



国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構（量研）

高崎量子応用研究所

第51号

高崎研だより

役立つ科学

PET 診断用放射性金属の新規分離精製法

My favorite

アメリカンコミックスの「世界」へようこそ

日本/世界見聞録

台湾での国際会議に参加して

研究装置紹介

顕微ラマン分光装置



Q1. PET 診断と放射性金属とはどのような関係があるのでしょうか？

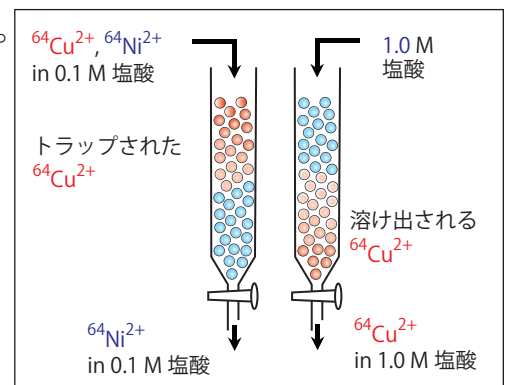
がんの早期発見に有効な PET 検査では、放射性同位元素 (RI) のフッ素-18 (^{18}F) をブドウ糖に組み込んだ薬剤 (^{18}F -FDG) が多くの施設で利用されています。がん細胞はエネルギー源としてブドウ糖を取り込みやすいことから、 ^{18}F -FDG を体内に投与し ^{18}F から放出される陽電子が電子との衝突で発生する消滅ガンマ線を専用のカメラで測定することにより、体内のがんの位置を特定できますが、脳や心臓などの正常組織もブドウ糖を消費するため、がんのみを精確に選別するには限界があります。

副作用の少ない抗がん剤として知られる抗体 (がん細胞表面の目印となる物質に特異的に結合するタンパク質) は、選択的にがんに集まりやすい特徴をもつため、より高精度ながん診断薬としても注目されています。しかし、抗体は体内に投与してからがん細胞に到達するまで半日以上かかるため、半減期が 110 分の ^{18}F ではがん細胞に到達した時には消滅ガンマ線の測定が困難となります。そこで、半減期 12.7 時間と比較的長く、薬剤にも組み込みやすい銅-64 (^{64}Cu) の利用を進めています。

Q2. どのようにして製造するのでしょうか？

自然界のニッケルに 0.926% しか存在しないニッケル-64 (^{64}Ni) に 10 MeV 程度のプロトンを照射して ^{64}Cu を製造します。しかし、約 100 mg の ^{64}Ni に 0.1 ~ 100 ng の極微量の ^{64}Cu が混在した状態で得られるため、 ^{64}Cu を高純度に分離精製する必要があります。

従来の方法では、プロトン照射された試料を高濃度の塩酸で処理した後、蒸発乾固を経て、0.1M 塩酸に溶解させ、右図のようなカラムに流して ^{64}Cu のみをトラップします。次に、このカラムに 1.0 M の塩酸を流して ^{64}Cu を溶出させて、さらに蒸発乾固させることで、高純度の ^{64}Cu を精製しています。しかし、この方法ですと、処理が煩雑な上、分離精製までに数時間を要します。そこで私たちは、迅速かつ簡便に ^{64}Cu を分離精製できるフロー電解セルの開発に取り組んでいます。

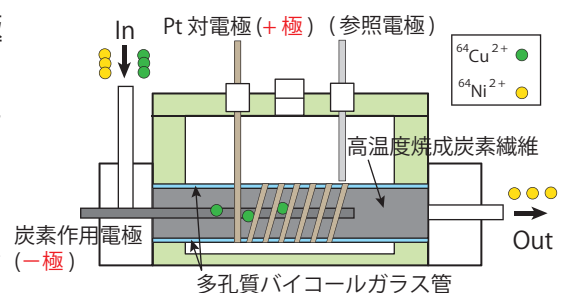


既存の分離精製法の一例

Q3. フロー電解セルとは、どのようなものですか？

金属がどの程度イオン化しやすいかを表すイオン化傾向の違いから、Ni は Cu よりイオン化しやすい金属です。この性質を利用して、水の電気分解など電気化学の実験でお馴染みの電解槽を溶液が流れるようにフロー式に改造したフロー電解セルで ^{64}Cu を分離精製することができます。

$^{64}\text{Ni}^{2+}$ と $^{64}\text{Cu}^{2+}$ を含む混合溶液を流しながら、プラス極とマイナス極に電圧をかけると、イオン化しやすい $^{64}\text{Ni}^{2+}$ はセル内を素通りするのに対し、 $^{64}\text{Cu}^{2+}$ はセル内のマイナス極 (右図: 炭素繊維からなる作用電極) で還元されて $^{64}\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow ^{64}\text{Cu}$ の反応が起こり、 ^{64}Cu が析出 (電着) して溶液から分離されます。電着した ^{64}Cu は、作用電極をマイナス極からプラス極に変換することにより、再びイオン化して溶出、つまり脱着回収することができます。



フロー電解セルの一例

Q4. 最後に、薬剤の合成、今後の研究について教えてください

現在、脱着回収した ^{64}Cu から薬剤の合成を自動で行う電気透析を利用したインライン薬剤合成装置を開発中です。今後は、 ^{64}Cu の分離精製から薬剤の合成に至る一連の電気化学的プロセスの自動化システムの開発を進めます。

My favorite

アメリカンコミックスの「世界」へようこそ

私はアメコミ（アメリカンコミックス）が好きです。・・・と一般化しすぎると玄人の方に怒られてしまうので、詳しく言えば、某米国出版社のヒーローコミックスが好きです。アメコミと聞くと、暑苦しい勧善懲悪なストーリーに原色ギラギラな絵を想像されるかもしれませんが、そんなことはありません。ストーリーはティーン向けから大人向けまで、絵も写実的なものからカートゥーン調のものまで、多岐にわたります。

また、日本のマンガと異なるアメコミの魅力として、①キャラクターの著作権が出版社に帰属する（ことが多い）ので、ライターが交代しながら同じキャラクターの物語を紡いでいく縦の広がり、②複数のキャラクターが同じ地平で活動し、時おり共闘・対立（クロスオーバー）する横の広がり、

があります。この魅力たる広がりは何から読み始めたらいいかわからないハードルの高さにもなっていますが、考え過ぎず気になった話を読んでみるのがおすすめです。

特に、今はアメコミをベースに映画・ドラマ・ゲーム化等されたものも多いので、いわゆるヒーローものではなくても、皆さんのお気に入りの作品の中にも実はアメコミ原作のものがあるかもしれません。某ヒーローチームの映像化作品が商業的に大成功したことを受け、にわかには盛り上がっているアメコミ業界、皆さんもその深淵を覗いてみてはいかがでしょうか。覗き返しながらか待ちしています。



アメコミが並ぶ書棚



お気に入りのバットマン

AC/DS (ペンネーム)

日本/世界見聞録

台湾での国際会議に参加して

2019年6月、台湾の中央研究院（Academia Sinica）で開催された「ISPA2019-International Society for Plant Anaerobiosis Conference」に参加しました。この国際会議では、主に水生植物をモデルとして湿害や浸水ストレス耐性研究について議論されました。中央研究院は、台北市の東に位置し、台湾で最大かつ最先端の研究を行う総合学術研究機関です。

6月初めの台北市はまだ梅雨の時期でしたが、会期中はほとんど曇りまたは晴れの日に恵まれ、夜は涼しい風に誘われて街中を探索することにしました。宿泊ホテル最寄り駅の国父記念館から地下鉄（捷運）に乗って西門駅を訪れました。西門町の夜市ではタピオカ、特に客の前で黒糖ソースを和えて作る「幸福堂」のタピオカの甘い香りは大勢の客を集めていました。もちろん、私も並んで一杯いただくことにしました。これが私にとって初めてのタピオカでしたので、特別な思い出になりました。



台湾最大の総合学術研究機関
中央研究院



超高層ビル台北 101

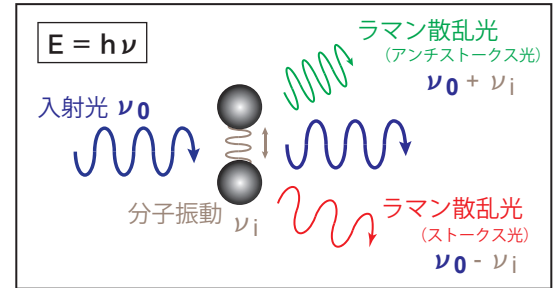
タイトな国際会議開催期間中のもう一つの癒しは、小籠包です。言葉の壁がない私は、出発前に調べておいた人気店の中から街中の隠れ名店や屋台など三軒の店を食べ歩きました。どこの店でもその種類の多さに驚き、懐かしい味にも出会えて、大変満足しました。日本に帰る日、みんなで「鼎泰豊」の本店に行きました。人気店だけあって、観光客らしき人達が大勢並んでいました。店内へ案内してくれる店員さんは4か国語を流暢に操る強者でした。味もサービスも超一流で、台湾での国際会議の旅を締めくくるイベントとして最高でした。また、国際会議の懇親会は台北 101 の最上階の「頂鮮 101」で行われ、台北の夜景を360度満喫することができました。

放射線生物応用研究部 尹 永根

【原理と用途】

本装置は、無機物や有機物などの試料にレーザーを照射し、試料との相互作用に伴い波長が変化した微弱な散乱光（ラマン散乱光）を分光、解析することにより、物質あるいは物質中不純物の化学構造や結晶構造に関する情報を得るものです。また、共焦点光学系を有する顕微鏡との融合によって、深さ方向に約 1 μm サイズの微小領域が分析可能です。

通常、使用するレーザー光は、紫外～赤外領域の 4 種類（波長：266、532、785、1064 nm）で、これらを選択して試料に照射します。試料へのレーザー照射により発生したラマン散乱光には、入射光より波長が長いストークス散乱光と入射光より波長が短いアンチストークス光があります。通常は、強度の大きいストークス散乱光を解析に利用します。



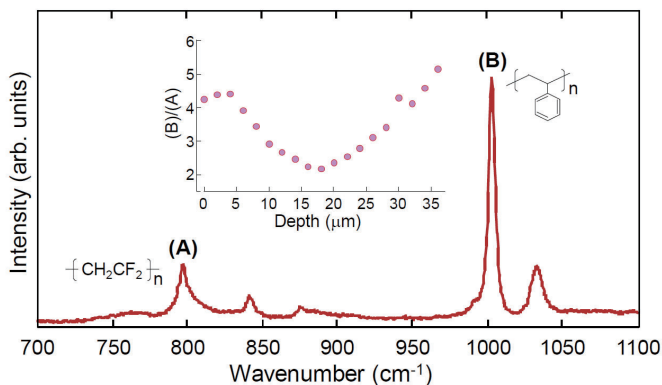
ラマン散乱のイメージ図

【特徴】

一般的に、化学構造の解析にはフーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）が利用されます。FT-IR は赤外光に吸収を持つ官能基（C=C、C=O、O-H など）の測定に適しています。これに対し、ラマン分光装置は炭素多重結合を有するポリマーの骨格の測定を得意としています。また、ラマン分光法は非破壊、非接触で固体、液体、気体の試料測定が可能です。スペクトル上のピーク波数位置から化合構造を、またその強度から濃度を知ることができます。ピーク半値幅から結晶性の情報も得ることができます。

【実際の分析例】

例として、放射線グラフト重合膜を顕微ラマン分光装置で測定したときのスペクトルを示します。800 cm^{-1} 付近に $-(\text{CH}_2\text{CF}_2)-$ に、また 1,000 cm^{-1} 付近に $-(\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5)-$ に帰属するピークが見られます。



放射線グラフト重合膜のラマンスペクトル

この結果から、この膜はフッ化ビニリデンとスチレンの共重合体であることが分かります。また、試料表面から深さ 2 μm ごとに同様のスペクトルを取得し、ピーク強度 (B)/(A) を試料深さに対してプロットしたものを挿入図として示します。膜の表面では、スチレンとフッ化ビニリデンは分子数比 6 : 4 で存在していますが、膜の深さ方向に進むにつれて一旦スチレンの分子数比が減少し、その後は上昇していることが分かります。

Qメッセージ

量子技術の研究を推進するため、この 4 月に高崎研に量子機能創製研究センターが発足しました。「量子技術」という聞きなれない言葉を一言で説明するのは難しいのですが、例えば、現在は電子の持つ電荷（電気）を使っていますが、もう一つの性質であるスピンというものを利用します。電荷は 1（ある）、0（ない）だけですが、スピンを利用すると 1 と 0 以外のどちらもいえない中間状態を作ることができ、既存技術を飛躍的に超える計算や通信、計測を実現できます。実現には様々な挑戦的な課題があり、やりがいのある研究分野です。（量子機能創製研究センター センター長 大島 武）