

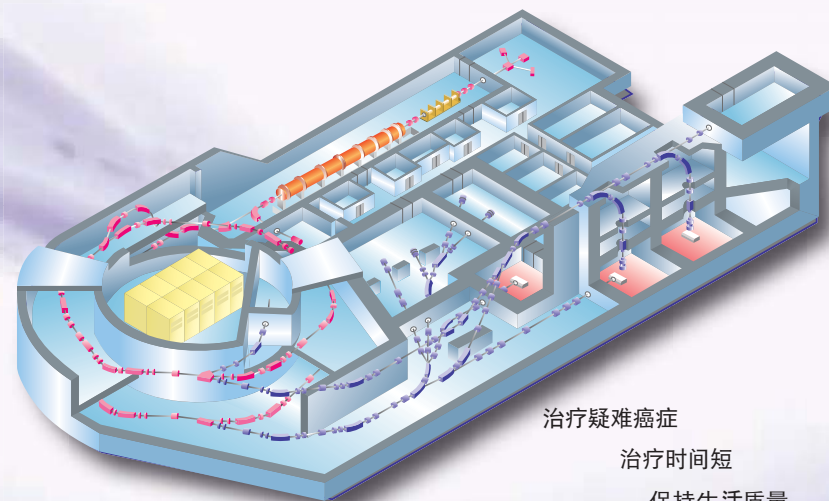
有关详情, 请您咨询

放射线医学综合研究所
重粒子医科学中心医院
TEL +81-(0)43-284-8852

最尖端的放射线医学
在实体瘤治疗领域走在世界前列

重粒子射线癌症放疗

HIMAC
(Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba)



- 从东京
东京羽田机场
 <电车> 乘坐JR总武线稻毛站下车
 徒步10分钟到放医研, 或从稻毛站乘坐开往山王町方向的
 公共汽车在放医研正门站下车。
- 从东京
成田机场
 <自驾> 从京叶高速道路的穴川IC(立交)到放医研1.8公里。
 <电车> 乘坐JR总武线开往稻毛站的快速电车到稻毛站下车。
 徒步10分钟到放医研, 或从稻毛站乘坐开往山王町方向的
 公共汽车在放医研正门站下车。
 <自驾> 从东关东高速道路的千叶北IC(立交)到放医研5.5公里。

独立行政法人 放射线医学综合研究所 〒263-8555 千叶县千叶市稻毛区穴川4丁目9番1号

Phone(宣传课) : +81-(0)43-206-3026
Fax : +81-(0)43-206-4062
e-mail : info@nirs.go.jp



独立行政法人 放射线医学综合研究所

<http://www.nirs.go.jp>

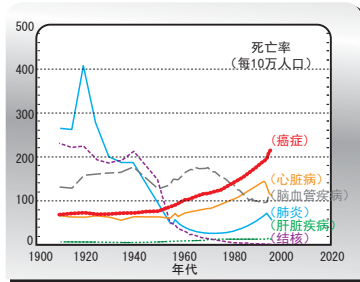
重粒子射线癌症放疗的原理与优点



放射线医学综合研究所（放医研）领先于世界开发并制造出重粒子射线癌症放疗专用设备HIMAC，并在先进医疗、临床试验两方面均获得了极为丰硕的成果。

对于居死因第1位的癌症，放疗是最佳治疗方案

近年来，罹患癌症的人士、因癌症而逝世的人士不断增加。2006年1年中的死亡人数高达约33万人，占总死亡人数的30.4%。



日本国内按死因区分的死亡率年度推移
资料：根据厚生省人口动态统计

什么是放射线治疗

放射线治疗=非手术治疗：无痛、无热、无恐惧、无损伤

放射线治疗，并非是利用放射线的热量烧死癌细胞。而是利用放射线给细胞核中的DNA（脱氧核糖核酸）造成分子级的损伤，使其不能继续进行细胞分裂，从而杀死癌细胞。

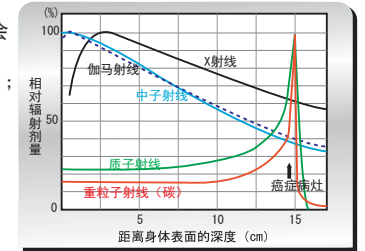
癌症治疗方法

	外科疗法	放射线疗法	化学疗法
适用	<ul style="list-style-type: none"> 从早期癌症到中期癌症 局部癌症（集中于1处的癌症） 	<ul style="list-style-type: none"> 从早期癌症到局部进展性癌症 局部癌症 	<ul style="list-style-type: none"> 特别适用于白血病等扩散至全身性的癌症
优点	<ul style="list-style-type: none"> 根治性高 	<ul style="list-style-type: none"> 功能与形态的缺损较少 治疗中的身体负担小 	<ul style="list-style-type: none"> 在某些病例中，延寿效果显著
缺点	<ul style="list-style-type: none"> 功能与形态的缺损有时会较大 不适用于高龄者等体力较弱的患者 	<ul style="list-style-type: none"> 副作用小 	<ul style="list-style-type: none"> 通常，副作用强 不是所有病例均可根治

重粒子射线的物理/生物特征

重粒子射线癌症放疗的特征：治疗疑难癌症、治疗时间短、保持生活质量
治疗难以手术的癌症、常规放疗难以治愈的癌症

如右图所示，由于X射线物理特性决定，在进入人体后剂量会逐渐降低，所以难以治疗位于体内深处的癌症。然而，重粒子射线在到达病灶之前，对于正常组织影响甚小；当到达病灶时，释放出巨大能量然后射线停止，该物理特性具有良好的治愈深部癌症效果。



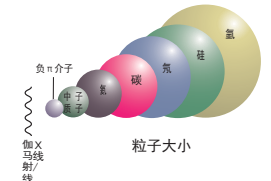
各种放射线在生物体内的辐射剂量分布

什么是重粒子射线

- 重粒子射线：是碳（C）、氦（Ne）、硅（Si）、氩（Ar）等离子超高速飞行形成的射线。
- 放医研将重离子（碳离子）射线用于癌症治疗。

其他放射线

- 质子射线：氢（H）的原子核（质子）超高速射出形成的射线。
- 光子射线：光子是指高能光粒子。光子射线是由光子以光速飞行所形成的射线。X射线以及伽马射线都属于光子射线。



※) 当使用这些离子进行治疗时，大量的同一方向飞行的粒子形成粒子束照射到病灶处。

重粒子射线的物理特性

- 能够精确地预先设定离子束在体内停止的深度。
- 最大能量沉积于离子停止位置。

重粒子射线的生物特征

- 同等辐射剂量，生物效应强于X射线。

X射线放疗与重粒子射线放疗的差异

常规放射线癌症放疗

传统放疗（光子射线），在人体内近皮肤处能量沉积最强，随着深度加深能量沉积递减。与此同时光子射线也无法准确停止于病灶处，故该方法会损伤病灶前后正常细胞。

※1 放疗时应避免高放射敏感性器官。
※2 癌细胞属于低放射敏感：对传统放疗具有抵抗。

利用重粒子射线进行癌症放疗

通过给定入射能量可以控制碳离子束在体内停止的精确位置，同时将最大能量沉积于该位置。所以对于不同深度的病灶只需调节束流停止点进行放疗。

※1 高放射敏感性器官应避免照射。
※2 癌细胞属于低放射敏感：对传统放疗具有抵抗。
※3 补偿设备用于调节剂量分布成形于肿瘤形状。

重粒子射线癌症放疗装置

世界首台重粒子射线癌症放疗装置HIMAC

HIMAC是领先世界所制造出的，用于研究重粒子射线癌症放疗的专用装置。HIMAC的使命是证明重粒子射线癌症放疗的有效性与安全性，并且开发新的治疗方法。HIMAC是由下图所示的各种装置组合而成。



③ ALVARE 加速器

ALVARE 加速器是一台直径2.2m，长约 24m的直线加速器。可加速到6MeV/核子（光速的约11%）。



② RFQ 加速器

RFQ 加速器是直径 0.6m，长约 7.3m的直线加速器。可加速到800keV/核子（光速的约4%）。



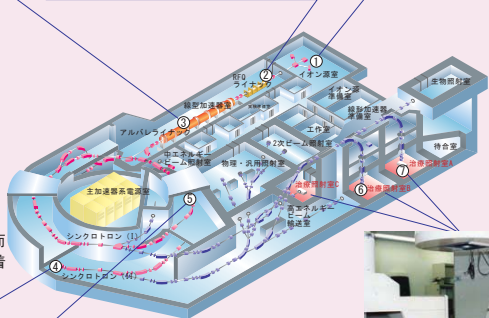
① ECR型离子源

从原子上剥离电子，生成多价离子。



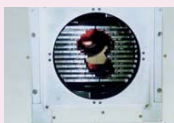
④ 主加速器偏转电磁铁

为了让重粒子保持在同步回旋轨道上而令其偏转的电磁铁，是磁场强度会随着加速能量而改变的交流电磁铁。



⑤ 高频加速腔

在同步加速器中，是利用加速腔的高频电场对粒子进行加速。以 6MeV/核子的能量入射的重粒子，在这一加速腔中被逐渐加速，经数十万转之后，最高能量达到800MeV/核子（光速的约84%）。



⑥ 照射设备

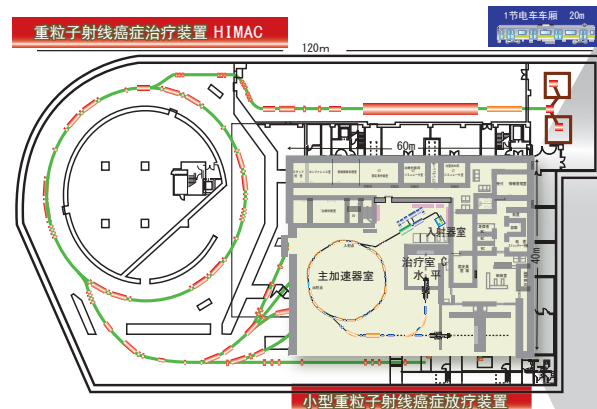
例如：多叶光栅，该设备可将照射野调节至与肿瘤形状相一致。



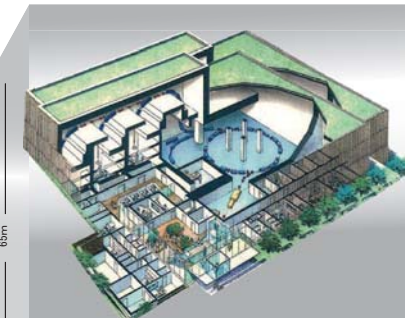
⑦ 治疗室

为了有效运用重粒子射线，拥有3间放疗照射室，可运用垂直射线与水平射线两者进行治疗。特别是放疗照射室B，可同时运用水平、垂直射线进行治疗。

以普及为目标的小型化研究开发



作为研究设施的 HIMAC 是一台巨大的设备，面积相当于足球场。在按照医院的需求对重粒子射线的能级予以优化的同时，通过采用最新技术对各设备加以改良，可以将其面积缩小到原来的1/3左右。同时，大幅度降低制造成本、运行成本。



群马大学重粒子射线照射设施

群马大学于2006年建设了普及型重粒子射线癌症放疗装置的1号机。预定将于2009年起开始治疗。群马大学自2006年开始建造普及型重粒子射线癌症治疗装置的一号机，并于2010年3月开始进行治疗。在向群马大学的建设计划提供全面支援的同时，面向未来的全国普及，放医研还将在重粒子射线放疗医师，诊疗放射线技师、医学物理士等人才培养方面起到核心作用。

新一代照射系统的研究开发

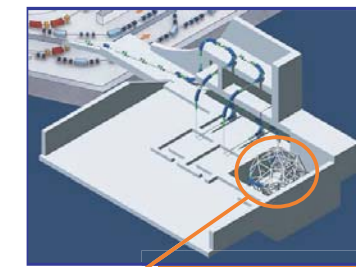
【3维射线扫描照射法的开发】

- 其目的在于，为了减少对正常组织造成的损伤，针对形状及大小不断变化的癌症病灶，实现更高精度的照射。

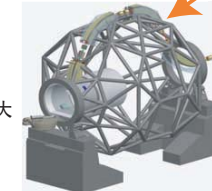
【开发旋转支架】

- 与以往的固定端口照射法相比，由于可以自由选择照射方向，所以能够大幅度减轻因定位而给患者造成的负担，同时能够加快治疗速度。

- 依靠这一设备，可以治疗以往无法医治的肿瘤病如：脑肿瘤。并且每天治疗人数将增加，未来临床结果将有望在质与量上大幅提高。



新一代重粒子射线癌症放疗装置



旋转门架
(可从360°任意方向进行照射)

重粒子射线癌症放疗的历程

1957年 昭和32年	1984年 昭和59年	1986年 昭和61年	1988年 昭和63年	1993年 平成5年	1994年 平成6年	2001年 平成13年	2003年 平成15年	2004年 平成16年	2006年 平成18年	2008年 平成20年
· 放射线医学综合研究所建立	· 在日本政府“第1个10年抗癌综合性战略”支持下，HIMAC作为国家项目启动	· 开始HIMAC的基本设计	· 开始建设HIMAC	· HIMAC建设完工 · 机构重组，成立重粒子放射线治疗中心。	· 开始重粒子射线癌症治疗的临床试验 · HIMAC设备系统升级研发	· 治疗患者累计突破1,000人 · 重粒子放射线治疗中心成立	· 重粒子射线癌症治疗被厚生劳动大臣认证为高度先进医疗（现：先进医疗）	· 治疗患者累计突破2,000人 · 开始普及小型化研究	· 开始下一代照射系统的研究开发	· 治疗患者累计突破4,000人

关于原理特征

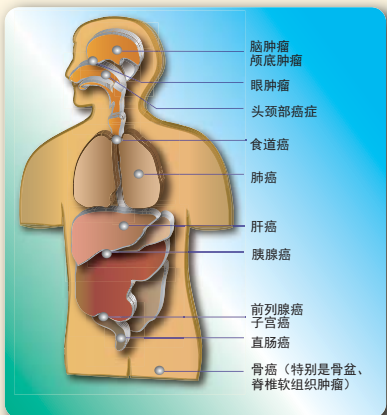
Q 1 重粒子射线癌症放疗与质子射线癌症放疗的区别在哪里？

A 1 以采用相同辐射剂量的重粒子射线与质子射线进行照射时做对比，重粒子射线攻击癌症病灶的效果极大。其结果就是，只需比质子射线更少的照射次数就能够完成治疗。并且，对于骨肉瘤等表现出放射线抗性的癌症，与X射线及质子射线相比，在辐射剂量集中性与生物学效应两方面都表现优异的重粒子射线都特别有效。

关于适用对象与治疗成绩

Q 2 适用于哪些疾病的治疗？

A 2



【适用先进医疗的疾病】

- **头颈部癌症**
鼻、副鼻腔、唾液腺等4周治疗
- **肺癌 (非小细胞型)**
局部进行性癌症 3~4周治疗
- **肝癌** 1周内治疗
- **前列腺癌** 4~5周治疗
- **瘤、软组织肉瘤**
难以手术治疗的肿瘤 4周治疗
- **直肠癌 (术后复发)**
难以手术治疗的癌症 4周治疗
- **恶性黑色素瘤 (脉络膜※)** 1周治疗 (※眼球)

【正在进行临床治疗研究的疾病】

- **肺癌 (非小细胞型)** 1期癌症可在1周内完成治疗
- **子宫癌、脑肿瘤、胰腺癌、食道癌**
- **大肠癌、肝转移** 等

Q 3 哪些情况下不适合接受治疗？

A 3

■ 发生转移

· 发生转移，特别是转移到距离原发病灶较远的肺脏等部位（称为远处转移）时，基本上不能进行重粒子射线放疗。另外，发生大范围的全身转移时，也无法使用重粒子射线治疗个别转移癌症。

■ 过去曾经接受过放射线治疗

· 已经接受过放射线治疗的情况下，再接受重粒子射线照射会造成怎样的副作用，目前还无法做出判断。因此，治疗对象部位已经接受过放射线治疗的患者，大多并不符合本疗法的适用条件，请谅解。

■ 袋状管腔脏器癌症、已另外确立了治疗方法的病症

· 胃癌、大肠癌（原发病灶）、乳腺癌、卵巢癌等。



Q 4 从迄今为止的治疗成绩来看，是否可以说是真正有效的治疗方法？

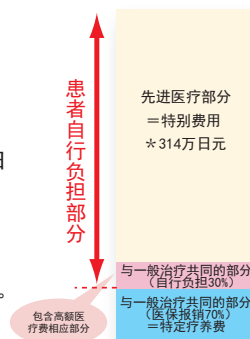
A 4 衡量治疗的有效性，具有各种不同的尺度。对于放射线治疗来说，就和外科手术一样，是否能够控制局部位置的癌症是个重要的评估基准。通过治疗让肿瘤缩小，或是让肿瘤停止生长的比例称为“局部控制率”。这一比例是表示有效性的指标之一，而对于重粒子射线放疗来说，早期非小细胞肺癌的3年局部控制率达到90%以上，肝癌达到80~90%，前列腺癌高达将近100%，可以说是非常有效的治疗方法。

关于治疗费用

Q 5 适用“先进医疗”之后，治疗费用有何变化？是否只需自行承担小部分治疗费用？

A 5 重粒子射线放疗是以入院治疗为前提。

- 以重粒子射线进行照射的“先进医疗”相对应部分费用为314万日元，由患者自行承担（属保险适用对象外）。
- 治疗所必需的诊断、检查、用药、住院等与一般性治疗共同的部分，适用医疗保险。
- 部分疾病作为“临床试验”，无需患者自行承担，即可进行治疗。



Q 6 将来是否会被纳入到国民医疗保险的适用范围内？

A 6 为了被认证为保险适用，在初始阶段必须在其治疗的有效性、安全性方面得到认可。放射线医学综合研究所于2003年10月获得了高度先进医疗（现：先进医疗）认证，可以说已经满足了这一条件。

· 是否能够从先进医疗转为保险适用，必须由每2年召开1次的中央社会保险医疗协议会下属的先进医疗专家会议审议决定。在专家会议上，除作为先进医疗的有效性、安全性外，还将对是否满足普及性、效率性及技术成熟度做综合判断。从普及性的视角来看，特别要求地域拓展，以确保全国的国民都能够平等地接受治疗。

· 对于重粒子射线放疗来说，目前治疗设施尚未广泛扩展到国内各地，而为了转为保险适用，必须由进行先进医疗的医疗机构将其广泛设置于各地。

· 在满足以上所有条件之后，由专家会议判定为可转为保险适用的先进医疗，经中央社会保险医疗协议会认证之后，即可在全国范围内适用保险医疗，可以大幅度降低治疗费中的自行承担部分。