2・3 測定装置†

大塚 巖

(社)日本アイソトープ協会

113 東京都文京区本駒込2-28-45

検出器の出力信号は、シンチレーション検出器あるいは熱ルミネセンス素子のように光電管を使用するものを含めて、パルス波形であることが多い。パルス波形以外では電離箱の出力として、多数のパルスの集合としての微小直流電流を取り扱うことがある。

これらの出力パルスは単独で、あるいは集合として放射線に関する情報をもっているため、それら情報を引き出すための電子回路、検出器に必要な電源などをもったものが測定装置である。したがって一口に測定装置といっても種類はかなり多く、すべてについて述べられないので、代表的なものについて触れることにする。

全般的に30年間をみると、装置の主要部である電子回路が、放電管・真空管時代からトランジスタ時代を経て、現在の集積回路(IC)・トランジスタ時代になり、高信頼、高性能、小型化されてきたことが目につく。

また代表的な機種については日本工業規格(JIS)もつくられ(現在約20種)、コネクタ、NIM(nuclear instrument module)などについては、国際規格化も進められている。

1950～51年ごろ、市販されていた放射線測定装置は、ローリッツェン検電器とガイガ(GM)計数装置くらいのもので、GMサーベイメータ、電離箱サーベイメータが市場にでたのは2、3年あとであった。

ローリッツェン検電器は、摩擦起電器を使用し、他の電源を必要とせず、 α 、 β および γ 線のいずれも測定できる長所をもっているが、 α 線を除き、個々の放射線を検出できない、接眼レンズをのぞきながら測定しなければならない、などの欠点のため、あまり多くは使用されなかった。現在では製作されていない。

β 線および γ 線の測定は、もっぱらGM計数装置で

行っていた時代であった。初めのころは戦前から原子核実験で用いられていた放電管式の8進スケーラと、ガスメータ式の機械的録数器(これはきわめて優秀で毎秒50回の計測が可能であった)を組み合わせた計数装置をやむを得ず使用していたが、RI使用とともに使いやすい、真空管式の16進スケーラと時計式の機械的録数器を組み合わせた計数装置が市販されるようになった。

16進スケーラはすぐ32進となったが、日常生活に親しんでいる10進法とは異なり、勝手が悪いので10進法回路が研究され、数年ならずして100進、1,000進スケーラが現れた。真空管式の100(1,000)進の計数装置は、増幅器、直流高圧電源などを組み込んであり、かなり重量のある大型のものであった。

この時代、忘れてならないものの一つに時計式録数器がある。これは米国製の計数装置に装着されていたものを模倣製作したもので、従来の度数計の毎秒10回よりも早く、毎秒40～50回計数可能な優秀なものであった。

スケーラでは、真空管式の10進法回路が大型で故障が多い欠点を埋めて、トランジスタ化されるまでの時期、E1T(オランダ)あるいはデカトロン(商品名、正式には10進計数放電管)を使用した $10^2 \sim 10^6$ スケーラが市販された。デカトロン使用のものは、現在でも市販されている。

サーベイメータなどの国産化が遅れている時期には、外国、とくに米国製のものがかなり使用された。代表的なものにTracer Lab., Nuclear Chicago, Victreenなどがあつた。

サーベイメータ類で最も早く製作されたものはGM式サーベイメータである。交流式の重いものは1950年ごろに作られていたが、電池式のもの1955年ごろになってから現れた。電池式でも真空管使用なので電池の消耗が大きく、現在のトランジスタのものと比べものにならない。

† Measuring Equipment. Iwao OTSUKA: Japan Radioisotope Association, 2-28-45, Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo 113.

現在でも、製作上やっかいな機種の一つに、電離箱式サーベイメータがある。1950～55年ごろは、もっぱら外国製のものが用いられたが、これがまた耐湿性が悪く、湿度の高いところでは使用に耐えないようなものが多かった。とはいえ電離箱式サーベイメータの必要性は大きい。メーカーの努力により国産化が進められ、最高感度 $15\sim 25\text{ mR}\cdot\text{h}^{-1}$ (最大目盛)のものが市販されるようになったが、なんといっても感度不足であった。

全目盛 200 mR のポケット線量計が市販されたのもこの時期である。

1954年(昭和29年)3月1日ビキニ事件が起きた。この事件は、放射線測定器関係にとっても画期的なことであった。直接には、マグロなどの検査用機器の増産、性能の統一などが問題であった。

この事件を契機に、原子力予算が支出されるようになり、各種の研究・調査、機器の試作などに対し委託、あるいは補助金の交付が行われるようになった。測定器あるいはその重要部品の試作に対しては補助金の交付が多かった。

補助金によって試作されたものはかなり多く、測定装置の発展に寄与した。

新たな検出器が実用化されると、それに応じた測定装置も発展した。シンチレーション・スペクトロメータ、比例増幅器などもその例である。

NaI(Tl)シンチレーション検出器の特性を十分に發揮するためには、高速の計数回路、直線性のよいパルス増幅器、波高弁別回路、波高分析器などを必要とする。そのため多くの研究が各国で行われた。

これらの電子回路は、検出器と異なり、知識と多少の技術があれば誰にでも製作可能なので、研究報告どおりの機器が電子機器メーカーから市販され、だいたい今日の姿に近づいた。A-1型比例増幅器、DD-2型比例増幅器、安定直流高圧電源などがその例である。

10^{-15} A 以下の電離電流を測定する機器として、従来からあったものは、エレクトロメータ用に作られた特殊な真空管を用いた直結の直流増幅器であったが、消費電力が大きく、とても可搬になるようなものではなかった。

変換型直流増幅器で、なんとかこの程度の電流を測定すべく各国でさかんに研究が行われた。直流を効率よく交流に変換する部分が最も難しいところで、最終的には向かい合った電極の一方を商用周波数でない、ある高い周波数で振動させることにより、接触電位の問題などを解決した。この形の直流増幅器が今日いわ

れるところの振動容量型電位計で、前記の直結型に比べてあまり遜色のないものが作られるようになった。

電離箱式サーベイメータに使われる直結型直流増幅器も初段を除き真空管からトランジスタになり小型化され、感度も上がってきた。初段の真空管は最後までトランジスタ化されずにいたが、今日では電界効果トランジスタ化されている。

グリット付き電離箱あるいはNaI(Tl)シンチレータで、 α 線あるいは γ 線のスペクトルをとるさいに使用される機器にシングルチャネル型波高分析器、グレーエッジとオシロスコープなどがあるが、いずれも精度、分解能が悪く、測定に多くの時間を必要とするなどの欠点があった。

そこで多重波高分析器の研究がさかんに行われた。初めは20チャネルくらいの積重型なども研究用に試作されたが、波高-パルス列変換方式が発表されるにつれ、この方式を採用した機器が市場に現れるようになった。

一口に波高-パルス列変換方式といっても、記憶方式、チャネル数で違いがある。初めは水銀遅延回路を用いた100チャネルのものが市販されたが、故障が多かった。すぐ256チャネルのものが市販された。これは磁気コアメモリーを使用したものであった。400, 1,024, 4,096, 8,192チャネルとチャネル数がしだいに大きくなり今日に至っている。

またメモリー回路も、電源を切るとメモリーが消えてしまう磁気メモリーから、消えないICメモリーと進歩してきた。周辺機器も数多くの種類のものが作られた。

螢石から出発して、現在では高感度、低フェーディングの各種熱螢光素子が実用化されている。しかし、これら素子は、安定で精度の高い読取り装置(リーダー)がなければ役に立たない。リーダーの製作はかなり前から行われていたが、満足のいくものが作られるようになったのはやっと数年前である。

真空管からトランジスタへと部品が小型化されてくると、必然的に装置全体が小型化されてくる。従来の計数装置のように、あらゆる必要回路が内蔵している場合には問題がなかったが、比例増幅器のように単品の場合に大きさをどうするか問題があった。

横425mmの標準シャーシが多数使用されていることを無視できないので、標準シャーシの幅のラックで、分割使用できるNIMモジュールシステムが米国で使われるようになった。

NIMモジュールシステムは、現在では国際規格に

採用され、数多くの種類のモジュールが世界中のメーカーから市販されている。種類が多すぎ、多品種、少生産のコスト高が問題になっている。またこのモジュールはトランジスタ時代の産物で、IC時代には大きすぎるきらいがあり、今後の問題として残っている。

最後にモニタ類のことに触れておこう。モニタ類でいちばん始めに開発、使用されたのは、たぶんハンド

フットモニタであろう。その後フロアモニタ、エリアモニタなどが市場に現れ、単品はほぼ出揃った。現在は各種モニタからの情報を一か所に集め、中央監視するのがはやりである。問題は24時間誰が監視するか、判断をできる人がモニタ室に常にいるかどうかにかかっている。

2・4 データ処理†

岡村 勉 夫

日本原子力事業(株)総合研究所

211 川崎市川崎区浮島町4-1

2・4・1 データ処理の変遷

放射線測定の初期1950年ごろには、GM管などで測定されたデータを2進または10進法スケーラあるいは指示計器でアナログ表示するのがふつうであった。その後省力の目的でデジタル・プリンタが接続されるようになった。以後、サンプル・チェンジャの使用に伴い、データ処理に関する必要性は急速に高まり、エレクトロニクス技術の進歩とともに、コンピュータ化に向かって発展していくことになる。

これらの発達過程は、応用分野による違いは意外に少なく、むしろ各時代に利用可能となった技術、たとえばトランジスタ化、ICの普及、LSIの出現、マイクロコンピュータの登場などにより一時期が画されるという傾向をたどった。

その一例を、単一の分析機器としては比較的広く用いられてきた液体シンチレーション・カウンタにとろう。1968年には100サンプル・プリンタ付きがあり、そのデータ処理機能はサンプル番号、測定時間そして計数値を打ち出すものであった。その後数年の間に装置自体に変化が起けると、データ処理側でも外部線源比率やcpmへの換算値を扱うようになる。液体シンチレーション・カウンタの場合、後述するマルチチャネル・アナライザほどのデータ量はないが、対象とす

るサンプルを交換しながら測定する。このため、サンプル・チェンジャと連動してサンプルごとに異なった測定条件を求められるので、データ処理もそれに対応したものとなる傾向が認められる。

しかし、ハードウェアによる電子回路は、その高度化を求めれば複雑となり、価格や稼働率上の問題となるので、この方式での発展は限界があると見られるようになった。

1975年ごろに、放射線測定機器の一部にコンピュータを応用したものが現れる。液体シンチレーション・カウンタにもこのころから、外部に簡単な計算機を接続し、ピンボードによって補正カーブを設定できる方式が一般的となる。磁気ドラムやテープへのデータ収集を含めてミニコンへの接続も行われた。

1977～78年、マイクロコンピュータの普及に伴って、これを内蔵した装置が登場する。マイクロコンピュータとメモリーの使用によって、機器のハードウェア上の複雑さを増すことなく、測定条件の設定やデータ処理を行わせることができる点で大きな進歩をとげた。

2・4・2 マルチチャネル・アナライザのデータ処理

測定器としては最も多量にデータを出力するものの一つであるマルチチャネル・アナライザは、その初期、16～32チャンネルのシングルチャネル・アナライザを並列にした形式の時代には、出力をカウンタに表示する

† Data Processing. Michio OKAMURA: Nippon Atomic Industry Group Co. Ltd., 4-1, Ukishima-cho, Kawasaki-ku, Kawasaki-shi 211.