニューメキシコ州のサンタフェで開催されたND2004であった。この会議には毎回参加をしたいと強く思っているのだが、雇われている身分の契約上の縛りであったり、転職のタイミングで発表できる成果がなかったり、なかなか縁が無く、2回目の参加となった韓国済州島のND2010から6年ぶり、ようやく人生3回目である。



左) ND2004 の会場。学生時代かつはじめての海外だったのでいささか緊張気味。

右) ND2010 の会場。友人との久々の再会も国際会議のひとつの醍醐味であろう。

さて、今回も核データの評価方法や整備状況、また応用など広い範囲のテーマが取り扱われた。多くのパラレルセッションがあり、聴講したいにもかかわらず聞けずじまいの講演も多々あった。私は 9 月 13 および 14 日の 2 日間に渡って取り扱われた **Medical Application I** および **II** で報告された内容について、ダイジェスト版で紹介する。日本からの参加者はこの会場にはまばらだったように思うので、皆さまの聞き逃した内容を含んでいれば幸甚に思う。また、最後に開催地であるベルギーのブルージュについて、私の印象を簡単に添えようと思う。



左) 今回 ND2016 のメイン会場。どの部屋も研究者達の熱気で蒸し返していた。

右) Bruges の代表的な地ビール。多くの方が **Mussels** と一緒に味わったことだろう。

## 2. 会議報告（序）

以前より ND の Topics として、「**Medical and environmental applications**」が含まれていたが、ND2016 ではより具体的に「**Medical radioisotopes production**」や「**Properties of medical radioisotopes**」として挙げられるようになった。医療用 RI の特性自体は、核データとして重要な半減期や崩壊図の情報はもちろん、化学的な特徴や生体内での代謝に関する情報も不可欠な物となってきた。また、近年では新たな医療用 RI (**Y-90 ibritumomab tiuxetan** や **Ra-223 dichloride**) が次々と認可されており、今後も様々な RI が提案されていくことだろう。これらの研究では、生成物として得られる RI の量や、質を予測するために、正確な核データが欠かせない。「量」を知るためには、目的核種を製造する断面積だけが必要だが、「質」に関してはそう単純な話では無い。医療用 RI は化学分離プロセスを経て、高品質な医薬品として完成する。つまり、目的核種と化学分離が困難な核種、特に担体 [o1] (目的核種の同位体にあたる核種) は、放射性であれ安定であれ、医薬品としての品大きく関わってくるのである。これらの不純物を生成する反応断面積も「質」の評価には

欠かせないため、「量」の評価に必要なひとつだけの反応断面積が精度良く決まっていればよいわけではないのである。

Plenary Session では、IAEA の Koning 氏より、TALYS コードで計算された断面積を用いて医療用 RI 製造の研究をしているグループがいることが紹介された。理論モデルをベースとした計算では、医療用 RI 製造における「量」と「質」に関連する全ての断面積を精度良く決める事は困難だろう。また、医療用 RI 製造や核融合炉構造材の研究では、重陽子加速器による中性子源のニーズが高まっている。重陽子入射による中性子生成反応の実験データはあまり多くないため、重陽子入射のデータも TALYS 計算によって与えられている TENDL が用いられることもある。しかし、TALYS 計算では、これまでは弾性分解反応や非弾性分解反応などに起因する、中性子収量エネルギー分布のピーク構造を全く再現出来ていなかった。しかし、最近のモデルの改善でピーク構造を得られるようになってきているとのことである。まだピーク位置の再現性が悪いため、さらなるモデルの改善が期待される。加えて（私も含めた）実験屋は、系統的な中性子収量測定を今後も続けていくべきであろう。

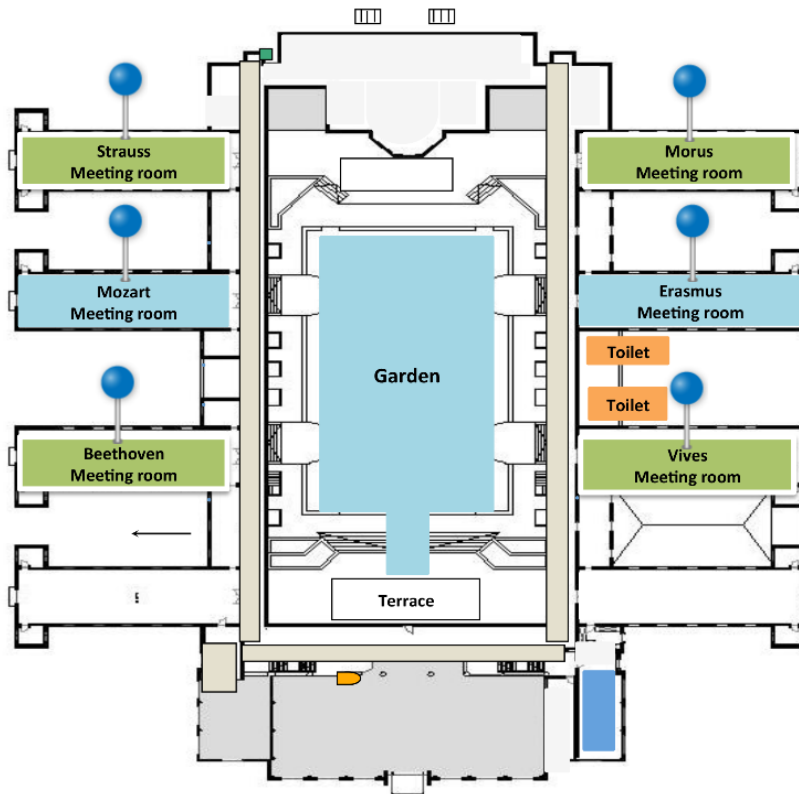
さて、他の plenary talk については別記事に譲ることとして、私が中心的に参加した Medical Application のセッションの話にうつろう。



ND2016 のホームページより拝借した集合写真

### 3. 会議報告 (Medical Application)

このセッションでは、2日間を通じて、4件の招待講演と12件の一般講演、1件のポスター発表者によるショートプレゼンテーションが行われた。今回のNDの会場は、各々の室名は「Mozart」や「Beethoven」などの偉大な音楽家の名前がつけられていた。次の図を参照頂きたい。



会場1階の見取り図。

いわゆる Ground Level があるので、日本でいう「2階」にあたる。

Medical Application の全てのセッションは Vives で行われた。私が無学なため、どんな音楽家なのか紹介するのは控えようと思う。

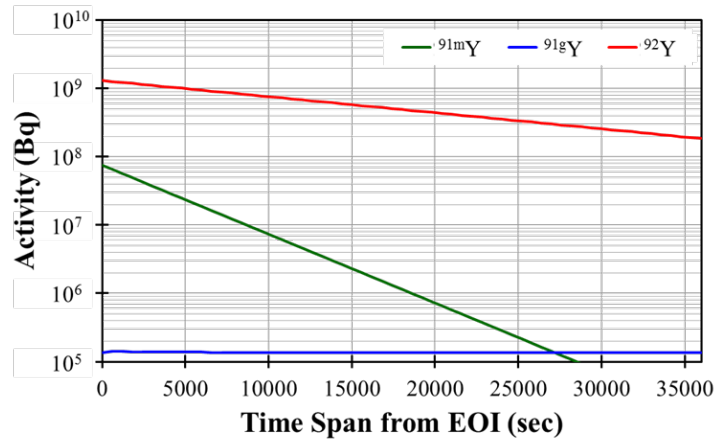
さて、このセッションは、BNL で NNDC のチームに所属する McCutchan 氏による医療応用可能な核種の原子核準位構築に関する研究の招待講演で幕を開けた。コンプトン抑制ゲルマニウム検出器群によって、様々な RI のガンマーガンマ同時計数のデータを解析されていた。かなりの核種の紹介があったが、例えば  $^{86}\text{Sr}$  においては 60 個のガンマ線を新たに準位図に組み込み、新たに 12 個の準位を同定したという話があった。私も前職(JAEA 時代)は原子核準位構築に関する仕事をやっていたため、非常に興味深く聴講することができた。それ以外に、PET 検査に応用可能な陽電子放出核は、よいジェネレータが無い事

が問題となっているが、この発表では  $^{72}\text{Se}$  ( $T_{1/2}=8.4\text{d}$ )– $^{72}\text{As}$  ( $T_{1/2}=1.1\text{d}$ )を利用した陽電子放出核  $^{72}\text{As}$  のジェネレータの提案を行っていた。今後の応用が期待される。

Granada 大学 (Spain) の Arias de Saavedra 氏からは、直線加速器を用いた医療用 RI の製造に関する発表があった。現状は小型サイクロトロンでの製造が主だが、市販品で得られるビーム電流は 50 マイクロアンペアほどである。直線加速器を用いることで、ミリアンペアオーダーのビームが得られるため、製造量において大きなアドバンテージがあるという報告であった。会場の Qaim 氏より「大電流の際は中性子遮蔽設計も忘れぬように」というコメントがあった。反応として挙げてあったのは、 $^{14}\text{N}(\text{d},\text{n})$ による  $^{15}\text{O}$  製造、 $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})$  や  $^{20}\text{Ne}(\text{d},\alpha)$ による  $^{18}\text{F}$  製造など、重陽子入射による直接反応も視野に入れている様なので、重要なポイントとなってくるだろう。

また、核データ分野、さらに医療用 RI 製造分野で長年に渡って、基礎・応用研究を続けられている Jülich 研究所の Qaim 氏から医療用 RI の製造研究に関する総括的な招待講演が行われた。 $^{60}\text{Co}$  線源を用いた外照射の話から、最も世界で用いられている  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  も含め、将来的に有望となるいくつかの治療や検査用の核種の研究紹介があった。挙げられた核種には、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{86}\text{Y}$  (これは  $^{86}\text{Sr}(\text{p},\text{n})$ 反応を使用するが、既存データの研究者間の差違について決着をつける必要があるとコメントされていた)、 $^{124}\text{I}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{117\text{m}}\text{Sn}$ 、 $^{52}\text{Mn}$ 、 $^{52}\text{Fe}$ 、 $^{57}\text{Ni}$ 、などがあった (会議中の手書きメモに依拠しているもので、ミスがあるかもしれないので、気になる方は Proceedings を参照のこと)。標準的でない PET 核種については、有望な核種についての情報がデータベースとしてまとまっていると良いという提言もあった。また、我々の研究室でも取り組んでいる重陽子加速器中性子源による製造も有望との紹介があった。

その他、手前味噌だが、私から加速器中性子源を用いた  $^{92}\text{Y}$  の製造法について紹介した。近年、放射線免疫療法初めての認可薬剤として  $^{90}\text{Y}$ -ibritumomab tiuxetan が使われる様になったが、 $^{90}\text{Y}$  が純ベータ線放出核であり、体内動態を体外からイメージングすることが困難である。患者ごとに薬剤適正があるかの調査には現状  $^{111}\text{In}$  が用いられているが、 $\text{Y}$  と  $\text{In}$  の体内動態の違いが指摘されるようになってきた。 $^{92}\text{Y}$  は半減期こそ十分ではないが、ガンマ線放出核として、 $^{111}\text{In}$  に代わる核種として提案した。会場からのコメントで、やはり半減期の短さが指摘されたが、少なくとも  $^{111}\text{In}$  との初期分布の差を把握することは科学的に重要であり、今後も多様な核種の製造にチャレンジしていくことを述べた。



濃縮  $^{92}\text{Zr}$  ターゲット 20 g を C(d,n)中性子( $E_d=20$  MeV, 2 mA)で  
7.5 h 照射したのちの、放射性 Y の含有比の時間変化。

#### 4. おわりに

実は個人的に欧州に来るのは、まだ 2 度目である。米国へは数え切れないほど訪問していることから考えると対照的である。初めての欧州はギリシャ、しかもクレタ島であり、いわゆる欧州の街並みをじっくり眺めたことはなかった。今回のベルギー訪問で、しみじみと多くの方がとりつかれる欧州の雰囲気味わうことができた。歴史という簡単な言葉では覆い尽くせない、荘厳で風格のある空気がそこにはあった。多くの人々は活発に行き交っているが、そこには確かに止まった時の世界のようなものを感じることができた。私も少し欧州の魅力に心を奪われたように思う。

さて、最後になるが、今回の会議期間は非常に気温が高かったことが印象的だった。ベルギーは比較的涼しい気候とのことで、私が泊まったホテル、学会の会場など冷房のない環境が散見された。夜をホテルで過ごすときは、発表の緊張やビールで火照った体を冷やしながら眠るのにはちょうど良い環境だったのだが、日中の学会会場はどうだっただろう。ただでさえ暑い会場で、侃々諤々、多くの研究者が熱気を放つのである。暑さにうなされながら、汗でしわの寄ったノートにメモを取りながら、ふと見渡すと、まわりの研究者たちは、ものともせず立ち上がってはコメントや質問を発表者にぶつけていた。私も未熟だな、と思いつつ、この分野がこれだけ熱い研究者で構成されていることをうれしく思い、再びペンを走らせはじめた 1 週間だった。次は北京である。2019 年、皆さんと元気に再びお会いできますように。



バンケットが行われた鐘楼内の会場



鐘楼から見下ろしたブルージュの街並み