

编号: (82)003

# 出国参观考察报告

日本放射性同位素  
在医学和农业上的应用

科学技术文献出版社

# 目 录

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 一、会议及考察活动概况·····            | ( 1 ) |
| 二、日本同位素生产应用发展情况及特点·····     | ( 2 ) |
| 三、日本同位素及放射性药物的医学应用发展情况····· | ( 5 ) |
| (一) 会议对医学同位素应用的讨论情况介绍·····  | ( 5 ) |
| (二) 日本医学同位素应用的考察概况·····     | ( 6 ) |
| 四、日本的核医学概况·····             | (10)  |
| (一) 会议有关核医学的主要论文介绍·····     | (10)  |
| (二) 参观考察核医学单位介绍·····        | (13)  |
| 五、日本原子能在农业上的应用·····         | (18)  |
| (一) 日本原子能农业应用的几个特点·····     | (18)  |
| (二) 日本原子能农业应用研究的进展情况·····   | (21)  |

# 日本放射性同位素 在医学和农业上的应用

中国放射性同位素小组

王琳清 赵惠扬 李永键 袁丽君

中国放射性同位素小组一行四人，应日本原子能产业会议（以下简称“原产”）的邀请，于1981年11月25日至12月12日在日本参加了第15届日本放射性同位素会议，并在会后进行了专业考察。现将会议及考察情况报告如下。

## 一、会议及考察活动概况

日本放射性同位素会议由日本原子能产业会议（Japan Atomic Industrial Forum），简称“原产”主办，日本放射性同位素协会（Radioisotope Association）和日本原子能学会（Atomic Energy Society of Japan）协助联合召开。参加会议的组织还有原子能委员会、科技厅、国际贸易及工业部、外务省、厚生省、农林水产省、日本原子能研究所、动力堆核燃料开发事业团及东京市政府、大学、研究所等。会议邀请了澳大利亚、加拿大、中国（包括台湾省）、法国、西德、匈牙利、印度、印度尼西亚、南朝鲜、马来西亚、巴基斯坦、新加坡、苏联、泰国、荷兰、菲律宾、英国、美国等19个国家以及国际原子能机构（IAEA）和联合国开发计划署（UNDP）两个国际组织共40名代表参加。

会议的目的是促进放射性同位素及辐射应用的发展。本届会议的中心议题是“辐射应用的发展（尤其在医学和工业上的应用）及国际合作”。

会议于1981年11月26日开幕。开幕式由日本原子能研究所所长藤波恒雄主持，“原产”会长有泽广已致开幕词，准备委员会委员长三菱电机（株）会长进藤贞和原子能委员会委员长代理向坊隆讲了话。

提供会议的论文报告48篇，讨论发言稿12篇。其中放射性同位素和辐射应用的国际动态4篇，工业及辐射加工13篇，核医学14篇，测量5篇，废物处理6篇，农业、食品贮藏、理论研究及国际合作6篇。我国代表赵惠扬同志作了“钨-99m、钷-113m发生器在临床医学中的应用”和李永键同志作了“上海原子核所用回旋加速器生产放射性药物及氚标记生物分子的研究”的报告。在会上作报告的外国代表共13名。

会议分A组（综合组）、B组（技术组）进行。A组报告的主要内容：放射性同位素和辐射应用的国际动向；同位素和辐射工业应用的现状和展望；人体显像诊断；同位素及辐射技术在东南亚国际合作的进展；低水平放射性废物处理。另外，讨论国际合作问题另有4位代表发言；RCA/UNDP工作计划有6名代表发言。B组报告的主要内容：质量控制和非破坏性检

查的应用；辐射测量技术的进展；辐射加工的进展和评价；加速器医学应用中的现状和问题；辐射与生物技术（包括辐射与农业等）。C会场介绍近代仪器的应用，有人体显像——近代原子核诊断法，医用回旋加速器，婴儿型回旋加速器概况及其应用的进展，光的新传输法——光纤，基本粒子群，锗探测器，近代测量方式，非破坏性试验的LINAC概要，使用放射性同位素的放射性废物设备，辐射监测系统，锗探测器的脉冲高度分析器用于环境监测等。

会议期间，还举办了核仪器及产品展览会，有21个厂商及单位参加展出。

会议于27日闭幕。闭幕式由三井业际研究所常务委员向山完孝任主席，第二精工舍常务理事原礼之助任副主席，日本原子能研究所理事望月勉作总结报告。最后进行了总结讨论，由群馬大学医学博士永井辉夫、东京农业大学同位素研究所所长稻叶繁等三人代表工、农、医作了总结性发言。

会议结束后，自11月28日至12月11日，根据我方提出的要求，由“原产”安排并派人陪同参观访问了东京、大阪、黑矶、茨城、千叶县、埼玉县的20个单位。其中医院3个（国立疗养所中野病院、大阪大学医学部附属医院放射科、东京大学医学部附属医院放射科）；大学3所（东京大学农学部原子能综合研究中心、东京农业大学同位素研究所、大阪大学核物理研究中心）；研究所8个（日本原子能研究所的东海研究所、大洗研究所，理化研究所，放射线医学综合研究所，农业技术研究所的化学部、生理遗传部、辐射育种场、Dainabot放射性同位素研究所、筑波高能物理所）；制作仪器的厂商6个（医学物理公司、三菱电机株式会社、日立公司、Aloka公司、第二精工舍、东京芝浦电器（株）医学工程中心）。参观考察的单位，除农业研究单位4个外，均为同位素生产、核医学和与核医学有关的单位。上述单位中7个是参加14届日本同位素会议的我国代表团参观过的，但这次参观的具体部门和侧重点不同，新参观的单位有6个。

## 二、日本同位素生产应用发展情况及特点

通过考察，对日本放射性同位素生产、应用情况以及工作特点有了进一步的了解。

### 1. 日本原子能在医学、农业应用和同位素生产方面的情况及发展趋势

日本同位素研究最早开始于三十年代末四十年代初，1950年由美国进口同位素后，逐步开展了同位素生产和应用研究，1951年日本放射性同位素协会成立，1956年原子能产业会议成立。部分大型设备仪器和研究机构成立于五十年代后半期，如日本原子能研究所东海研究所成立于1956年，并建成第一个反应堆，放射线医学综合研究所建立于1957年，农业技术研究所的辐射育种场成立于1961年，并逐步建立了相应的设备仪器。六十年代原子能应用有显著的进展。1960年参加联合国国际原子能机构，七十年代以后日本同位素应用发展特别快。二十多年来放射性同位素在组织生产，工业、医学、农业应用，测量技术，防护等方面的研究不仅发展快，而且水平高，取得了显著的成果。例如：

放射性药物是医学应用上起决定作用的因素，近年来利用回旋加速器生产医用同位素取得了较大的进展，在大型、小型加速器上开展了超短寿命同位素 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{18}\text{F}$ 以及标记药物的快速合成。放射性测量仪器有新进展，闪烁探测器制出大尺寸的NaI晶体，开始扩大使用效率高的锗酸铋晶体，多道能谱分析器，氡监测仪器受到重视。在应用方面，医学上辐射显象数据的计算机化， $\gamma$ 照象机的迅速发展，（其性能显著改进，可作动态检查，效率高，

具有全身照相装置)，特别是发射型断层扫描技术(ECT)和正电子断层扫描(PCT)技术的应用，快中子、质子及重离子在治癌上显示出良好的前景，辐射灭菌已达到实用阶段，正扩大商品化；工业上，辐射工艺方面，特别是电子束辐照工艺的应用，效果好，同时节约能源；在农业上，同位素示踪技术广泛应用于农业、林业、畜牧、水产各方面，应用于土壤肥料、动植物营养代谢、植物保护、环境污染，对改进农业技术，提高农业生产作出了贡献；辐射已应用于多种作物品种改良，创造自然界没有的新种质，已育成了30多个新品种及许多新类型，农畜水产的辐射贮藏已使马铃薯辐射贮藏进一步商品化，辐射诱发昆虫不育已使甜瓜蝇在冲绳岛上被消灭，活化分析在研究环境污染、鉴定鲑鱼分布回游、对提高鱼产量起了良好作用。

## 2. 有比较健全的研究机构和研究体制，注意发挥自己优势，不断引进、改进研究手段

五十年代后半期以来，日本逐步建立了多种形式的研究机构。原子能研究所是日本核科学技术的大型综合研究基地，拥有大型设备，4个反应堆、核电站、核聚变装置、9台直线加速器和7个辐照装置。筑波高能物理所更加现代化，1976年建成一个产生12GeV质子、直径108米的同步加速器，并建成2.5GeV的同步辐射光源。1981年已建成400米长的直线加速器，这是世界第二大装置。大阪大学核物理研究中心亦属大型实验中心之一，有直径2.5米的可变能量AVF回旋加速器及有生产同位素的程序控制自动上卸靶装置，并配有良好的外围设备(包括大型磁谱仪、大型计算机)。放射线医学综合研究所是核医学研究中心，有正电子断层扫描机二台(目前世界上只有41台)，还有直径为2.15米的AVF回旋加速器，这是目前最先进的医用加速器。该所还有设备完善、先进的化学、物理、生物、防护等实验室和动物房。理化研究所又在建一分离扇重离子加速器，包括一直线加速器和AVF回旋加速器作注入器，现已建成直线部分，并投入实验，预计1988年全部完成，投资135亿日元。它将用在医学上来制备同位素和进行重离子治疗，一些指标在世界上是先进的。在核医学方面也有较好的条件，具有300个病床的医院中已有1400台CT，正使用的 $\gamma$ 照相机有数百台，PCT有4台。每个核医学中心有 $\gamma$ 照相机(带电子计算机)3—4台。全国有2台紧凑型回旋加速器，专门生产医用短半衰期的放射性同位素，保证放射性药物供应充足。在农业上，食品辐射中心有50万居里、30万居里的辐照装置。农业技术研究所、东京大学、东京农业大学等研究教学单位均有供农业研究用辐照装置和配套的仪器设备。辐射育种场有可供全国利用的 $\gamma$ -圃、 $\gamma$ -温室、 $\gamma$ -人工气候箱群及供辐射遗传育种研究用的实验室、培养室、温室等。还有安装现代化设备供同位素研究用的温室，电子计算机控制的现代化种子库，缩短作物生育周期的加代温室，以及专为辐照诱导昆虫不育的钴源等。

日本不断改进研究手段，充分利用设备，考虑本国的资源基础，充分发挥自己国家的优势。日本有发达的钢铁工业、电子工业，自己能够制造小型、大型加速器， $\gamma$ 照相机，PCT，计算机等。本国无条件生产或需要高投资的药物即利用外资进口，例如，堆照放射性同位素及药物基本靠进口，并对进口的粗制品进行二次加工。氚标记化合物用量少，则直接进口。日本现有五家专营放射性药物供应公司，有三家与外国合营，二家法、英分公司，全国各地设有营业所。仪器设备基本由日本国内专门的大型企业进行生产制造。如日立公司的日立Medico公司，东芝医学工程中心，Aloka公司和第二精工舍等均有较强的技术力量并与国外企业合作，能较快地赶上国际水平。

同时，在日本国内有比较完整的同位素生产、应用研究单位和体制。有国立的大型研究所，如原子能研究所、理化研究所、放射线医学综合研究所、农业技术研究所等。有大型核

科学实验中心以及同位素原子能研究综合中心，如大阪大学核物理研究中心和东京大学原子能综合研究中心等。许多大学的医学部、农学部等均有专门的研究机构和研究项目。企业公司又设有研究所，进行仪器设备的研制。规模较小的设备，则在大学里研制。

日本对仪器设备、放射性药物有严格的质量管理制度，如放射性药物的质量管理，日本厚生省设有专门的审议委员会，对每种将要生产的药物组织专门会议审议批准，定出放射性药物的基准。

在日本，大型设备仪器、研究中心的设施向全国开放，也可对外国开放。研究人员可以广泛地使用各地的实验室（同时与几个地方的课题相结合），以提高设备的利用率。如东京大学原子能综合研究所的设备供全国利用，每年有3500人去该所使用。

一般研究机构，同位素实验室面积不大，人员不多，但工作质量水平及效率较高。实验室工作人员严格遵守防护规章制度。房屋内部全嵌有塑料板，配有空调设备，辐射仪、放射性沾污仪器齐全。不少实验室位于市区内或居民区内，无防护距离地带，但从未发生过放射性事故。

### 3. 研究内容广泛深入，不断提高研究水平

日本对各种放射性同位素生产和应用进行了广泛多样的研究，如放射性同位素及其药物的研究生产，超短寿命同位素及其标记药物的研究，各种放射性测量仪器的研制，能同时测中子能谱和 $\gamma$ 能谱的液闪、多道能谱分析器及各种探测器的研究等。

在核医学方面，研究的内容有：发射型断层扫描和正电子断层扫描技术的研究和应用，辐射治疗癌症，辐照灭菌，X射线摄影数据处理，CT、PCT、ECT的改进和发展，NMR（核磁共振）显相技术，回旋加速器生产的放射性同位素的医学应用，快中子、质子、重粒子的放射治疗等。

在农业方面，日本广泛研究放射性同位素示踪技术在农业中的应用，内容有：以各类土壤为对象研究养分在土壤中的流失、溶解和固定，为改良土壤改善施肥法提供依据；研究各类作物的营养代谢、作物营养与栽培环境条件的相互关系；植物保护技术方面，研究昆虫的生理生化生态和昆虫寄生的选择性，调查病原菌和寄生的关系以及环境污染。还进行活化分析方法在土壤、作物、鱼类方面利用的研究。另外，在辐射育种，创造新种质资源；辐照食品，延长贮藏期；诱发昆虫不育，防治害虫等方面以及辐照方法和技术理论方面均进行了研究，并取得了良好的效果。

### 4. 重视人材的培养，重视学术交流和国际合作

日本重视国内专业人材的培养，按照原子能事业发展的不同阶段的特点进行人员培训。如五十年代初期，在原子能农业应用研究的初期阶段，就派出6名农、林、牧方面的专家出国留学。日本国内从1953年至1958年由国家单位组织五期培训班，培养了327名专业人员，成为国内开展研究的基础、骨干力量。以后随着核技术的发展，用多种形式进行培训，除大学设有原子能专业外，各专业领域也设有专业进修学校。如原子能所设同位素进修学校，放射线医学综合研究所办训练学校。另外派出大量学者赴国外考察、访问，进行合作研究。同时积极开展学术交流。各研究所几乎都有自己的年报、刊物和其他学术出版物。例如仅有职工22人的辐射育种场，从建场以来，每年召开一次 $\gamma$ -圃研究工作讨论会，还办了三种出版物。学术会议比较多，大型的如“日本放射性同位素会议”，自1956年以来，每二年召开一次，并请外国代表参加会议。其他原子能产业会议的年会，每年也都召开一次，专题讨论报告会则更多。

日本还重视国际交流合作。国内大型会议邀请外国代表参加并让其在会上作学术报告，

一些国际性会议争取在日本召开，并积极参加国际原子能机构和太平洋东南亚地区合作活动，提供经费资助。另外，并与很多国家签订了双边、三边、多边技术协议。一些仪器设备、放射性药物的厂商、公司还与外国公司合营或经销国外先进设备，注意引进新技术，如第二精工舍与美国EG & G、Ortec公司合作经销PCT仪器。

### 三、日本同位素及放射性药物的医学应用发展情况

#### (一) 会议对医学同位素应用的讨论情况介绍

第15届日本同位素会议在医学同位素应用方面，集中讨论了四个问题，即同位素的生产、同位素仪器的发展、同位素的应用和废物处理。

##### 1. 同位素的生产

放射性同位素及其药物在会议上被认为是医学应用中起决定作用的因素，在国际协作讨论中亦同样提出。代表们重点介绍了回旋加速器生产医用同位素的经验。例如加拿大近年来不仅在传统产品 $^{60}\text{Co}$ 源生产上，利用钴作核电站反应堆中的控制棒，每年增产价格低的 $^{60}\text{Co}$ 源400万Ci，而且扩大堆照及回旋加速器生产医用同位素的品种并将建立放射性药物公司。印度尼西亚第一个反应堆建成后立即投入医用同位素的生产，现在还准备再建一个反应堆来生产同位素。苏联用于制备放射性药物的同位素已达40种，其中一些快中子同位素是由一老式的直径1.5米的回旋加速器用特殊设计的靶子专门生产，有 $^{67}\text{Ga}$ ， $^{85}\text{Sr}$ ， $^{103}\text{Pd}$ ， $^{111}\text{In}$ ， $^{167}\text{Tm}$ ， $^{197}\text{Hg}$ ， $^{203}\text{Pb}$ 等。对于新的放射性药物已制订了一套从生物医学实验到临床试验的鉴定药物功效和质量的体系。近年来，美国洛斯阿拉莫斯国立实验室在介子工厂的基础上采用新的高频技术，设计了一种医疗用介子发生器（PIGMI），可同时廉价地生产快中子医用同位素。日本近年来利用大型和小型回旋加速器，开展超短寿命同位素 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{18}\text{F}$ 及其标记药物的快速合成，他们对某些药物的合成研制了一套程序控制的设备，临床应用时只要一按电钮就能自动产生 $^{11}\text{C}$ 标记的棕榈酸、葡萄糖、氨基酸等放射性药物。

##### 2. 同位素探测器

在放射性测量仪器方面，近年来有很多新的进展，这将促进核医学的发展。在闪烁探测器方面，现在已制出了大尺寸的NaI晶体，并开始扩大使用效率高的锗酸铋晶体（ $\text{Bi}_4\text{GeO}_{12}$ ，简称BGO），它的密度达7.3，尺寸可达 $15 \times 24 \times 24$ 毫米；其它还有快记数的塑料闪烁体和能同时测中子能谱和 $\gamma$ 能谱的NE-213液闪。在半导体探测器方面，高纯锗已取代锂漂移的锗，它不仅使用方便，而且耐辐射；硅探测器也采用高纯硅。 $\text{GaAs}$ ， $\text{CdTe}$ ， $\text{HgI}_2$ 等化合物探测器也有进展，虽然尺寸还是很小时，但适合做小型探测器。电离室、正比计数管中现在已用密度较大的Ar、Xe气体来代替空气等其它密度小、效率低的气体。多道能谱分析器是近年来最受生产者重视的产品，由于ADC已达到2—3亿Hz这样高的频率，8000道扫描只要3—10 $\mu\text{s}$ ，现在可以制成用干电池作电源携带式的多道分析器，多道分析器往往配有若干固定程序，能自动求能谱的峰位置、面积、能量刻度，归一、平滑和同位素的鉴别、定量的智能工作并有统一接口，可接上大型计算机系统以使用大容量的软件。新型的氡监测仪能直接给出数据，而且能排除本底中氡、钍射气的 $\alpha$ 射线干扰，灵敏度可达 $2 \times 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ，这样的仪器现在已有商品出售。

### 3. 同位素的应用

在同位素的应用方面,首先是核显像技术有很多进展,辐射显像数据的计算机化,特别是同位素断层扫描技术(ECT),包括正电子断层扫描(PCT)发展很快,正趋向发展能兼用单光子和正电子同位素的混合型ECT。核磁共振(NMR)显像也已进入应用阶段。在辐射治疗方面,使用快中子、质子及重离子、介子的进展表明,同位素在治癌中有很好的前景。医学用品的辐射灭菌现在已到了一定的实用阶段,日本政府1970年正式批准将它作为一种有效的灭菌方法,目前正在扩大商品化。

### 4. 废物的处理

生物医学同位素应用中产生的低水平放射性废物的处理问题已成为国际上注目的问题。如不及时解决,势必妨碍同位素应用的发展。这次会议对此有明朗的意见。西德、法国、美国的学者都是放射性防护管理方面的负责人,他们一致表示,过去对低放射性废物的规定,过分夸大了放射性的危害,并且感情用事,而不是严格地按科学方法来分析。目前已经证明,在许多情况下低放射性废物已达到很安全的水平,但由于心理上的偏见仍然被认为是危险的。这些规定现在需要修改。目前,日本卫生部安全委员会已送了一份修改“低水平放射性废物规定”的报告给主管部门审批。

会议期间,为配合报告的内容,举办了同位素应用商品展览会,展出了许多医学应用方面的最新产品。如住友公司、日本制钢所展出了医用小型回旋加速器的资料,并有幻灯、电影介绍;Aloka,富士电机等公司展出了新的测量仪器、携带式多道分析器、新型氡监测器等;第一放射性同位素公司、日本Dainabot公司、日本Medipysics公司、英国Amersham公司的日本分公司、法国CIS公司的日本分公司等展出了放射性药物、标记化合物和医用放射源等产品;日本玻璃公司展出了射线防护材料等。展出的商品,反映了一部分日本医学同位素应用物质条件的当前面貌。

## (二) 日本医学同位素应用的考察概况

### 1. 发展简史

1937年日本在理化学研究所建成了一台直径65厘米的小回旋加速器,用它生产了 $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,开展了生物学同位素应用的研究。1943年理化所又建成了当时世界上最大的直径1.5米的一种回旋加速器。1945年战败后,占领军将这台大加速器投入东京湾并禁止同位素的应用,直到1950年才允许进口放射性同位素,但限于医学和科研而禁止在工业上应用。1951年取消了禁令,同年5月成立日本放射性同位素协会。协会是由一些同位素的研究单位和使用单位组成的一个不盈利的非官方组织的专门机构,主要负责日本放射性同位素申请分配、情报交流,开办同位素讲座与训练班,和政府有关部门(科技厅、厚生省)进行联系等。1956年6月,日本政府在茨城县建立了东海原子能研究所,建立了日本第一个反应堆,以后又建立了高崎原子能所(1963年)、大洗原子能所(1967年),并相继建造JRR-2, JRR-3, JRR-4, JMTR反应堆、核电站、聚变装置等大型设备,组成了日本核科学技术的大型综合研究基地。

1956年3月成立日本原子能产业会议(JAIF),由700个公私工厂企业、研究所、电子、建筑、金融等单位组成,其中100个是国外会员,1960年起国外会员作为非官方代表参加,JAIF则成为组织国内外技术交流、协作,组织参加国际会议和国际访问,开展国际专

家会议解决共同问题的专门机构。1957年建立放射医学综合研究所，从事放射医学、核医学研究，成为医学同位素应用的综合中心。1958年理化所又开始用小加速器制备 $^{24}\text{Na}$ ， $^{42}\text{K}$ ，供医学等方面使用。1966年建造成直径1.6米的回旋加速器，进行同位素制备。

1958年起，相继成立第一放射性同位素公司等几个同位素供应机构和从事同位素仪器生产的机构。七十年代以后，日本同位素应用的发展特别快，政府在这方面增加很多投资，建立很多同位素综合中心机构和配备不少大型现代化设备，现在日本的同位素应用机构达400<sup>0</sup>多个，其中医疗方面的机构有800多个，每年放射性药物的销售额达一百多亿日元(约合人民币1亿元)。

## 2. 目前状况

通过在工厂、医院、研究所和大学的参观考察，考察组认为，日本在核医学方面已达到了比较先进的水平，具备了较好的发展条件。日本医学同位素的应用，在政府和有关协会等组织的大力倡议、促进和扶植下，根据本国的情况，因地制宜发挥长处。日本非常重视国际协作，引进技术，形成了比较完整健全的体系，这表现在以下四个方面：

(1) 放射性同位素及其药物的来源。日本有四座生产同位素的反应堆(表1)和制备同位素制品的实验室，每年可生产35000居里同位素，但从经济上合算出发，目前反应堆生产的医用同位素制剂主要是由国外进口粗制品再进行二次加工产生的，至于氙的标记化合物由于用量小则直接进口成品。现在日本主要有五家专营放射性药物的公司：第一放射性同位素公司，Dainabot公司，日本Medipysics公司，科研公司，Midli(绿)公司。其中前三家是与外国合营的公司，设有二次加工厂生产成品供应。日本Medipysics公司还建成了二台CS-30型回旋加速器，以生产缺中子同位素药物；最后二家分别是英国Amersham公司和法国CIS公司的日本分公司，它们主要是经销产品。几个公司的生产效率相当高。Dainabot工厂有生产人员51名，质量控制人员23名，每周可生产300居里钨-99m发生器和21种放射免疫药箱。日本Medipysics厂每周能生产100居里钨-99m和6种其它药物，还能用回旋加速器生产 $^{67}\text{Ga}$ ， $^{111}\text{In}$ ， $^{201}\text{Tl}$ ， $^{123}\text{I}$ ， $^{81}\text{Kr}$ 等放射性药物。这些公司在日本很多地方都设有营业所，经常供应的体内药物有27种，体外药物有30种，供应方便，能满足用户的需要，对于用加速器生产同位素，日本近年来特别重视发展，现在除了商业上有两台回旋加速器专门生产同位素外，还有六台设立在研究所和医院中，以生产医用同位素，特别是生产临床使用的超短寿命正电子同位素(表2)。

日本可生产大、小型医用加速器。可建在医院内的微型(Baby)回旋加速器，价格便宜，使用方便，第一台建在中野医院。这台加速器价格2亿日元(约合人民币100多万元)，总建筑面积150平方米，约4千多万日元(人民币30多万元)，运行费用每年200万日元(人

表1 日本生产同位素的反应堆

| 所 在 单 位 | 型 号        | 功 率<br>(KW) | 中 子 通 量<br>( $\text{n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ ) | 启 动 年 月 |
|---------|------------|-------------|------------------------------------------------------|---------|
| 东海原子能所  | JRR-2重水堆   | 10000       | 热 $2 \times 10^{14}$<br>快 $3 \times 10^{13}$         | 1960.10 |
| 东海原子能所  | JRR-3石墨重水堆 | 10000       | 热 $3 \times 10^{14}$                                 | 1962.9  |
| 东海原子能所  | JRR-4轻水堆   | 3500        | 热 $7 \times 10^{13}$                                 | 1965.1  |
| 大洗原子能所  | JMTR轻水堆    | 50000       | 热 $5 \times 10^{14}$<br>快 $3 \times 10^{14}$         | 1968.3  |

表2 日本生产医用同位素的回旋加速器

| 设 置 单 位                | 地 点 | 制 造 者            | 粒 子 (能量MeV)                                                                                                                                                                               | 启 用 年 |
|------------------------|-----|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| (1) 放射医学综合研究所          | 千叶  | Thompson CSF (法) | p(8—90), d (15—35),<br>$\alpha$ (34—90), $^3\text{He}$ (140),<br>$\text{C}^{4+}$ (140), $\text{N}^{4+}$ (86)...                                                                           | 1975  |
| (2) 东京大学医学研究所          | 东京  | TCC (美)          | p(27), d(16), $\alpha$ (30), $^3\text{He}$ (40)                                                                                                                                           | 1973  |
| (3) 东北大学               | 仙台  | 住友重机公司           | p(3—40), d(5—25), $\alpha$ (10—<br>50), $^3\text{He}$ (65)                                                                                                                                | 1977  |
| (4) 国立中野医院             | 东京  | 日本制钢所            | p(9), d(4), $\alpha$ (9), $^3\text{He}$ (12)                                                                                                                                              | 1979  |
| (5) 理化学研究所             | 埼玉  | 理化所, 东芝          | p(4—18), d(8—26), $\alpha$ (16—<br>52), $^3\text{He}$ (50), $\text{B}^{3+}$ (65—75),<br>$\text{C}^{4+}$ (65—100), $\text{N}^{5+}$ (60—100),<br>$\text{O}^{5+}$ (65—125), $\text{Ne}^{6+}$ | 1966  |
| (6) 大阪大学核物理研究<br>中心    | 大阪  | 住友公司             | p(75), d(60), $\alpha$ (120), $^3\text{He}$ ,<br>重离子(120)                                                                                                                                 | 1980  |
| (7) 日本Medipysics<br>公司 | 兵庫  | CS-30 (美)        | p(26), d(15), $\alpha$ (30),<br>$^3\text{He}$ (39)                                                                                                                                        | 1974  |
| (8) 日本Medipysics<br>公司 | 兵庫  | CS-30 (美)        | p(26), d(15), $\alpha$ (30),<br>$^3\text{He}$ (39)                                                                                                                                        | 1981  |

民币1万多元), 运行一年多, 效果很好, 明年将在京都、九州等地再建立数台。所以加速器生产的同位素将能满足发展的需要。放射性药物的质量由日本卫生部(厚生省)设立的专门的审议委员会组织特别会议, 进行审查批准, 并订出放射性药物标准, 进行控制管理。现已批准的体内用放射性药物有30种, 体外有40种。这就能保证医学应用的质量。

(2) 核医学仪器的供应, 日本基本上能立足于国内生产。一些大型企业把医学方面仪器的生产看作重要的发展方向, 成立专门从事这种生产的分公司, 如日立公司1973年成立生产医学产品的日立Medico公司, 东芝公司1969年成立东芝医学工程中心(Medical Engineering Center), 日本无线电公司分出Aloka公司从事仪器生产, 第二精工舍公司经营医用核仪器等。这些企业原来都从事机械电机、医疗器械、精密仪器、电子仪器、计算机等的生产, 因此, 都有丰富的生产经验、较强的技术力量与设备能力。现在这些企业又往往与外国企业合作, 设立研究所或与研究所结合, 因此他们在生产医用加速器,  $\gamma$ 像机, X射线的CT, 同位素CT (ECT), 正电子CT (PCT) 以及其它测量分析仪器时, 能够较快地赶上国际水平, 并保质保量。现在, 日本生产核医学仪器的工厂很多, PCT就有日立、岛津和东芝三家工厂生产。这些厂的产量很大, 大部销售在日本国内, 如在日本医院中, 共有放射治疗加速器200台, 而三菱通信公司生产的就有140台。医用仪器的销售额很大, 例如Aloka公司总共资金只有6亿日元, 而一年的营业额达200亿日元。

(3) 日本具备了较好的核医学应用和推广的条件。在有300个病床的医院中已有千余台CT和很多 $\gamma$ 像机, 现在, 医院已有PCT四台(目前全世界共约41台)。医院中核医学部门经常用的放射性药物一般都有十余种, 微型(Baby)回旋加速器已在中野医院中常规地生产 $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ 标记的葡萄糖、脂肪酸等, 产品可进行临床诊断应用。这类加速器现日本制钢所和住友重机公司有定型商品出售。类似的临床试用工作也在放射医学综合研

究所、东京大学医学研究所和东北大学的加速器上进行。日本病人的健康保险现已能支付核医学治疗的费用,所以即使使用回旋加速器同位素的收费较贵(如使用 $^{67}\text{Ga}$ 一次一个病人要收5万日元,小型加速器生产的 $^{11}\text{C}$ 葡萄糖诊断一次要收8万日元)也完全由保险公司支付,病人并不需要特别花费,医院有足够的收入来购买放射性药物和作其它开支,并有盈余,因此各方面的积极性,有利于核医学的顺利开展。对于应用放射性同位素,政府规定了一整套严格的条例和法令,使用的人必须经国家考试合格并发给证书后,才有权申请使用同位素,这样保证了放射性同位素应用中的安全合理。对于核医学人才的培养,日本有较多的途径,在医学院校设有核医学专业课程。在原子能所和放射医学综合研究所等地设有短期的专业学校,还有各学会举办的不定期的训练班,所以技术人员的来源也是有保证的。

(4) 日本很重视同位素和辐射技术等方面的科学研究和学术活动。七十年代以来,日本投入很大力量,采用多种措施,积极开展研究体系的建设,打下相当雄厚的基础,取得较好的成效。重点建设的机构包括三种形式:研究所、实验中心以及同位素或原子能综合研究中心。前两种数目虽不多,但规模比较大;最后一种规模较小,但数目较多,又往往设在大学里面,作用面广。对一些大的研究所和实验中心,这几年的投资相当大,并建设了一批相当重大的先进设施。

近年来,理化学研究所除了投入相当的力量利用1966年建成的直径1.6米回旋加速器开展同位素生产等工作外,还将建立分离扇重离子加速器(直径12.6米),包括一个直线加速器和一个AVF回旋加速器作注入器。建成后,可加速质子到184MeV,氘135MeV,碳1620MeV,铀3240MeV,一些指标在世界上是领先的。该所共投资135亿日元,预计1988年全部完成。现已建成直线部分并投入实验,加速器建成后将部分用来制备医用同位素和进行重离子治疗。理化学所每年经费达100亿日元。

原子能研究所(包括东海、高崎、大洗三个所),国家投入了巨额经费,开展核能、核安全和放射性同位素应用的研究。该所除了建有4座同位素实验反应堆外还有2个其它实验堆,4个临界装置,9台直线加速器,7个辐照装置等大型设备,是日本最大的核技术研究所。全所共有2400人,每年经费达840亿日元。

放射医学综合研究所,这几年来也被大力发展成为核医学应用中配有先进设备的大型综合研究中心。全所416人,分成10个室,工作从实验仪器如正电子断层扫描机、测量仪器的研制到放射性药物化学、放射性药理、临床试验(包括同位素诊断,快中子、质子治疗)等的应用研究,以及辐射防护、放射性同位生态学、生物学、遗传学以至辐射作用的生化原理等基础研究。1975年,该所建成了直径2.15米的Thompson-CSF型AVF回旋加速器,它可供给90—140MeV能量的质子和提供 $\alpha$ , C, N, Ne重离子,快中子,既能有效地生产多种同位素现已生产了 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{123}\text{I}$ ,并合成了 $^{18}\text{F}$ -去氧葡萄糖、 $^{123}\text{I}$ -胆固醇等药物,又能垂直地射出质子或快中子束流作辐射治疗(现在每天治疗70人)。该所还配有二台电子断层扫描仪和其它先进仪器,建成了一些条件完备、先进的化学、物理、生物、防护等实验室和动物房。所内设立的同位素学校是医学同位素应用技术的培训中心。全所每年经费达50亿日元。

大阪大学核物理研究中心是1971年建成的大型实验中心。1973—1979年6年间,用了40亿日元建成一台直径2.3米的可变能量AVF回旋加速器,它能提供质子(75MeV)、重离子(120MeV  $Z^2/A$ ),并能给出极化束流,加速器共有十一根束流管道。这台加速器上备有生产同位素的程序控制自动上卸靶装置,并在距靶70米外建有处理放射性同位素的实验室。加速器配有大型磁谱仪、计算机等良好的外围设备。全部设备都是免费向全国开放,也向国外

开放。

筑波高能物理研究所是1971年新建的大型实验中心,占地202公顷,建筑面积达55022平方米。1976年该所建成一台直径108米,质子能量为12GeV的同步加速器(现在质子能量为8 GeV,已运行几千小时)。在它的增能器上,该所于1979年建了一个流强为150毫安、质子能量为500MeV,它能产生脉冲中子与冷中子,是供中子衍散实验用的设备。1981年又在上面建了一个产生 $\pi$ 介子和 $\mu$ 介子的装置,以作肿瘤诊断与治疗之用。此外从1978年起,该所用185亿日元(外加建筑85亿日元)建造了一座2.5GeV(500毫安)的同步辐射光源(亦称光子工厂),包括一台400米长的直线加速器与一只17米直径的储存环。直线加速器已建成,它是世界第二大装置,可产生从X射线到红外线的强辐射线,可供固体物理、化学、生物、医学、药理等方面研究应用。今后还计划投资108亿日元建一台直径为960米的对撞机,这种机器称为“日本运输环交叉储存加速器”,可产生100GeV以上能量的粒子。这些设施主要供全国(也包括国外)应用。1981年,该所职工人数为36人,而外来的有263人(其中108人是学生。有了以上这些重大设施,该所完全可以开展最先进的核技术工作。

在日本核技术研究中,科学技术人员流动性很大,可以广泛地使用各地的实验室,同时可与几个地方的课题相结合,所以设备的利用率高,工作效率也很高。在学术上重视交流,各研究所几乎都有自己的刊物,年报和其它出版物。学术会议较多,日本每两年开一次同位素会议,还有原子能产业会议年会,核医学年会等,各种专题讨论会、报告会也非常多。在学术活动中,日本很重视国际间的交流和合作,不仅日本国内会议常邀请国外专家参加,而且常争取将一些国际会议放在日本开,甚至一些研究所也争取将有关的国际会议到该所内开,以便让更多的本国人能参加国际会议。在国际合作方面,日本近年来积极参加RCA(东南亚地区合作协议)和IAEA活动,并不惜出一些经费。一些研究单位常与国外签订技术协定,如原子能所和美国、法国、西德、挪威、瑞典、丹麦、芬兰、荷兰、意大利、瑞士、加拿大、西班牙签订双边、三边、多边技术或情报协定;很多科技人员被派到国外访问、学习。这些对于开扩视野,广泛吸收各国长处,引进新技术,活跃学术思想十分有益,也是日本同位素应用进展快的重要因素。

李永键 整理

## 四、日本的核医学概况

### (一) 会议有关核医学的主要论文介绍

#### 1. X射线摄影的数字处理(富士胶片公司 加藤久丰)

X射线摄影的主要目的是协助X射线学家由X射线片得到正确的诊断。目前技术革新的主要方向是提高X射线摄片的诊断质量,由电子学、影像处理和计算机科学等新技术完成。计算机断层(CT)及超声显像等新技术已经在实践中广泛地应用。数字显像技术可能应用于标准的X射线摄影及荧光透视摄影,这项技术称为“数字X射线摄影”。该领域为正在发展中的领域,许多人正在探索之中,其原理及临床上应用的有效性已经证明。根据临床的需要及技术上的可能性,数字X射线摄影可分为三种类型:

(1) 一般X射线透视影像的数字增强:即由一般影像增强器上得到的图像讯号应用影

像增强技术转换为数字讯号。该系统可应用于减影血管像及血管影像的动态研究。

(2) CT影像的数字显示: CT影像可转变为数字形式, 使用能量相减、无散射的几何学原理, 经过数字数据处理可以使影像增强, 以提高对比度和分辨率。

(3) X射线的能谱图形的数字影像可以暂时地记录在影像版上, 然后用激光束扫描此版, 转变为电子讯号, 进行数字转换。该系统与一般的胶片增感屏X射线摄影系统相似, 其区别在于数字讯号直接简单地暂时记录在记录板上, 然后用激光束扫描获得, 而不是扫描曝光及处理过的胶片。这样可以开拓动力学范围, 将重叠的影像进行相减, 数字数据处理, 以提高空间分辨率, 使影像增强。

以上三种数字X射线摄影系统正在发展中, 不久即可应用于临床。

## 2. X射线CT扫描机的应用现状 (东京芝浦电气株式会社 牧理纯夫)

日本于1975年进口了第一部EMI脑扫描机, 到1980年3月已安装了1400台。实践证明, 这种仪器用于诊断是绝对必要的, 特别是脑CT。目前已经公认, CT是医学显像仪器中最重要的诊断显像仪器之一。

1400台CT扫描机中, 600台是全身CT扫描机, 其余为脑CT扫描机。全身扫描机中, 60—70%用于脑部的诊断。因此, 可以说X射线CT主要应用于脑及神经系统的诊断。

目前日本对CT也在改进和发展。通过临床诊断实践, 要求CT按下列范围研究和发展:

(1) 扫描速度快。(2) 分辨率高。(3) 动态检查。(4) 双能量扫描。(5) 定量。(6) 重建时间短, 检查病人多。(7) 放射治疗计划。(8) 机器小, 重量轻, 价格低等。

## 3. ECT的发展 (岛津制作所医用技术部长 服部博幸)

1951年Cassen首先得到医学放射性核素影像。1963年Kuhl及Edwards用特殊设计的闪烁扫描机成功地得到了放射性核素的横断面影像, 但影像不佳, 随之十年内未得到应用及发展。1972年英国Hounsfield发明了X射线CT以后, Kuhl的方法即ECT系统又重新提起, 开始起步研究。目前, ECT分为三种类型, 即SPC、PCT及混合型ECT, 现分别介绍如下。

SPC系统能用于常规检查, 这是因为临床上大多数放射性药物是由发射单能光子的放射性核素所标记。最常用的 $\gamma$ 照相机能够得到放射性核素分布的二维图像。 $\gamma$ 照相机围绕病人旋转, 连续收集数字影像数据, 再将获得的足够数据, 经过计算机运算处理, 即可以同时重现出许多层横断面影像。Mark IV型扫描机即Kuhl发明的所谓多探头ECT, 此种类型的ECT灵敏度比旋转 $\gamma$ 照相机高。

PCT是由著名的华盛顿大学Ter-Pogossian所发明, 即PETT。PCT较SPC系统有很多优点。因大多数的正电子发射体如 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 都是组成人体的基本元素, 因此, 用PCT能非常准确地进行生物医学示踪研究及诊断。Reivich用 $^{18}\text{F}$ 去氧葡萄糖研究脑的生理功能和代谢, 得到了卓越的研究成果。这些正电子发射体可用室内(in house)回旋加速器生产。但加速器价格昂贵, 难于维护。

混合型ECT可用于SPC系统, 又可用于ACD系统。当有回旋加速器生产的正电子放射性核素时, 可用PCT; 如没有这种核素或回旋加速器不工作时, 即可转换为SPC系统使用。因此, 此类型仪器可认为是多功能的仪器, 在医学上进行研究及应用具有实际的价值。

## 4. NIH PCT程序 (美国国立卫生研究所核医学科ECT部主任 R.M.Kessler 教授)

PCT是一种能用于脑部或人体局部生理功能定量测量的放射性核素显像技术, 其重要性

是能观察人体生理功能的各个方面，具有一定的潜力，当然也有一定的限制。这种技术能够发展，是由于具备了下列几个条件：（1）正电子发射体 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 等元素在有机分子中是非常丰富的。 $^{18}\text{F}$ 也是正电子发射体，在某些分子中它可以取代氢或氧。（2）放射化学技术的发展使得最近有可能快速将正电子发射体结合标记到许多有兴趣的放射性药物分子中去。（3）PCT的发展能定量测量局部放射性药物的摄取情况。（4）放射性药物摄取及代谢，定量模型的发展，允许将获得的数据进行定量及生物学意义的解释。

## **5. NMR 显像技术及临床应用（英国 Nottingham 大学物理系 R.C.Hankes 教授）**

电磁辐射谱的很多波段能用于显像，因它们能够穿透人体组织。最近几年，很多兴趣集中于质子 NMR 的发展。它能定位诊断人体内的病变。NMR 显像技术与 CT 非常相似，它能从横切面显示人体的软组织，显像细致，分辨率非常好。这种影像主要反映出质子在细胞水份和脂肪内的分布密度图形。如果用 NMR 显示全身大小，则在技术上具有一定的困难。

NMR 的优点是避免使用电离辐射。扫描图的大小及方位能够用电子学方法改变，能够得到纵切面及横切面图像。最有意义的是不但可以得到功能的信息，而且可以得到结构上的信息。

Nottingham 大学已制成了两台全身显像仪器，并对此仪器结构上的技术问题进行了讨论。这两台仪器一台在该大学物理系，另一台已安装在该校的 Queens 医学中心，开始应用于健康志愿者。这种技术的应用是非常有前途的。

## **6. RCA 合作计划（The Regional Cooperative Agreement for Research Development and Training Related to Nuclear-Science and Technology）**

参加 IAEA 的亚洲、太平洋地区成员国在核科学与技术领域内开展合作，研究发展和训练，这对于促进将先进技术引入本地区是非常有价值的。该项合作计划开始于 1972 年，为期 5 年，至 1977 年，以后又延期 5 年，共有 13 个成员国参加，即澳大利亚、孟加拉国、印度、印度尼西亚、日本、南朝鲜、马来西亚、巴基斯坦、菲律宾、新加坡、斯里兰卡、泰国及越南。

京都大学医学院核医学教授鸟冢莞尔在会上发言谈到，东南亚国家核医学存在的主要问题是缺乏训练中心，特别是医师和技术人员需要培训，其次是应供应适量的放射性药品及先进的仪器设备。大多数东南亚国家的核医学开始于甲状腺及肝病的诊断，甲状腺及肝功能试验，放射性碘治疗甲状腺功能亢进症等主要工作。肝细胞性肝癌及肝硬化在这些国家及日本西部发病率高于美国及欧洲，这是众所周知的事实。因此，建议在东南亚这些国家进行地方性甲状腺肿及甲状腺功能亢进症诊断和治疗的研究以及 B 型肝炎、肝硬化和肝细胞性肝癌相互关系的研究，两者并进行合作。为了促进此工作的进展，必须组织训练，课程每期 3—6 个月，以讲座方式训练研究人员参加研究课题及合作研究。

京都国立医院院长菅原努在发言中谈到，IAEA 和 WHO 组织与日本政府合作，并得到了京都大学的支持，于 1981 年 8 月 31 日至 9 月 4 日在京都国立医院举办了讲座，参加讲座的共有 130 人，其中 49 人来自国外的 31 个国家。2 名国际组织（IAEA 及 WHO）的代表也参加了讲座。讲座议题为：介绍化学放射防护制剂、缺氧细胞致敏剂（Sensitizers）的基础研究，缺氧细胞致敏剂的临床研究，生理学改良的放射性致敏剂，放射和化学药物综合治疗，高 LET 及分次照射，间质放射治疗，高热（hyperthermia）的基础研究，高热的临床研究，手

术期内的放射治疗及选择性中子俘获治疗等。此外,还组织了讨论。致敏剂及高热看来对发展中国家是最有前途的,当然还需要设备及人材的训练。

群岛大学医学院教授铃木守在会上发言谈到,瘧疾及血吸虫病在东南亚国家的传播有所发展,因此,用于治疗此疾病的新药品值得研究。放射生物学及放射性同位素应用于寄生虫病的领域中。此问题在伦敦卫生及热带病医学院曾进行过讨论。1979年7月,IAEA指定的专家讨论了辐射减弱疫苗用于人类疾病的问题。1980年11月在群马大学召开了会议,参加者20余人,来自比利时,英国,日本,肯尼亚,马来西亚,荷兰,苏丹,泰国及美国等。会议开了4天。辐射减弱产生的活性寄生虫疫苗是控制寄生虫未来的药品中最有前途的。此项研究需要在流行国家及非流行国家的研究人员之间进行长期密切的合作。

## 7. 回旋加速器生产的放射性同位素的医学应用

东北大学回旋加速器及放射性同位素中心井戸达雄谈到,回旋加速器生产的短半衰期放射性核素用于显像可以减少病人所受到的辐射剂量,提高诊断影像的分辨率。他们生产的放射性核素有 $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{81}\text{Rb}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{45}\text{Ti}$ 等。气态的放射性核素可用自动放射性气体生产系统生产,如 $^{11}\text{CO}$ ,  $^{11}\text{CO}_2$ ,  $\text{H}^{11}\text{CN}$ ,  $^{13}\text{N}_2$ ,  $\text{C}^{12}\text{O}_2$ ,  $^{15}\text{O}_2$ 及 $^{18}\text{F}_2$ 等。 $^{11}\text{C}$ 及 $^{18}\text{F}$ 标记化合物可用化学合成法制备,生产方式为高产率及短时间。 $^{77}\text{Br}$ 及 $^{123}\text{I}$ 可用离子交换法生产。 $^{11}\text{C}$ -葡萄糖及 $^{13}\text{N}$ -氨基酸用酶反应法生产。 $\text{H}^{11}\text{CN}$ ,  $^{11}\text{C}$ -氰酰胺(cyanamide),  $^{11}\text{C}$ -胍(guanidine)用热原子反应及放化反应生产。生产时,采用自动控制,固定程序,仅按数个按钮操作即可。 $^{13}\text{N}$ -氨(ammonia)的生产合成系统已研制成功。其他如 $^{11}\text{C}$ -碘甲烷,  $^{11}\text{C}$ -醛脂,  $^{11}\text{C}$ -葡萄糖,  $^{11}\text{C}$ -octylamine,  $^{13}\text{N}$ -氨基酸,  $^{18}\text{F}$ -去氧葡萄糖的自动合成系统正在试验当中。

苏联Obninsk物理及动力工程研究所N.N.K-rasnov谈到,目前全世界已有50多台回旋加速器生产医用放射性同位素。他们使用直径为1.5米的回旋加速器生产 $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{103}\text{Pb}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{107}\text{Tl}$ ,  $^{197}\text{Hg}$ 及 $^{203}\text{Pb}$ 等。主要是照射靶,然后送至莫斯科放射性药物工厂生产放射性药品。

放射线医学综合研究所临床研究室主任馆野之男也介绍了小型回旋加速器生产放射性同位素及临床应用的情况。

## 8. 快中子、质子及重粒子的放射治疗

日本放射线医学综合研究所恒元博在会上介绍了快中子治疗情况。它用于提高局部进展及放射线抵抗性癌肿的控制率,如食管癌、肺Pancost肿瘤及骨肉瘤等。质子治疗使用70 MeV质子束,用点扫描系统进行表面肿瘤的治疗。用此方法治疗肿瘤细胞敏感,正常组织恢复较快。

美国Los Alamos实验室R. Jameson教授介绍了粒子束加速器用于放射治疗及放射性同位素的生产经验。

日本筑波大学基础医学教授稻田哲雄介绍了重粒子加速器的医学应用情况。

# (二) 参观考察核医学单位介绍

## 1. 医院部份

国立疗养所中野医院位于东京的西北部,建于1920年,是日本第一个公立疗养院。开始该院由市政府管理,1947年改属厚生省管理。1967年十层大楼建成后改名为胸科疗养院。目

前，该医院不仅收容结核病人，而且还收容呼吸系统及心脏病病人。医院共有600张病床，平均收容病人550名，其中非结核病人120—170名。医院目前有工作人员370名，其中32名为医学博士，14名实验室技术员，186名登记护士，26名助理护士。大楼建筑总面积为82000平方米。该院有两个部门使用放射性同位素，它们是生化室和放射性同位素科。生化室用放射性汞筛选肺癌。放射性同位素科（主任为饭尾正明博士）有一台 $\gamma$ 照相机，一台扫描机，一台婴儿型回旋加速器，一台PCT。他们使用表3中所列的放射性药品检查肺部疾病，测量肺部局部通气和灌注功能。

表3 放射性药品在肺部疾病检查中的应用

| 放 射 性 同 位 素                         | 临 床 用 途 |
|-------------------------------------|---------|
| $^{131}\text{I}$ -MAA               | 灌 注     |
| $^{133}\text{Xe}$                   | 灌注、通气   |
| $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -白蛋白       | 吸 入     |
| $^{197}\text{Hg}$ -麸氨基硫(Glutathion) | 定位肺肿瘤   |

婴儿型回旋加速器于1979年5月用于同位素生产。质子能量为9 MeV (10—15mA)， $^2\text{H}$ 核为4 MeV (30mA)。常规生产 $^{11}\text{C}$ ，标记化合物为 $^{11}\text{CO}$ ， $^{11}\text{CO}_2$ ， $^{15}\text{O}_2$ ， $\text{C}^{15}\text{O}$ ， $\text{C}^{15}\text{O}_2$ ，还有 $^{13}\text{N}$ ， $^{13}\text{NH}_3$ ， $^{11}\text{C}$ -脂肪酸， $^{11}\text{C}$ -葡萄糖和 $^{11}\text{C}$ -果糖。还可生产有机化合物的前身物(Precursor)，如氰化氢及甲基碘。加速器室面积为20平方米，其它还有操作室、电源室、冷却水供应室、热化学实验室(高活性)及PCT室，总面积为150平方米。加速器室墙壁(混凝土)厚为0.6米(靠近花园)，其他则为1米。放射性废水无特殊装置，废气放射性小于 $2 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}$ 即可排出。在花园内及热室均装有 $\gamma$ 射线及中子监测器。加速器室共有工作人员12人，其中化学家1人，医师2人。其他还有进修人员(化学)3人，临床5人，研究5人。岛津制作所生产的PCT为头部断层扫描机，于1981年3月安装好。探头排列为2个环，每环有64块NaI(Tl)晶体。取样方式有两种，一是高分辨率者可以得到两个层面，另一个是高灵敏度者可以得到3个层面。中野医院曾在PCT上使用过 $^{11}\text{CO}_2$ ， $^{11}\text{CO}$ ， $^{11}\text{C}$ -葡萄糖， $^{13}\text{NH}_3$ ， $\text{C}^{15}\text{O}_2$ ， $^{11}\text{C}$ -蛋氨酸，并检查过正常脑、癫痫、Parkinson氏病、失语症、痴呆、精神分裂症、肿瘤等病人，用 $^{13}\text{NH}_3$ 对大白鼠进行放射自显影。检查方法为病人空腹6小时，口服 $^{11}\text{C}$ -葡萄糖5—10mCi，15分钟后扫描，其结果是 $^{11}\text{C}$ 聚集在脑及肝内，呼气中有 $^{11}\text{CO}_2$ 。 $^{11}\text{C}$ -葡萄糖也用于肿瘤阳性显影。Pancost肺癌。畸胎瘤等呈“热”显像。良性肿瘤如支气管囊肿为“冷”区。共进行了53例 $^{11}\text{C}$ -葡萄糖检查，32例为肺恶性肿瘤，除4例因用过放射治疗或博莱霉素化学药物治疗外余皆为“热”区。癌肿病理类型不同或同类癌肿不同的病人，摄取速率也不相同。癌细胞生长速度越快， $^{11}\text{C}$ -葡萄糖摄取率越高。21例肺部良性疾病患者，包括肺良性肿瘤、纵隔肿瘤、肺结核。脓胸、肺尘沉着症、肺炎等，除一例畸胎瘤外，皆为“冷”区。

大阪大学于1838年建立，1869年建立附属医院，1919年设医学院，1931年成立医学系(帝国大学)1947年改名为大阪大学，1949年建立新教育体系，1951年建立牙学系，1955年建立药学系，医学系学制为6年。研究生院于1955年建立医学系，1953年建立药学系，1960年建立牙学系，其医学系学制为4年，学生必须接受10年的医学教育，考试合格才能取得医师的执照。大阪大学有两个医学方面的研究所，即微生物研究所(1934年成立)及蛋白质研究所

(1958年成立)。生物医学工程学院于1967年建立,其医学系共有36门课程,其中包括基础放射学及放射学两门课,核医学属于放射学内容之一,共有30学时,学生实习时在核医学科实习一周,大阪大学附属医院共有1011张病床,放射科有29张。医学系有教授44人,副教授36人,助教12人,助手97人,行政人员92人,共281人。附属医院有教授1人,副教授4人,助教43人,助手184人,行政人员916人,共1148人。放射科有教授1人,副教授1人,讲师3人,助手12人,医员12人,研究生11人。中央放射线部有技师37人。放射科护士13人,其中主任护士1人,护士长2人,护士13人,准护士1人,助手2人。放射科包括X线诊断、CT、核医学及放射治疗四个部门。核医学部有带数据处理装置的 $\gamma$ 照相机3台(东芝、岛津),还有扫描机、甲状腺测定仪、肾图仪各1台。1980年,核医学部工作量如下:甲状腺吸碘率测定385例,甲状腺显像388例,肝显像737例,肝胆显像737例,肾显像129例,肾上腺显像17例,胰腺显像17例,肺显像47例,肺局部功能测定92例,脑显像42例,骨显像402例,心脏显像(心肌、血池)211例,血容量6例,铁代谢6例,静脉造影13例,动脉造影47例,直肠1例。

东京大学医学院附属医院核医学部也属放射线科中的一个部门,负责人为饭尾正宏教授,现有医师4名,仪器设备有:带数据处理装置的 $\gamma$ 照相机4台,ECT(SPC系统)1台, $^{133}\text{Xe}$ 脑局部血流量测定仪1台等。ECT主要用于肝脏断层摄影。在核心脏病学方面,目前他们正从事局部EF值测定,采用振幅解析法、局部位相解析法等检查及研究。位相解析法可采用付里叶函数变换法计算出心室局部收缩功能的时间差别,计算结果同时以显像方式呈现于彩色显像屏上。此方法对束枝传导阻滞的诊断有很大的价值。该部的仪器设备,他们准备在近几年内全部更新,增添PCT,还计划把 $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ 等研究工作与中野医院、东京大学医科所合作进行。该院的教学计划与大阪大学相似。

目前,日本有7台中小型回旋加速器生产医用放射性同位素,即理化研究所、东京大学医科研究所、放射线医学综合研究所、中野医院、东北大学各一台,Medi-physics公司2台。正电子发射体标记化合物的医学应用见表4。

## 2. 工厂部分

日立公司生产的 $\gamma$ 照相机近年来发展很快,性能有显著改进,其特点为能动态检查,效率高,具有全身照相装置。该相机视野大,直径为35厘米,内分辨率( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )为2毫米,均匀度为 $\pm 8\%$ ,能量范围为50—690KeV,灵敏度为200KC/S。准直器有8种,探头内有61个光电倍增管。ECT的探测器使用64块正方形BCO探测器,分辨率中央为5.8毫米(FWHM),在直径为16厘米范围内小于9毫米(FWHM),灵敏度为17KC/S。

东京芝蒲株式会社的医学工程中心于1979年4月成立,是一个生产、研究、训练维护中心,工作人员共400人。东京芝蒲株式会社成立于1875年。1915年生产了日本第一个X线管。1935年生产了第一台X线断层机。1953年生产了第一台 $^{60}\text{Co}$ 治疗机。1967年生产了第一台直线加速器。1969年生产了第一台 $\gamma$ 照相机。1972年制成大视野 $\gamma$ 照相机、移动式 $\gamma$ 照相机及数据处理装置。GCA-40A Jumbo  $\gamma$ 照相机晶体直径为35厘米,探头内有61个光电倍增管,内分辨率( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )为1.8毫米,灵敏度为200KC/S。移动式 $\gamma$ 照相机晶体直径为25厘米,探头内有37个光电倍增管,具有11种准直器。用8×10英寸X线片可拍摄6帧或16帧照片。GMS-80NM数据处理机记忆贮存容量为67.4百万比特。40张/秒,每10毫秒一张。14英寸彩色电视屏,可进行电影检查。采用Fortran IV语言,ECT处理。

第二精工舍经销美国EG & G、Ortec公司的PCT仪器。这些仪器有:神经PCT,有3