

## 欧米の核医学施設を尋ねて

永井 輝 夫

(放射線医学総合研究所)

医学は歴史的に新しい機器、あるいは技術の発明を契機に段階的に進歩発展するのが常であるが、アイソトープ技術の導入もその例外ではなく、臨床的には核医学なる専門分野が確立され、今回ここに日本核医学として発足するにいたっている。

一方わが国の現状をかえりみると研究活動の拡がりという点では、アメリカとは比較できないまでも、一応西欧諸国とは肩を並べうる水準には達しているが、その深さという点ではやはり西欧先進国に一步をゆずらねばならない現状である。その原因は主に予算の不足に基づいていることはいうまでもないが、核医学という学問に対するわが国における体制の不備もその一因として挙げねばならないだろう。

ではどのような体制が最も適切であるかを知るために、スウェーデン、イギリス、フランス、ベルギー、オーストリア、イタリア、アメリカ等の核医学施設を訪問し、わたくしなりに一応のビジョンをうることができたので、最近の研究状況に併わせここに報告することにする。

訪問調査した医学機関の主なものは次のごとくである。すなわちカロリンスカ病院（ストックホルム）、University College Hospital Medical School（ロンドン）、ハンマースミス病院（ロンドン）、フレデリックジョリオ病院（オルセー）、グスタフシイ研究所（パリ）、国際原子力機関医学部（ウィーン）、ブルックヘブン国立研究所医学研究センター（ニューヨーク）、国立海軍医学センター（ベセスダ）、ウォーターリード陸軍病院（ワシントン）、NIH（ワシントン）、ローズエルパーク記念研究所（バックファロー）、

ジョンズホプキンス病院（ボルチモア）、オークリッジ原子核研究所医学部（オークリッジ）、ミシガン大学病院（アンアーバー）、メーヨークリニック（ロチェスター）、ドナー研究所（パークレー）、ベテランズアドミニストレーションセンター（ロスアンゼルス）、核医学放射線生物学研究所（ロスアンゼルス）、カルフォルニア大学医学部（ロスアンゼルス）、カウンティハーバー病院（ロスアンゼルス）、ストラウブクリニック（ホノルル）等であった。

まず使用されているアイソトープ種類については、欧米ともますます多種多様化しており、とくにアメリカでは新しい核種、ならびに新しい標識化合物の製造、開発が極めて活発に行なわれている。

その1つの大きな傾向として短寿命アイソトープの開発と放射性ガス体の診断的利用をあげることができる。 $^{18}\text{F}$  ( $t/2$ : 1.87時間、陽電子放射体)は原子炉で容易に製造可能であり、骨軟骨腫瘍のスク্যানに極めて有利なばかりでなく、化合物の形によっては肝臓スク্যানができ、また理論的には多種の標識化合物を製造しうる可能性がある。将来性のある核種といえる。また身体に与える照射線量に対する考慮から、 $^{131}\text{I}$ の一部が $^{132}\text{I}$  ( $t/2$ : 2.33時間)にとってかわられ、幼小児、妊婦等の診断に好んで使用され、 $^{203}\text{Hg}$  ネオヒドリンに代って $^{197}\text{Hg}$  ( $t/2$ : 65時間、 $\gamma$ : 0.077 MeV) ネオヒドリンを使用している施設も多い。

短寿命アイソトープを利用しやすくする方法として半減期の比較的長い親核種より必要に応じて短半減期の娘核種を抽出利用するというアイソトープジェネレーター (cow) の

応用も活発で、従来治療用コロイド抽出に利用されてきた  $^{90}\text{Sr}$ — $^{90}\text{Y}$  カウ,  $^{132}\text{Te}$  (t/2: 77 時間)— $^{132}\text{I}$  カウ等に加えて幾つかの目新しいものが登場している。すなわち  $^{87}\text{Y}$  (t/2: 80 時間)— $^{87\text{m}}\text{Sr}$  (t/2: 2.75 時間) カウによってえられる  $^{87\text{m}}\text{Sr}$  は骨腫瘍スキャンの他循環動態の研究にも利用されており,  $^{137}\text{Cs}$ — $^{137\text{m}}\text{Ba}$  (t/2: 2.6 分) カウよりの  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  は非常に半減期が短いので循環動態を反復検査するのに都合がよく, また大量投与が可能なので心臓の循環動態を動的シンチグラムとして把握する目的にも使用されている。また  $^{68}\text{Ge}$  (t/2: 250 日)— $^{68}\text{Ga}$  (t/2: 68 分, 陽電子放射体) からの  $^{68}\text{Ga}$  は EDTA と結合させ脳腫瘍のポジトロンスキャンに利用されているが, 陽電子放射体が一般に半減期が短いという欠点をカバーするものとして注目される。

陽電子放射体の利用はスキャンの改像力の向上に極めて有力な手段であるが, 脳腫瘍の診断のみならず  $^{52}\text{Fe}$  (t/2: 3 時間, 陽電子放射体) を利用すれば造血部位の像もうることができ。

いずれにしろ, わが国でも今後は原子炉,あるいはサイクロトロンによる短寿命アイソトープの生産と, 化学的処理による精製,あるいは合成と, 使用者である医師との間に有機的連携を常に保って共同して開発していく体制が必要であろう。

臨床診断に利用される放射性ガス体の主なものは,  $^{85}\text{Kr}$  (t/2: 10.4 年),  $^{79}\text{Kr}$  (t/2: 34 時間),  $^{133}\text{Xe}$  (t/2: 5.27 日,  $\gamma$ : 0.081 MeV) の3者である。これらはいずれも呼吸循環系の診断に利用され,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{79}\text{Kr}$  は注射投与された場合肺臓よりほぼ完全に呼出されるという利点が利用され, 心臓循環動態および局所臓器循環の診断に用いられている。 $^{133}\text{Xe}$  は吸入させても生体に吸収されない点より, 主として吸入法による呼吸機能診断に利用されている。このようにこれら放射性ガス体を利

用する診断法には, 従来の方法にない幾多の利点が多いので欧米ではすでに広く実用化されている。しかし一方これらの方法には生体より呼出された放射性ガスをいかに処理するかの問題が残る。欧米ではこの点あまり問題がないものとみえ, どの施設でもなんらの処理を行わず, パイプで単に大気中に廃棄しているに過ぎない。

イギリスではこの他にサイクロトロンによって生産された極く半減期の短い放射性ガス体  $^{15}\text{O}$  (t/2: 2.1 分, 陽電子放射体),  $^{11}\text{C}$  (t/2: 20.5 分, 陽電子放射体),  $^{13}\text{N}$  (t/2: 10 分, 陽電子放射体) 等を患者に呼吸せしめ呼吸機能をそれぞれの肺臓局所について分析する方法が積極的に行なわれている。また  $^{14}\text{C}$ ,あるいは  $^3\text{H}$  標識化合物を投与し, 呼気中の放射能を分析し代謝過程を追究する方法も広く行なわれている。

このような方法は人体投与という点でも, 大気中への排泄という点でも, 幾多の問題があるが, 利益と欠点を实际的に処理している欧米の考え方は今後わが国でこのような方法を行なう場合の参考となろう。

放射性ガス体を利用する方法の重要性は10月21～25日にアメリカオークリッジで行なわれた国際シンポジウム (Dynamic Clinical Studies with Radioisotopes) の重要な課題に挙げられ多くの討議がなされたことからもうかがえる。いずれにしろ放射性ガス体を利用する循環呼吸系の研究は今後ぜひとも, わが国でも行なわねばならない方法の1つと考えられる。

その他注目される比較的新しい核種としては,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{123}\text{I}$  (t/2: 13 時間,  $\gamma$ : 0.159 MeV) 等の他  $^{75}\text{Se}$  メチオニン,  $^{199}\text{Au}$  コロイド,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{131}\text{Cs}$ ,  $^{203}\text{Hg}$ -B MHP,  $^{131}\text{I}$  コロイド状アルブミン等を挙げることができよう。

$^{75}\text{Se}$  メチオニンは, わが国ではすでに目新しいものとはいえないが, 膵臓スキャンに対するアメリカでの評価は必ずしも一致してい

ないようである。 $^{75}\text{Se}$  メチオニンは脾臓の他、副甲状腺や前立腺にも集るので一部では副甲状腺スキャンにも利用されている。今後  $^{75}\text{Se}$  メチオニに限らず、トリプトファン等の他のアミノ酸の標識も考えられよう。

$^{199}\text{Au}$  ( $t/2$ : 3.2日,  $\gamma$ : 0.158MeV) はエネルギーが適当である点で注目されるが、生産その他に難点もあり、 $^{198}\text{Au}$  にすぐに代るものとは考えられない。

$^{99}\text{Mo}$  ( $t/2$ : 16時間,  $\gamma$ : 0.140MeV) は投与後肝臓に集るので肝臓スキャンに用いられている。その娘核種である  $^{99}\text{Te}$  の  $\gamma$  線を利用するものでコリメーションが容易な利点がある。

$^{131}\text{Cs}$  ( $t/2$ : 9.7時間, X線) は従来  $^{203}\text{Hg}$  ネオヒドリン, あるいは  $^{86}\text{Rb}$  で試みられていた心筋スキャンに用いられる今日最も有望な核種である。エネルギーの関係で心臓後壁の硬塞は発見しがたいが、前壁のものでは明瞭なシンチグラム上の欠損として認められている。

$^{203}\text{Hg}$ -BMHP (bromo mercuri hydroxy propane) は、これを直接静注することによって体内で赤血球を標識しえ、かつ標識された赤血球は多少壊れやすくなるので脾臓に捕獲され、脾臓スキャンができる。 $^{51}\text{Cr}$  法に比し操作が極めて簡単なので今後よく利用されていくと考えられる。

$^{131}\text{I}$  コロイド状血清アルブミンは最近の1つのヒットともいえるものである。これは従来用いられてきたコロイド状アイソトープとは生体内で処理されうという点で本質的に異なり、その製造方法も極めて容易であり、かつ粒子の大きさのコントロールも行ないやすい利点がある。網内系機能診断、肝臓、胃スキャンに利用しうるばかりでなく粒子の大きさを適当にすれば、肺臓に捕捉されるので肺臓循環の追究や、肺臓硬塞のスキャンも行なえる。とくに肺臓スキャンはX線写真上その変化が明らかでない症例でも極めて適確な

診断が行なえるので、将来本方面の有力な診断方法となることはまちがいない。オークリッジのシンポジウムではジョーンズホプキンス病院から多数の臨床例が報告されたが副作用は1例も認められていない。

代謝研究面で最も注目されるものはやはり  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  標識化合物の臨床への導入であろう。とくに  $^3\text{H}$  標識化合物は液体シンチレーションカウンターの普及と相まって、臨床診断面でも欠くことのできないものとなりつつある。そしてこの傾向は今後ますます強くなっていくものと考えられる。欧米の施設では基礎医学研究にはもちろん、臨床施設でも液体シンチレーションカウンターは不可欠なものと考えられている。さらに本法とコンバスチオン法、薄層クロマトグラフィー、ガスクロマトグラフィー、マイクロラジオオートグラフィー等との組合せは、とくにその将来性を高く評価できよう。

次に測定器その他の機器の面については、欧米ともに一口にいつて自動化、高級化の方向にあるといえる。すなわち自動試料交換式ウェル型シンチレーションカウンター、液体シンチレーションスペクトロメーター等の普及、ペーパークロストグラムスキャナー、薄層クロマトグラムスキャナーの高級化、自動的に稀釈法から血液量等を算出するボルムメトロン、甲状腺機能を算出するサイロコンピュータ等の登場はそのよき例であろう。

生体内放射能測定装置については自動化の傾向は一層顕著である。一般に体外計数に用いる検出器の数は数本、あるいは数10本と多くなり、その上、特定の診断目的に専用の部屋に専用の装置をセットする傾向にある。とくに腎臓、循環、呼吸機能診断にはオシロスコップ、磁気記録、テープ記録、マルチチャネル波高分析装置、電子計算器等の極めて高度の技術が続々導入されている。中でもマルチチャネル波高分析装置の将来性はとくに注目される。いずれの場合も検出器には3時

NaI (TL) 結晶が用いられており、3吋型がすでに標準のものとなっていることも注目すべきであろう。またヒューマンアームカウンター、アニマルカウンター、ヒューマンカウンター等も普及している。現在全世界で約130台以上のヒューマンカウンターが稼動しているが、最近は保健物理的目的でなく、臨床診断目的に多くの病院で建設されていることは注目すべき1つの方向といえよう。

以上の他、一部ではさらに小型半導体検出器の実用化がすすめられ、またアイソトープカイネティクス、放射化分析、ヒューマンカウンター等のデーター処理に電子計算器も応用されており、これらも将来核医学分野において重要な位置を占めてくるだろう。

訪問国別にその特長をみると、イギリスでは古い機器をよく整備し、じみな開発をつづけていること、フランスは最近核医学方面にも非常な力を入れ、機器の開発には独自の立場で極めて優れた成果を挙げていることが注目される。アメリカにおける最近の進歩は誠に目をみはるものがあり、新しいアイソトープが続々開発され、機器の進歩もまた他国の追従をゆるしていない。とくにタングステン遮蔽純金コリメーターをもつスカナー、5吋さらには8吋 NaI (TI) 結晶を利用したスカナー、さらには動的シンチグラムをも描記可能なシンチレーションカメラ、ポジトロンカメラ、オートフルオロスコープ、ヒューマンカウンター、電子計算器等々、極めて高級な機器が龐大な予算の下で続々開発されている。

そして各国とも設備された機器がいずれもよく整備され、作動していることは驚くばかりである。

欧米とくにアメリカにおける核医学のこのような成果は医師のみならず、物理学者や化学者が直接に協力し、この3本を柱として核医学がおしすすめられているために他ならない。そして多くの場合核医学施設はセンター化さ

れ、診断サービス業務とともに研究、教育に極めて有機的に運営されている。

アイソトープの開発利用、あるいは機器の開発は他の医学専門領域では考えられないほどの予算が必要となってくるが、さらに機器が高級化し、高度の技術が必要となるばかりでなく、放射能汚染対策という面からも、核医学施設のセンター化は今後わが国でも当然の要求となってくるだろう。

そしてその理想的な姿は次のごときものになると考えられる。すなわち医学、応用物理(医学物理、エレクトロニクス)、化学(生化学、薬学)の各専門家を3本の柱として研究開発、教育(医師ならびに医学生に対する)、臨床診断サービス等を行なっていく、生体内放射能測定装置(シンチスカナー、スペクトロメーター、アームカウンター等)をもつ幾つかの診断室、ウェル型シンチレーションカウンター、クロマトグラムスカナー、液体シンチレーションカウンター、ボルメトロン等を完備した化学実験室、エレクトロニクス技師、工作技師の常駐するエレクトロニクスショップ、できうればこれにヒューマンカウンタールーム等が必要であろう。患者用ベットは10床もあれば十分だろう、小さな動物舎もほしいものである。以上のような内容の核医学センターは内科、放射線科、外科、泌尿器科その他の各科と緊密に協力し知的、人的交流を行なうことに臨床病理や中央臨床検査室とも協力してゆかねばならない。またアイソトープ製造、放射化分析という点では他の原子炉施設、あるいは製薬施設、薬学部等と有機的な連絡を保つとともに、データー処理という点ではコンピューターセンター、数学者との連繫も必要となってくる。

このようなことはわが国の現状を考えると、あるいは夢物語かも知れないが、少なくとも少しでも理想的な方向に近づける努力は必要だろう。