講 演

放射性同位元素製造の化学的問題

Chemical Problems on the Radioisotope Preparation

Ch. Fisher*

(1961年 10月16日 日本都市センターにて講演)

座 長 齋 藤 信 房 氏

放射性同位元素の製造の問題点には化学、工学、組織、経費などのいくつかの部分があるが、本日は化学についてのみに限って述べたい。

放射性同位元素を製造するとき生じてくる化学上の困難には2つの特徴があり、その1つは核反応の結果つくられる放射性物質の重量がきわめて小さいことで、他の1つはその放出するエネルギーがきわめて大きいことである。

第1の面では、若干の例をあげてみると、よく用いられる ^{24}Na 1cの重量は約 10^{-7}g 、これよりやや半減期の長い ^{32}P では $3\mu\text{g}$ 、さらに長い ^{14}C やラジウムなどでも1g程度にしかならない。そのため化学的分離を行なうときに種々の困難が加わってくる。

第2の面では、放出されるエネルギーは核物理学者が核反応によって生ずるエネルギーをMeVを単位として表わしているように、きわめて大きいものである。1MeVは 10^6kcal に相当するが、このエネルギーがただ1個の原子の核変換によって放出されるのであって、これは通常の化学反応では10,000個程度の原子または分子の反応によって生ずるものにあたる。このような大きなエネルギーは化学反応では決して生じなく、またこのような大きなエネルギーにより反跳を受ける原子はいわゆるホットな状態となることが想像される。したがってそれに付随する問題が生じてくる。

放射性同位元素を製造するとき、われわれが要求される条件はいくつかあるが、何よりもまず、できるだけ無担体の放射性同位元素、すなわち分離されたものがどのような物質によってもうすめられていない、最も純粋な状態で化学的に分離することである。たとえば、われわれは ^{137}Cs を核分裂生成物の中からリントングステン酸塩として分離しているが、原理的には無担体でも分離できる方法であるけれども、実際にえられる ^{137}Cs は1cあたり約100mgのセシウムを含んでいる。このうち ^{137}Cs は理論上30mgにしか過ぎない

が、残りは核分裂の結果生ずる他の安定なセシウムの同位元素を含むためである。

放射性物質を取り扱うためには強い放射線を遮蔽しなければならないことが多く、そのように考慮した装置を必要とするので、化学操作は遠隔で行なわねばならぬようになり、このような必要のないときにも放射線と汚染を最少限度にとどめるために特別の実験室をそなえる必要がある。

結論として、サクレでちょうど建設を終って放射性同位元素の製造を始めた新しい実験室においては、どのようにして放射線と汚染を防ぐよう配慮しているか第1, 2図に示す。

第1図はこの建物の全景、第2図はその平面図で、この実験室の建設にあたり、われわれは一般原則として、できるだけこの建物に入ってくる放射性物質を扱う場所に止めておく方針をとり、この設計では“ホット廊下”に限ることにした。放射性物質を取り扱うユニット・セルはここにすべておいてあり、この廊下に沿っている作業区域の実験室は金属の壁で完全に隔離されている。セルはこの壁にガasketで接続されているので、放射性物質は実験室の方には入ってこない。もし遮蔽が必要なきときには、このセルの周囲に廊下側および実験室側の両方に鉛ブロックを積み上げる。

第3図は断面図で、中央に“ホット廊下”があり両側にユニット・セルが並べてある。これに接してホットの実験室があり、この外側にコールドの廊下を隔てて、居室、測定室およびその他のコールドの実験室があり、地下には“サービス・ギャラリー”があり、ここには排水系、廃液貯槽、換気装置および排気系の2段目の除塵用フィルタ・ボックスなどがおいてある。“ホ

* Chef de Service de Radioéléments, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, BP No. 2, Gif-sur-yvette, (Seine-et-Oise), France.

第 1 図 放射性同位元素製造建屋の全景

第 2 図 平面図

第 3 図 断面図

「ホット廊下」の上部にはユニット・セルを除染室に運ぶためのクレーンが備えてあるので、実験室よりも天井を高くしてある。ホットの実験室には特に注意を払わなくとも、通常の実験室のように更衣する必要な

しに入れるが、「ホット廊下」に入るには勿論いわゆるホット・エリアに入る注意が必要である。

第4図はユニット・セルの取付け方を示したもので、向う側が実験室、手前側が「ホット廊下」でセルの右端がガスケットである。第5図にはユニット・セルの見取図を示す。

第6図は「ホット廊下」側の遮蔽用の枠を取り付けているところである。各セルの上部には第1段の排気装置とフィルタがあり、これを通った空気は廊下の中央に行き、ここでさらに1度第2段のフィルタを通して、煙突から排出される。

第 4 図 ホット廊下からみたユニット・セル

第 5 図 ユニット・セル

第 6 図 遮蔽支柱を取り付けたユニット・セル

第 7 図は各セルに取り付けたフィルタ、排気系、第 8 図は内装も終ったセルを実験室側からみたところである。

第 8 図 ホット実験室から見た完成したセル

第 9 図は ^{60}Co 製造用に特別に設計したセルであり、このうち 2 つのセルは ^{60}Co 10 kc, 残りの 1 つは 100 kc

第 7 図 セルの排気系

に対して充分遮蔽できるよう設計してある。最初のセルは照射したカプセルを開封するなどの操作のため、

第 9 図 ^{60}Co セル

第2のセルは貯蔵用で内部には大きなコンテナが設備されており、第3のものはγ線による照射用のものである。この3つのセルの間は必要なセルからセルへコンベアにより ^{60}Co の棒を移動させることができる。

以上簡単ながら放射性同位元素製造上の化学的問題点およびわれわれの実験室について述べた。

◇ 質 疑 応 答 ◇

問 無担体のきわめて比放射能の高い放射性同位元素の製造を強調されたが、多くの生物学実験室ではそのような必要がないのではないか。

答 確かにそういうことはあるが常にそうであるとは限らない。たとえば ^{131}I でも、放射線による分解のため生ずるヨードが好ましくないとの理由で次第に比放射能の高いものが要求されるようになってきている。

問 セシウムの外に希土なども核分裂生成物から分離する計画があるか。

答 現在セシウムについて研究を終り、ストロンチウムについて研究している所であるけれども、多分つぎにプロメチウムを分離することになると思う。その他のものについては目下のところでは考えていない。

問 セシウムの比放射能が低くなるのはセシウムの外に他のアルカリなどの不純物、たとえばルビジウムなどが含まれているためではないか。

答 われわれはリンタングステン酸による沈殿法を採用しているが、その製品についての分析はまだやっていない。

問 核分裂生成物中のセシウムの平均濃度はどれくらいか。また、 ^{137}Cs の収率を教えてください。

答 全核分裂生成物の濃度は $1,000\text{ c/l}$ の程度で、このうち ^{137}Cs は溶液の放置時間によっても異なるが、ほぼ 100 mc/l 程度である。また全行程を通じての収量は96~97%であるか。

問 Szilard-Chalmer 法によりナトリウムの濃縮をやったことがあるか。

答 フタロンアニオン・ナトリウムを試みたことがあり多少濃縮したのだが実用には程遠い小さい濃縮係数であった。

問 ^{32}P の化学形、すなわち他のリン酸の検出を試みたことがあるか。

答 ベーパー・クロマトグラフィで折々確かめている。各バッチについては試験しないが定期的に試料を取り、チェックしたところ、正リン酸以外のリン酸は常にほとんど検出されていない。このことはまたリンの標識化合物をつくるときも問題はなく、むしろ化学的、放射化学的純度の方が重要であるように思う。

問 年間 ^{137}Cs をどのくらい製造できるか。

答 目下の装置では2~3,000c/年を一応目標としているが5,000cまでに上げるのは容易である。この装置はパイロット・プラントでいずれ本格的なプラントを作るつもりであるが、これはサクレーには置かず、多分マルクルの再処理プラントの側に建設することになるだろう。その場合はバッチ数は沈殿法ではなく、カラム法を採用することになると思っている。この場合 10^{-6} といった高い除染係数がえられるので、さらに ^{90}Sr を除けば廃棄物処理の見地からきわめて好ましくなる。

問 ^{137}Cs が大量につくられた場合、 ^{60}Co よりも安価にはならないか。

答 ^{60}Co は現在カプセルに多くの問題があるのでこれは改良されるにつれて安くなると思う。しかし ^{137}Cs については溶液を得るまでは安価で線源をつくる過程ではどうしても高価になるので、今後 ^{137}Cs の線源がそれほど安くなるとは思われない。

(後記) この記事は昨年10月16日本会と日本化学会共催で日本都市センターで行われた仏国原子力庁サクレー核研究センター、放射性同位元素研究室長、Ch. Fisher氏の講演を多少手を加えてまとめたものである。質疑応答の部分は紙数の都合上要点のみに限定したことをご容赦願いたい。なお同研究室の最近の動向、とくに放射性同位元素製造建屋とユニット・セルについてはBulletin d'informations scientifiques et techniques, No. 51, 1961年5月号に詳細に記載されているのでご参照下さい。(夏目晴夫 記)

本誌バックナンバー

会員は2割引で入手できる

本誌のバックナンバーは昭和年6月創刊以来全部揃っております。会員には定価(200円)の2割引で頒布していますので、品切れにならぬうちに申し込み下さい。(送費別)