

出國報告（出國類別：開會）

參加第一屆亞洲大洋洲粒子治療研
討會(PTCOG-AO2019)暨參訪關西
硼中子捕獲治療醫學中心

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：許雅娟技正、侯政宇技士

派赴國家/地區：日本/大阪

出國期間：108年12月5日至108年12月10日

報告日期：109年2月14日

摘要

放射線可以分為光子線及粒子線，臨床上常用高能光子線治療癌症病人。近年來國際間以粒子線治療癌症病人的趨勢日益增加，這是因為粒子具有布拉格峰(Bragg Peak)特性，可將輻射線集中在癌細胞上，除了可以提升腫瘤區域的劑量外，也大大降低對正常組織的傷害，而粒子線包含質子線及重粒子線(或稱重離子線)。因粒子線具有射束集中之優越性，近年來有越來越多設備廠商研發粒子治療機器，促使粒子治療腳步快速向前。

本次奉派參加第一屆亞洲大洋洲粒子治療研討會(The 1st Annual Conference of the Particle Therapy Cooperative Group Asia-Oceania)，簡稱PTCOG-AO2019，這是PTCOG (Particle Therapy Cooperative Group)第一屆針對亞洲大洋洲舉辦之粒子治療研討會議，會議除例行報告外，另安排質子及重粒子治療設施參訪。會場上另有瓦里安(Varian)、東芝(Toshiba)、日立 (Hitach)及日本住友重機械工業(Sumitomo)等粒子設備廠商，及瑞典RaySearch實驗室研發之RayStation粒子治療計劃系統參展，規模屬小型PTCOG。本次選擇大阪重粒子治療中心(Osaka Heavy Ion Therapy Center)進行參訪，這是因為臺北榮民總醫院(簡稱北榮)正建造之重粒子治療設備與該中心使用機型相同，故期望藉由此次參訪汲取重粒子治療設施運作概況及輻防管制措施。

大阪醫學大學關西硼中子捕獲治療醫學中心(Osaka Medical College Kansai BNCT Medical Center)，不同於國內是使用核子反應器來產生中子源，其利用住友重機性工業所設計製造之迴旋加速器，透過質子撞擊鈹靶(Beryllium)產生中子源，進而誘發腫瘤中含硼-10藥物的分裂後，產生高能 α 粒子及鋰(Li)核去破壞腫瘤細胞。目前該中心仍於臨床試驗階段，但預計未來正式進入臨床治療後，將有助於精簡設施執行BNCT之臨床治療。本次藉由實地參訪瞭解臨床治療時的實際應用管理及輻射安全管制時，發現中心本身亦具備有核醫藥物生產設施功能，在如此相對小的設施中要做到複合式又妥善自主管理著實不易。

目 次

	頁次
一、目的.....	1
二、出國行程及研討會議程.....	2
三、出國紀要.....	7
(一) 參加第一屆亞洲大洋洲粒子治療研討會.....	7
(二) 參訪大阪重粒子治療中心.....	13
(三) 參訪大阪醫學大學關西硼中子捕獲治療醫學中心.....	17
四、心得與建議.....	21
五、附件.....	23

一、目的：

PTCOG (Particle Therapy Cooperative Group)成立於 1985 年，是由對於粒子治療感興趣之科學家組成之非營利組織，其使命是促進粒子治療之科學、技術及實際臨床應用，最終目標是提高癌症治療率。而 PTCOG-AO2019 是 PTCOG 第一屆針對亞洲大洋洲舉辦之粒子治療研討會議，本屆於日本大阪市 Cityplaza Osaka 飯店舉行，由神奈川縣離子束放射腫瘤中心田田正(Tadashi Kamada)主任擔任本次大會主席，而大阪重粒子治療中心宮悅純悅(Jun-etsu Mizoe)主任則擔任副主席，本次會議主題係以亞洲及大洋洲粒子治療之演化作探討。

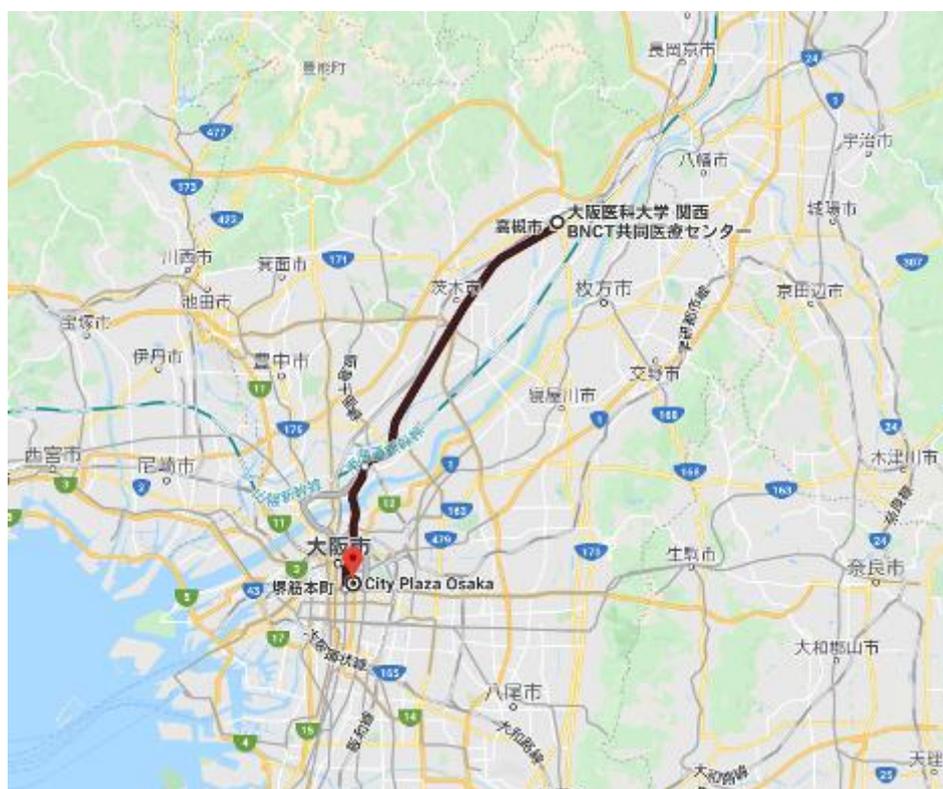
大會除安排 12 月 6 日至 12 月 7 日會議報告外，並於 12 月 8 日安排質子或重粒子治療設施 (Facility Tour) 實地參訪。考量國內北榮重粒子治療中心目前正在建造中，不久將來即會正式營運，故選擇參訪大阪重粒子治療中心(Osaka Heavy Ion Therapy Center)，以了解臨床實際運作。期望藉由本次會議及參訪汲取國際上粒子治療設備運作技術及醫療曝露品質保證經驗，以提升輻射安全管制。

2007 年北榮腫瘤醫學部與國內清華大學原子科學中心利用學校研究用開放水池式反應器(Tsing Hua Open-pool Reactor, THOR)，開始硼中子捕獲治療(Boron Neutron Capture Therapy, BNCT)合作，並於 2010 年進行第一個頭頸癌病人臨床試驗研究，認為 BNCT 對於病人產生毒性較少，並可做為日後癌症病人治療方式方式選擇。但因反應器會有核廢料問題，所以國際間傾向使用加速器產生硼中子進行治療。有鑒於加速器型 BNCT 是未來趨勢，故本次安排參訪大阪醫學大學關西硼中子捕獲治療醫學中心(Osaka Medical College Kansai BNCT Medical Center)，期望透過參訪以了解 BNCT 運作，及其輻防管制情形。

二、出國行程及研討會議程：

(一) 出國行程

日期	行程	工作內容
108/12/5	台北→日本大阪府大阪市	去程
108/12/6~108/12/8	日本大阪府大阪市	參加第一屆亞洲大洋洲粒子治療研討會(PTCOG-AO2019)及參訪大阪重粒子治療中心
108/12/9	日本大阪府高槻市	參訪大阪醫學大學關西硼中子捕獲治療醫學中心
108/12/10	日本大阪府大阪市→台北	回程



(二) 研討會議程

Program at a Glance

	December 6 (Fri)	December 7 (Sat)	December 8 (Sun)		
	Educational Seminar	Scientific Meeting	Facility Tour		
8:00		8:00-8:05 Welcome opening			
	8:15-8:30 Welcome opening	8:05-9:55		8:15-13:15	
	8:30-10:15				8:30-13:15
9:00	Educational Seminar 1-3	Scientific Session 1	9:00-11:30		
			Tour 1 Osaka	Tour 2 Kyoto	Tour 3 Nara
10:00		9:55-10:05 Coffee Break			
	10:15-10:35 Coffee Break	10:05-11:05			
	10:35-12:05	Scientific Session 2			
11:00	Educational Seminar 4-6	11:05-12:05			
		Scientific Session 3			
12:00					
	12:15-13:15	12:15-13:15			
	Luncheon seminar 1 Co-sponsored by Varian Medical Systems, Inc.	Luncheon seminar 2 Co-sponsored by Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation			
13:00		13:15-13:45			
	13:30-15:00	Presidential lecture			
14:00	Educational Seminar 7-9	13:45-14:45			
		Scientific Session 4			
		14:45-14:55			
15:00	15:00-15:20	Coffee Break			
	15:20-17:30	14:55-15:55			
	Educational Seminar 10-13	Scientific Session 5			
16:00		15:55-16:55			
		Scientific Session 6			
17:00		16:55-17:00			
		Closing remarks			
		17:00-17:30			
		Poster Session			
18:00					
	18:00-20:00	18:00-19:00			
	Welcome Dinner Venue: Large banquet hall "SYUN" (2F)	Evening Seminar Co-sponsored by Hitachi, Ltd. Venue: Large banquet hall "CHO" (4F)			

Note : This is the tentative list as of October 16, 2019, and would be updated.

PTCOG-AO The First Day, Educational Sessions, Dec6(Fri)

Start	End	Program	Topics	Speaker	Facility
8:15	8:30	Welcome opening by Masashi Chatani			
8:30	9:15	Seminar1	History of particle therapy	Hirohiko Tsujii	QST Hospital, Japan
9:15	9:45	Seminar2	Physics of particle therapy	Hsiao-Ming Lu	HIMC, Hefei, China
9:45	10:15	Seminar3	Radation biology of particle beam	Naruhiro Matsufuji	QST, NIRS, Japan
10:15	10:35	Coffee break			
10:35	11:05	Seminar4	Technical aspect of particle beam delivery	Won Gyun Jung	KIRAMS, Korea
11:05	11:35	Seminar5	Treatment planning of particle therapy	Dongho Shin	KNCC, Korea
11:35	12:05	Seminar6	Patient alignment and motion management	Shinichiro Mori	QST Hospital, Japan
12:10	13:10	Luncheon seminar			
13:30	14:00	Seminar7	Comissioning, machine and patient QA	Sung Yong Park	NCC, Singapore
14:00	14:30	Seminar8	Pediatrics	Jooyoung Kim	Proton Therapy Center, National Cancer Center, Korea
14:30	15:00	Seminar9	Head & Neck	Joseph Tung-Chieh Chang	Chang Gung Memorial Hospital, Taiwang
15:00	15:20	Tea break			
15:20	15:50	Seminar10	Thorax(lung)	Hideyuki Harada	Shizuoka Cancer Center, Japan
15:50	16:20	Seminar11	Liver	Toshiyuki Okumura	Tsukuba Univ., Japan
16:20	17:00	Seminar12	GI(Esoph.Panc.and Rectum)	Shigeru Yamada	QST Hospital, Japan
17:00	17:30	Seminar13	Prostate	Hitoshi Ishikawa	Tsukuba Univ., Japan
18:00	20:00	Welcome Reception			

Note : This is the tentative list as of October 15, 2019, and would be updated.

PTCOG-AO The Second Day,Scientific Meetings, Dec7(Sat)

Start	End	Submission ID	Speaker	Facility
8:00	8:05		Welcome opening by Tadashi Kamada	
Session 1 : Start up facility : Invited talk				
8:05	8:15		Norihiro Aibe	Kyoto Prefectural University of Medicine
8:15	8:25		Takeo Iwai	Yamagata University
8:25	8:35		Yong Bae Kim	Yonsei University (Korea)
8:35	8:45		Yu-Ming Liu	Taipei VGH
8:45	8:55		Ben Yu	Hong Kong Sanatorium Hospital
8:55	9:05		Chonlakit Khorprasert	Chulalongkorn University (Thailand)
9:05	9:15		Michael Wang	National Cancer Centre,Singapore
9:15	9:25		Michael Penniment	The University of Adelaide(Austraria)
9:25	9:35		John Chandy	Apollo Proton Cancer Centre(India)
9:35	9:45		Toshiro Trubouchi	Osaka heavy ion therapy center
9:45	9:55		Kazuya Inoue	Takai Hospital
9:55	10:05		Coffee Break	
Session 2: Clinical implementation of new technology :IGPT, IMPT, Motion management,Spacer, BRM, etc.				
10:05	10:15	60	Guo-Liang Jiang	Shanghai Proton and Heavy Ion Center(China)
10:15	10:25	27	Sung Ho Moon	Research Institute and Hospital, National Cancer Center(Korea)
10:25	10:35	14	Huan Giap	University of Miami Sylvester Comprehensive Cancer Center(US)
10:35	10:45	39	Zhengshan Hong	Department of Radiation Oncology, Shanghai Proton and Heavy Ion Center(China)
10:45	10:55	51	Weiqiang Chen	Institute of Modern Physics,CAS (China)
10:55	11:05	13	Huan Giap	University of Miami Sylvester Comprehensive Cancer Center(US)
Session 3: Clinical implementation of new technology :IGPT, IMPT, Motion management,Spacer, BRM, etc.				
11:05	11:15	35	Ningyi Ma	Shanghai Engineering Research Center of Proton and Heavy Ion (China)
11:15	11:25	55	Ji-Hong Hong	Chang Gung Memorial Hospital at Linkou (Taiwan)
11:25	11:35	32	Shigeru Yamada	National Institutes for Quantum and Radiological Science and Japan
11:35	11:45	8	Ningyi Ma	Shanghai proton and heavy ion center (China)
11:45	11:55	43	Reiko Imai	QST hospital
11:55	12:05	16	Itruko Serizawa	Kanagawa Cancer Center
12:15	13:15		Luncheon Seminar	
Presidential lecture: Evolution of Particle therapy in Asia-Oceania				
13:30	14:00		Tadashi Kamada	Kanagawa Cancer Center
Session 4: General topics				
14:00	14:10	17	Shinichi Minohara	Kanagawa Cancer Center
14:10	14:20	49	Toshiyuki Shirai	National Institutes for Quantum and Radiological Science and Japan
14:20	14:30	37	Jingfang Zhao	Shanghai proton and heavy ion center(China)
14:30	14:40	34	Nicki Schlegel	Shanghai Proton and Heavy Ion Center, Fudan University Shanghai(China)

14:40	14:50	46	Nao Okada	Osaka University
14:50	15:00	50	Masashi Yagi	Osaka University
15:00	15:20		Tea Break	
15:20			Session 5: General topics	
15:20	15:30	29	Jinhyeop Lee	Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center(Korea)
15:30	15:40	18	Tsuyasa Aruma	Kouseikai Proton Therapy Center
15:40	15:50	56	Shunsuke Kurosawa	Tohoku Univ.
15:50	16:00	15	Keisuke Tsuchida	Kanagawa Cancer Center
16:00	16:10	5	Yoshikazu Maeda	Proton Therapy Center, Fukui Prefectural Hospital
16:10	16:20	19	Yen Hwa Lin	National Cancer Centre Singapore
16:20			Session 6: General topics	
16:20	16:30	54	Bo Zhao	Peking University First Hospital(China)
16:30	16:40	21	Jingfang Zhao	Shanghai Proton and Heavy Ion Center(China)
16:40	16:50	48	Chunyan Li	Tsinghua University(China)
16:50	17:00	45	Sung Hyun Lee	Department of Accelerator and Medical Physics, National Institute of Radiological Sciences(Japan)
17:00	17:10	3	Martin Law	Proton Therapy Singapore
17:10	17:20	2	Do-Kun Yoon	College of Medicine, Catholic University of Korea
17:20	17:30		Closing of Oral Session by Joseph Tung-Chieh Chang from Chang Gung Memorial Hospital	
17:30			Poster Session	
18:00			Evening Seminar	

三、出國紀要：

(一)參加第一屆亞洲大洋洲粒子治療研討會(**The 1st Annual Conference of the Particle Therapy Cooperative Group Asia-Oceania**)

PTCOG-AO2019 是 PTCOG 第一屆針對亞洲大洋洲舉辦之會議，於日本大阪市 Cityplaza Osaka 飯店舉辦，如圖一。研討會於 12 月 6 日至 12 月 7 日分別舉辦教育專題討論(Educational Seminar)及科學會議(Scientific Meeting)，會議主題係以亞洲及大洋洲粒子治療之演化作探討。教育專題討論首先分別由日本 Hirohiko Tsujii 及 Naruhiro Matsufuji 博士針對粒子治療之歷史及生物特性進行介紹，而中國大陸陸小明博士則介紹粒子治療之物理特性。



圖一 日本大阪市 Cityplaza Osaka 飯店

Hirohiko Tsujii 博士介紹粒子治療歷史，如圖二，由 1895 年倫琴發現 X 光開始說起，1904 年威廉亨利布拉格發現高速帶正電荷離子在物體中行進時，於即將停止時才將大部分能量釋放出來的之 Bragg-peak 現象，1931 年美國勞倫斯實驗室建造了第一台迴旋加速器，1937 年勞倫斯實驗室開啟了快中子治療後，20 世紀中後期質子、 π 粒子及重粒子治療模式逐漸問世。其中，快中子治療因為會產生嚴重後遺症，最後被終止。而 π 粒子因相對生物效應 (Relative Biological Effective, RBE) <2 ，並沒有

期望中的高，故僅適於治療軟組織腫瘤，適用範圍被侷限了。另外，研究發現質子強度調控治療方式引發二次癌症會比光子強度調控治療方式較低，這也是質子及重粒子治療近年來積極被發展因素，「重粒子」是因為它所使用的粒子的質量比質子還大故稱之，目前主要以碳重粒子為主。

會議上報告粒子治療截至 2019 年 12 月止，全球運轉中的粒子治療設施共有 100 處(註：簡報資料中台灣僅列出 1 座質子治療設施。經查 PTCOG 官方網頁，發現已於 2018 年運轉之高雄長庚醫院質子治療設施並未列入。)，如圖三。此外，有 38 座質子治療設施及 4 座重粒子治療設施正在建置當中，其中包括台灣 2 座質子治療設施(臺灣大學醫學院附設癌醫中心及臺北醫學大學附設醫院)及 1 座重粒子治療設施(臺北榮民總醫院)，由此可見全世界之粒子治療正處於蓬勃發展階段。其中重粒子因其物理效應或生物效應優於光子或質子，如更強的相對生物效應(relative biological effectiveness, RBE)、產生二次中子較少、對鄰近腫瘤之正常組織上傷害少、治療次數少即可得到好的治療效果等優勢，使得國際間重粒子治療設施有增加趨勢。

Year	Event
1895	Discovery of X-rays
1896	First use of x-rays for RT
1904	Discovery of Bragg peak
1931	First construction of Cyclotron
1937	First FNT at Lawrence
1939	Fractionated FNT at Lawrence
1946	Proposal for use of ion beam for RT
1954	First He/PBT at LBNL
1961	PBT started at MGH/HCL
1972	Invention of CT by G.Hounsfield
1972	Fractionated PBT at MGH/HCL
1974	Pion therapy at Los Alamos
1975	First heavy ion therapy at LBNL
1990	Hospital-based PBT center at LLUMC

圖二 粒子放射治療之歷史

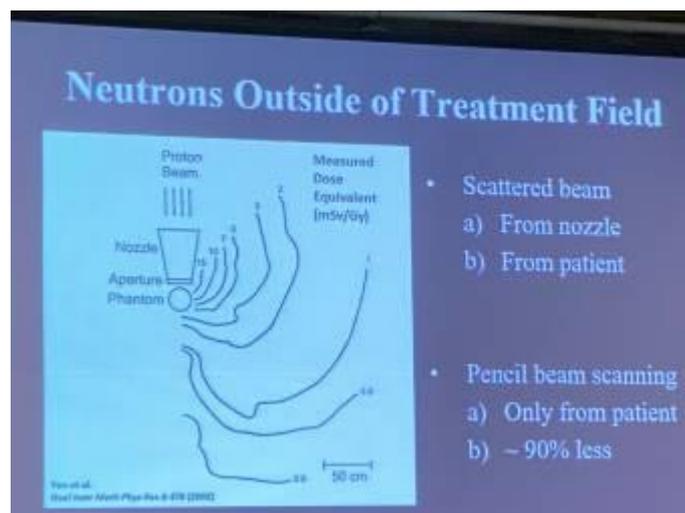
Country	Proton	Heavy ion beam	Proton + Carbon	Total			
				Count	Percentage		
UK	3		3	22	24.7%		
France	3		3				
Germany	4		6				
Italy	2		3				
Sweden	1		1				
Switzerland	1		1				
Denmark	1		1				
Holland	3		3				
Austria			1				
Czech Repb	1		1				
East Europe	Poland	1		1	5	5.8%	
Russia	3		3				
Africa	South Africa	1		1	1	1.1%	
Asia	Japan	15	5	1	21	30	32.6%
China	2	2	1	5			
Korea	2			2			
Taiwan	1			1			
India	1			1			
North America	Canada	1		1	32	36.9%	
U.S.A	31			31			
26 countries		77	7	6	90	100%	

圖三 全球運轉中之離子射束治療設施數量

Naruhiro Matsufuji 博士介紹粒子之輻射生物效應，主要敘述理論基礎，先從 DNA 結構及輻射對於 DNA 直接或間接傷害說起，進而說明放射分次治療之 4R，

其分別代表修復(Repair)、再分布(Redistribution)、再增殖(Repopulation)及再氧化(Reoxygenation)，利用這些機制讓正常細胞恢復，或來破壞腫瘤細胞。Naruhiro Matsufuji 博士所講述之輻射生物學，是進入放射治療領域人員必須具備之專業基礎。

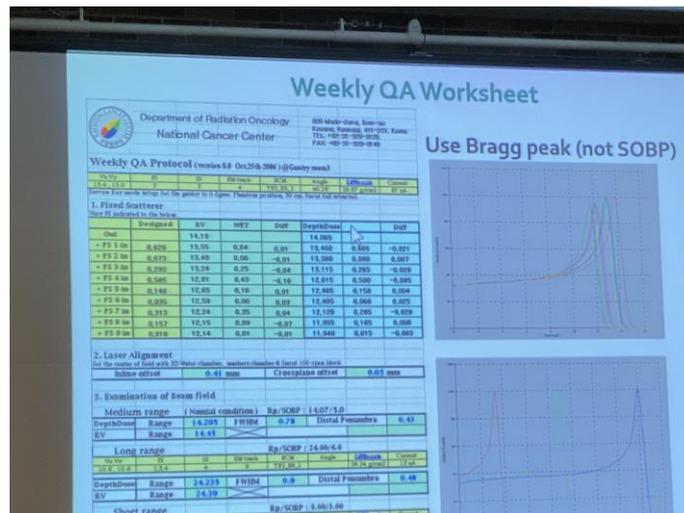
中國大陸陸小明博士說明粒子治療之物理特性，先就粒子與物質作用產生之庫侖力及核力說明。並就目前兩種質子治療模式-散射射束(scatter beam)及尖型掃描射束(pencil beam scanning)，如圖四所示。分別解釋兩者治療模式於治療照野外產生中子來源，其中散射射束中來自於噴嘴及病人，而尖型掃描射束則只有來自於病人。因散射射束產生中子量會高於尖型掃描射束，所以目前質子治療設施都傾向尖型掃描射束。



圖四 治療照野外產生中子來源

新加坡國家癌症中心首席質子物理師 Sung Yong Park 博士介紹有關質子治療設備裝機後如何調校及所使用調校工具，還有治療機平常與病人治療時所要執行之品質保證項目。其中裝機調校項目包含安全連鎖、劑量校正、治療計畫接收測試……等，所建議的內容與高能量光子加速器差異不大。因台灣林口長庚及高雄長庚醫院質子設施已正式運轉，所以裝機調校經驗相對足夠。而質子治療設備每天、每週、每月及每年執行品保測試，分別就劑量、機械、影像系統及安全進行

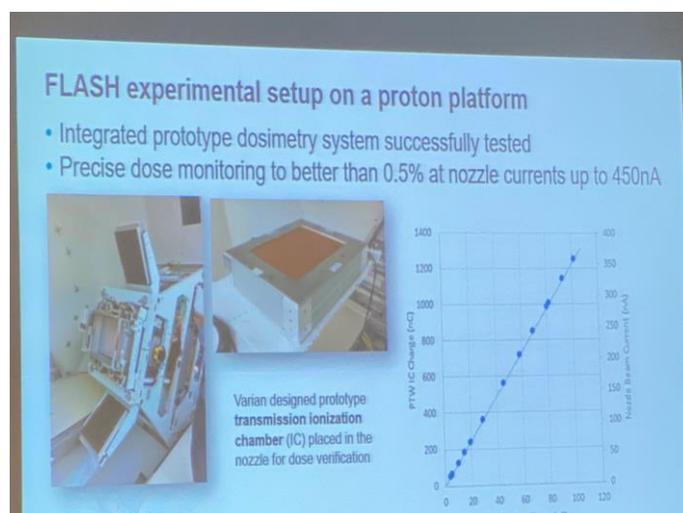
測試，圖五為癌症中心為執行每週品保設計之表格。不過，國際上目前針對醫用質子治療設施實施之校正項目、頻次及結果或誤差容許值，因使用的設備與技術不同而校正項目有異，所以尚未有整體適用的標準化質子治療品保作業程序建議。其中，國內質子治療設施目前執行之品保內容係參考 ICRU 59 號建議(Clinical Proton Dosimetry - Part I Beam Production Beam Delivery and Measurement of Absorbed Dose)、ICRU 78 號建議(Prescribing, Recording, and Reporting Proton-Beam Therapy)、美國佛羅里達大學質子治療中心及日本國家癌症中心醫院而制定。相對於光子治療僅於每月進行射束百分深度確認，因質子具有強大之殺傷力，質子治療射束將射束百分深度及大小、射束掃描位置及速度等項目列入每日需執行項目，其目的用於確保病人治療安全。



圖五 新加坡國家癌症中心每週品保表格

瓦里安(Varian)公司 Eric 博士進行有關質子 Flash 新技術報告，說明目前常用於癌症治療使用之光子射束劑量率約為每分鐘 400~2400 cGy，而質子射束約每分鐘 10,000 cGy。但未來質子治療將傾向超高劑量 Flash 模式，此劑量率每分鐘可高達 720,000 cGy。雖然該技術目前仍處於動物研究階段，但從老鼠實驗得知，使用 Flash 與一般質子模式去治療老鼠胸腔腫瘤，發現 Flash 模式可使肺部之正常組織發生纖維化減少 23 %。而為因應 Flash 高劑量率模式，有別於一般使用游離腔測

量劑量，Varian 公司設計原型穿透式游離腔(prototype transmission ionization chamber)進行劑量驗證，如圖六。因為 Flash 質子治療模式較具有保護正常組織優越性，應於不久將來用於臨床上治療病人。

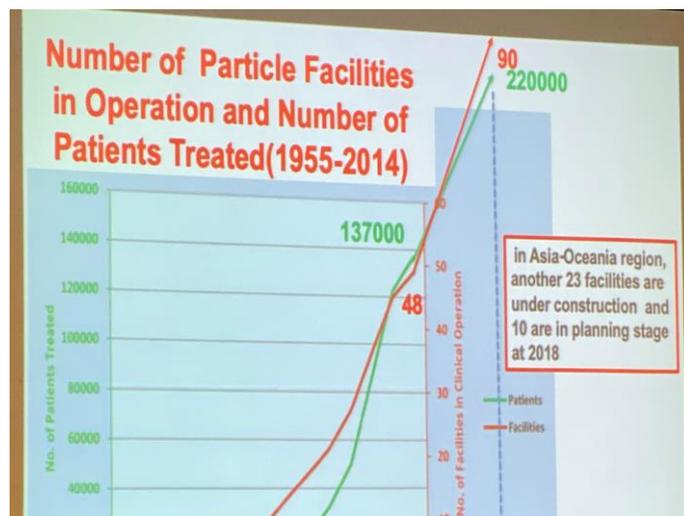


圖六 原型穿透式游離腔劑量驗證

國內北榮劉裕民醫師報告北榮粒子治療發展，說明近年來電腦治療計劃系統及治療設備日新月異，癌症病人使用放射治療方式大幅提升。而北榮早於 1992 年計畫 BNCT 去治療癌症病人，於 2010 年正式與國內清華大學及日本京都大簽訂合作協議後，開始進行第一個臨床試驗病人，迄今已有超過 100 個病人。爾後，又因為碳粒子治療有較好劑量分布、較高輻射生物特性及克服缺氧等優勢，於 2009 年開始碳粒子治療計畫，碳粒子治療設施已於 2019 年開始建造，希望於 2022 年開始進行臨床試驗。

會議除了技術及學理做探討外，另有來自日本、韓國、大陸、新加坡及台灣的醫師，針對粒子治療於臨床癌症病人研究結果進行報告，其中林口長庚醫院洪志宏醫師報告近年質子治療臨床研究結果，從 62 位肝體積小於 1,000c.c 之肝癌病人中，使用質子治療模式比使用高能量光子治療，可以使正常肝得到較多的保護。另有來自香港及新加坡的醫師說明目前該國家當前粒子設施規劃或建置情形，透過這些國家報告可以知道粒子設施正於全世界蓬勃興建及使用中。

本屆會議主席 Tadashi Kamada 醫師說明目前粒子治療於亞洲及大洋洲演化情形，說明粒子治療設施於 2014 年共有 48 座，共治療 137,000 人，至 2018 年已達到 90 座，共治療 220,000 人。其中於 2018 年亞洲及大洋洲更有 23 座正在建置粒子治療設施，另有 10 座正在計畫中，如圖七。而亞洲大洋洲從 1989 年的 2 座到 2019 年就達 34 座，其中日本就涵蓋了 23 座，表示在日本密集度，每 500 萬日本人則有 1 座粒子治療設施(美國僅 1/1,000 萬人、德國則是 1/1,300 萬人)，可見密集度之高。若以這比例推估，則以亞洲大洋洲的人口計算，應該要有 900 座粒子治療設施。惟保守估計，至 2029 年應該會有 60~90 座粒子治療設施。2018 年全球有 1 千 8 百萬新增癌症案例，而亞洲則佔了將近 50%，表示粒子治療設施在未來仍具發展性。其中，因同步加速器設備體積(直徑 20 公尺)較龐大，期望 2030 年可以建置直徑僅 7 公尺之同步加速器，僅需較少之空間即可提供有效粒子治療。



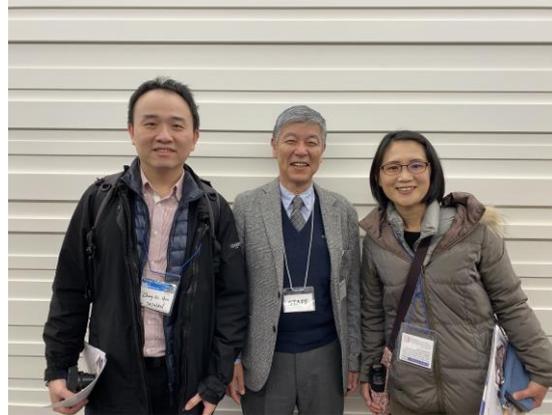
圖七 1955~2014 年運轉中粒子設施數目及治療病人人數

(二)參訪大阪重粒子治療中心(Osaka Heavy Ion Therapy Center)

大阪重粒子治療中心，如圖八，是日本第六家重粒子治療設施，其鄰近大阪城及大阪國際癌症中心，於 2018 年 10 月開始治療病人。而目前日本國家保險針對攝護腺癌、頭頸癌及部分骨癌病人使用重粒子治療，是可以獲得補助。大阪重粒子中心採用日立公司生產之同步加速器，加速碳離子至高速後，將射束引進至治療室，進行治療。中心設有 3 間治療室，分別為治療室 1、2 及 3。治療室 1 可以進行水平及 45 度方向照射，治療室 2 及治療室 3 則可以進行水平及垂直方向照射，當天由醫學物理組主任兼副院長金井達明博士接待我們，金井博士是最早建立生物劑量模型的創始人，此為治療計劃系統之基礎，如圖九。



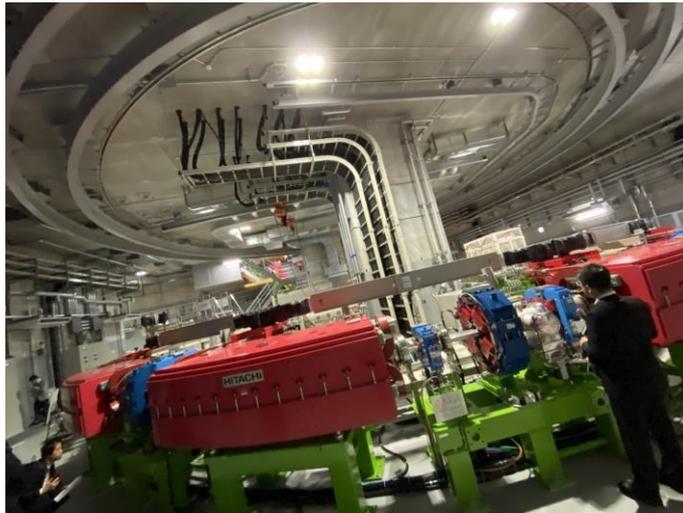
圖八 大阪重粒子治療中心入口



圖九 與金井明達博士合影

重粒子治療模式也分為散射射束(scattering beam)及掃描射束(scanning beam)，其中散射射束是將粒子束透過散射體，並依腫瘤型形狀做準直器及射程補償器調整射束形狀及深度，這種方法容易造成腫瘤以外不必要區域出現高劑量。所以大阪重粒子治療中心採用高速掃描射束，使用細射束直接按照腫瘤型狀精確地進行照射，使周圍正常細胞受到較多保護，也不會有準直器及補償器活化問題。

基於輻防管制要求，醫院針對進入管制區之臨時人員設計之劑量登記表，如圖十，且發給電子劑量計，於離開時需登錄所接受劑量，參訪人員經醫院解說人員帶領下進入管制區參觀。中心配置有醫師 5 人、醫學物理師 5 人、放射師 12 人及



圖十三 參觀同步加速器室

大阪重粒子治療中心裝置 6 台輻射偵檢儀器，其中加速器室內設置一台高能量加馬區域輻射偵檢器(Area Radiation Monitor, ARM)，如圖十四，劑量顯示器設於加速器室門外，圖十五，可以作為工作人員進入加速器室時機之參考。惟發現治療室內並未裝置光子及中子 ARM，故病人治療結束後，工作人員則無法藉由監測數值而判斷進入時機。反之，目前國內質子及重粒子設施皆有規劃於治療室內設置光子及中子 ARM，可以提供工作人員進入治療室時機之參考，以確保工作人員安全。北榮重粒子癌症治療中心已規劃設置 16 台 ARM，並依區域設定不同警示值，若發生異常輻射事件時，可及時提醒工作人員，進一步提升輻射安全管制。



圖十四 加馬區域輻射偵檢器



圖十五 劑量顯示器

另透過本次參訪得知，大阪重粒子治療中心之加速器室及治療室內並未如北榮重粒子癌症治療中心，於屏蔽牆中設計預埋水泥圓柱，其目的用於定期取出圓柱進行放射性核種分析，以了解設施運轉期間，牆壁所受活化程度，以做為日後設施停用後放射性廢棄物處理之依據，由此可知，國內自主輻射安全管制更勝他國。

大阪重粒子治療中心之加速器室門口處設有安全連鎖鑰匙箱，如圖十七，工作人員進入加速器室時應取出一把鑰匙並隨身攜帶入室，離開時再將鑰匙復歸原處，所有鑰匙都需要歸位插入後，加速器才可以啟動。安全連鎖鑰匙開關連鎖方式是一種主動式安全防禦，所有進入加速器的每一位工作人員應該位輻射安全負責，日本許多粒子中心採用此方式作為進出輻射區域管制，而北榮重粒子治療中心未來亦採取相同管制邏輯。



圖十七 安全連鎖鑰匙箱

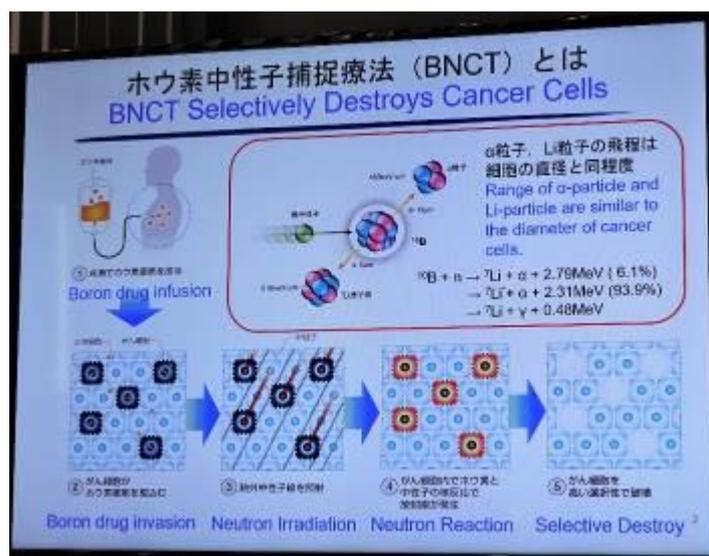
而為確保設施周圍民眾之健康，大阪重粒子治療中心於正式運轉前即進行背景值量測，運轉後每半年另針對設施周邊的固定點使用輻射偵檢儀器進行環境劑量率的偵測。同樣的，北榮重粒子治療中心於試運轉前一年開始至正式運轉後一年，將於設施外環境區域適當地點，佈設環境劑量計(TLD)實施劑量監測，每年執行設施周圍環境輻射偵測，有助於確保環境之輻射安全，增加附近民眾的信任。

(三) 參訪大阪醫學大學關西硼中子捕獲治療醫學中心(Osaka Medical College Kansai BNCT Medical Center)



硼中子捕獲治療(Boron Neutron Capture Therapy; BNCT)對於有別於傳統光子放射治療或近年流行的高強度粒子治療觀念技術，是透過用提供腫瘤攝取一種含硼-10(B-10)的藥物，然後使用熱中子照射腫瘤，此等熱中子束的照射會誘發硼-10 藥物的分裂產生高能 α 粒子及 Li 核，這兩個生物效應極佳的射線，侷限在一個腫瘤細胞的範圍內進行破壞，此技術為兼具低正常組織副作用及高腫瘤破壞效果的優勢。

本會為因應我國未來有醫療院所預計發展設置 BNCT 相關設施，需要實務管理經驗之參考，並於 2019 年 12 月 9 日赴大大阪醫學大學關西硼中子捕獲治療醫學中心拜訪小野公二教授(Koji Ono)，並參訪其 BNCT 中心。圖十八為中心之秋田和彥(Kazuhiko Akita)醫學物理師為本會說明硼中子捕獲治療技術之簡報資料。



圖十八 硼中子捕獲治療技術簡報

小野教授於京都大學原子反應爐粒子放射腫瘤研究中心擔任硼中子捕獲治療的臨床研發工作，超過二十年的投入以及發展的過程中，協助臨床治療的各式患者近千例，成為全世界最多硼中子捕獲治療臨床經驗的研究者，並發表臨床治療經驗以及相關基礎研究成果於國際重要的腫瘤治療期刊，成為國際硼中子捕獲治療界的重要性影響人物。此行參訪之主要目的，是為向小野教授請益日本在臨床實務上是如何實施自主輻射安全管理，以符合輻射安全之要求。圖十九為出國同仁和小野教授合影。

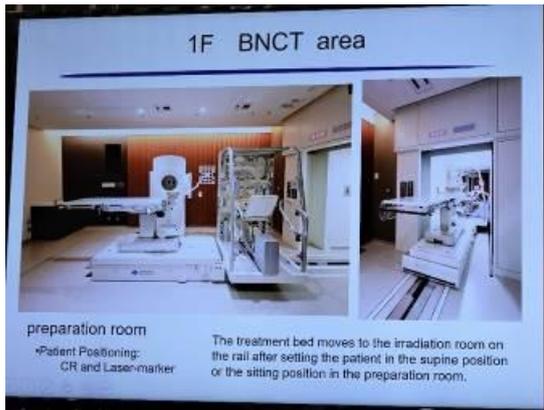


圖十九 和小野教授合影

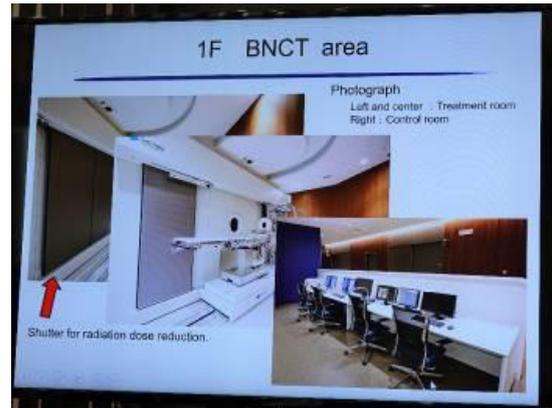
小野教授自京都大學定年退休後，轉聘至大阪醫學大學關西 BNCT 醫學中心擔任主管職，該中心主要配置有住友重工在日本國內的第三台醫院型之 BNCT 加速器設備(前兩台分別設置在京都大學原子爐研究中心及福島南東北醫院)，該設施包括 B1~3F 的治療中心，中心內有兩部迴旋加速器：一部提供硼中子捕獲治療用之熱中子射源；另外一台則提供生產治療前之造影用 F-18 核種。該項治療的對象甚為廣泛，只要腫瘤組織能高度攝取含硼-10(B-10) 藥物，均能發揮極佳的腫瘤治療效果，包括：顱內惡性膠質細胞瘤、頭頸部腫瘤、黑色素皮膚癌、肝癌、肺癌等，以及持續突破發展的乳癌及骨肉瘤等，均有其醫療前瞻性。

BNCT 醫學中心共有 3 位醫生、2 位醫學物理師及 2 位放射師，其中每月、每月

及每年之 QA 皆由醫學物理師執行，主要針對機器部分作 QA，並於病人治療前，以水假體量測百分比深度劑量(Percent Depth Dose, PDD)。由於無法進行攝影，僅能以中心簡報呈現本會於中心內部所見，中子捕獲治療前室(患者準備室)如圖二十，放射師於前室將患者固定於治療床上後，即由地上軌道送入治療室內進行治療，圖二十一為治療室及控制室，目前中心仍屬臨床試驗階段。



圖二十 中子捕獲治療前室



圖二十一 中子捕獲治療室及控制室

大阪醫學大學關西 BNCT 醫學中心乃使用小型迴旋加速器，透過質子撞擊鈹靶(Be)來產生中子源，節省設施空間減少輻射管制區範圍進而降低輻射安全風險。加速器室、治療室及控制室內有一個加馬 ARM，有利工作人員作為進入室內時機之判斷。加速器室內及治療室內並設置緊急停止按鈕(emergency stop button)，如圖二十二(照片由中心提供)，一按壓射束即停止。



圖二十二 治療室內緊急停止按鈕(照片由中心提供)

針對放射性氣體排放管制，BNCT 醫學中心設有流程輻射監測器(Proceeding Radiation Monitor, PRM)可以隨時監控空氣中核種活度濃度，運轉時主要產生之活化氣體為 Ar-41，目前測得活度皆小於法規標準。此外，放射性液體排放管制部分，共設有 2 個廢液貯存槽及 1 個稀釋槽，待取樣分析後符合法規標準才可排放。就以上而言，目前 BNCT 醫學中心輻射安全管制措施皆與本會目前管制邏輯一致。

北榮腫瘤醫學部與清華大學原子科學中心及日本京都大學(小野教授原任職處)，於 2010 年簽訂三方合作協議書，希望結合北榮在癌症治療的專業能力及日本京都大學在 BNCT 的臨床實務經驗，共同努力以清華大學開放水池式反應器(Tsing Hua Open-pool Reactor, THOR)超熱中子束進行 BNCT 臨床研究合作，為癌症病患提供新的治療方法。有別於我國清華大學建置 BNCT 設施，為使用 THOR 產生熱中子束，所需要的空間及輻射防護管理需求範圍較廣，日後核廢料處理亦是問題，未來醫院傾向使用迴旋加速器去執行 BNCT，以有效利用場地並降低核子反應器使用風險。

圖二十三為中心提供給工作人員使用之個人輻射劑量配章(上：電子劑量計；下：玻璃劑量計(皆含光子及中子))，另圖二十四為中心入口擺設之 1F 治療室立體配置圖。



圖二十三 工作人員輻射劑量計



圖二十四 治療中心 1F 治療室立體配置圖

四、心得與建議

1. 藉由大會中來自國際各專家學者的研究成果分享，深刻學習到高強度粒子治療技術的逐年演進以及在臨床使用上針對各種癌症治療的突破，同時證明了高強度粒子治療技術在臨床應用上的更趨成熟。依據PTCOG截至2020年2月統計，全球運轉中的粒子治療設施共有103處，全球接受粒子治療的病人已逾22萬人。台灣目前只有林口長庚紀念醫院及高雄長庚紀念醫院質子治療中心於取得本會核發之使用許可證並正式提供醫療服務。其餘業經衛生福利部核准申請設立之醫療院所尚有 5 家，分別為國立臺灣大學醫學院附設癌醫中心醫院、中國醫藥大學附設醫院、彰化基督教醫療財團法人彰化基督教醫院、臺北醫學大學附設醫院，以及高雄醫學大學附設中和紀念醫院，目前也逐步籌備規劃或部分已進入同意安裝建造階段。另台北榮民總醫院亦取得衛生福利部及本會同意安裝建造重粒子治療設施。

本會雖已於 2008 年訂定「粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則」，供業者參考撰寫，惟粒子治療設施隨著加速器設計、噴嘴掃描技術設計、定位治療計畫系統設計等的發展日新月異，造成各廠牌與機型之間的差異甚大，因此，為了持續精進本會對粒子治療設施之審查與管制能力，建議未來仍有必要對粒子治療技術於國際發展動態情形保持關注，以了解粒子治療當前可能面臨的技術限制或任何突破發展，透過吸收各專家學者之研究成果及經驗分享，有助於提升本會審查人員應備之相關知能。

2. 高強度粒子治療醫療曝露品質保證作業之研究已逐漸受到世界各國的重視，因此，對此領域的動態發展，建議本會有必要持續關注掌握，以利未來在研擬修正醫療曝露品保相關標準時得以參考。本次會議除對粒子治療在輻射生物的臨床研究成果進行發表外，隨著粒子治療技術的進步以及應用需求的增加，各國也逐步投入設備性能評定之相關研究。雖然研究現況多仍處於理論驗證階段，尚無法如傳統放射治療設備之品保作業一樣有完整具體的應用，但顯示粒子治療設

備之醫療曝露品保作業已逐漸受到世界各國的重視。故對於此一領域的動態發展，建議本會仍有必要持續關注及掌握，以利未來研擬相關醫療曝露品保標準。

3. 我國目前唯一硼中子捕獲治療設施乃由清華大學使用水池式反應器建置而成。同時與北榮及日本京都大學合作發展硼中子捕獲治療技術，未來預計於北榮建置如大阪醫學大學關西 BNCT 醫學中心，使用迴旋加速器作為穩定的中子源，以有效利用場地並降低核子反應器使用風險。藉由參訪該中心瞭解此設備臨床治療時的實際應用管理，同時中心本身亦具備有核醫藥物生產設施功能，在如此相對小的設施中要做到複合式又妥善自主管理著實不易。

本會一向本著嚴謹保守的的輻防管制態度，在能盡量合理抑低輻射劑量的精神下規範使用單位，這樣一路累積的管制成果及國內各設施輻防人員的戮力配合管理，相關輻防管制措施相比國際其他同樣治療設施有過之而無不及，這是主管機關及使用單位長期互相配合的成果，確保創造輻射從業人員及民眾都能安心無虞的輻射安全醫療環境。

五、附件

附件一 大阪重粒子治療中心(Osaka Heavy Ion Therapy Center)簡介

附件二 大阪醫學大學關西硼中子捕獲治療醫學中心(Osaka Medical College Kansai BNCT Medical Center)簡介



O S A K A

公益財団法人 大阪国際がん治療財団

大阪重粒子線センター

Osaka Heavy Ion Therapy Center



大阪から日本全国、そして世界へ 最先端がん治療 大阪重粒子線センター誕生

全国で6番目の重粒子線治療施設が、
アクセス至便の大阪都心部に誕生しました。
隣接する大阪国際がんセンターとの連携により、総合的ながん治療が可能となり、
日本全国そして世界から注目されています。



大阪重粒子線センター

大阪府警察本部

大阪国際がんセンター

大阪府庁





公益財団法人 大阪国際がん治療財団

理事長 高杉 豊

最先端のがん治療施設である大阪重粒子線センターは、大阪城を望む大手前地区にて平成30年3月に医療施設として認可され、同年10月16日より重粒子線治療を開始致しました。

本事業は、平成22年3月の成人病センター整備基本構想に端を発し、平成23年9月、大阪府議会から「成人病センター建て替えを契機とした粒子線治療装置などの最先端医療技術導入構想」の提案を受け、府立病院機構の事業として本格的な検討が開始され、今日に至りました。

国民の2人に1人ががんを発症し、3人に1人ががんで亡くなるという時代となりましたが、一方で、治療技術の進歩により、がん全般の5年生存率は約70%にまで向上してきました。重粒子線によるがん治療施設は、国内でまだ5施設[※]しかありませんが、その治療成績は非常に高く、今後ますますその期待が大きくなっています。

大手前地区には大阪国際がんセンターと国家公務員共済組合連合会大手前病院と当センターが近接し、3施設の連携による機能強化も図っており、がん診療の一大拠点が形成されています。

大阪重粒子線センターががん治療の一翼を担うことで、大阪府民の皆さん、さらには世界中のがんの患者様に大きな福音となることを願って止みません。

※放射線医学総合研究所病院(千葉市)、群馬大学医学部附属病院、神奈川県立がんセンター、兵庫県立粒子線医療センター、九州国際重粒子線がん治療センター(鳥栖市)の5か所が稼働している。



公益財団法人 大阪国際がん治療財団

大阪重粒子線センター センター長 溝江 純悦

がん治療に使用される放射線は、今日、多くの種類があり、それぞれの特徴を生かしたがん放射線治療が行われています。2018年10月16日に臨床治療開始致しました大阪重粒子線センターでは、重粒子線の一つ、炭素イオン線を使用してがん治療を行います。炭素イオン線の特徴は粒子が重いことで、X線や陽子線などに比べ体内の線量分布に優れ、特に、重要な正常組織を傷つけることなくがん治療が可能です。また、粒子が重いことで生物効果にも優れ、X線や陽子線では難治とされる腫瘍にも効果を発揮します。

このような切れ味の鋭い放射線治療を行うに当たっては、正確ながん診断、経験を生かしたがん浸潤範囲の把握、そして、最適な治療回数の設定が不可欠です。大阪重粒子線センターでは、多列CT装置2台・MRI機器を導入し、最新の治療計画装置を駆使し、そして、早期末梢肺癌の1回照射や末梢型肝癌の2回照射などの少分割(寡分割)治療を行っていきます。

炭素イオン線の特長を生かした治療は、高い腫瘍制御をもたらし、同時に副作用の少ない結果が期待できます。このため、仕事をしながら外来通院での治療が可能であり、1回照射を含め治療終了の翌日から、それまでと同じ生活が可能です。

重粒子線がん治療施設は、関西では播磨のみでありましたが、今回大阪に設置された重粒子線治療装置は、ほぼ全ての部位のがんを治療できる装置で、過去20年以上に渡る治療経験を元に、最良の治療を皆様に提供できると信じております。

重粒子線治療について

1 切らずに、痛みもなく、高齢者にもやさしい治療です。

※照射そのもので痛みや熱さを感じることはありません。

(公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団「体にやさしい粒子線がん治療」より)

2 がんの部分で大きなエネルギーを放出することができるため、正常組織への副作用が少なくなります。

切除できない部位のがんの治療ができる可能性があります。

3 難治性のがんにも効果が期待されます。

従来の放射線では治療が難しいケースのものにも適用できる可能性があり、優れた治療効果が期待できます。

4 重粒子線は従来の放射線治療に比べて、治療回数・日数が少なくすみます。

仕事や日常生活を続けながら外来での治療が可能です。

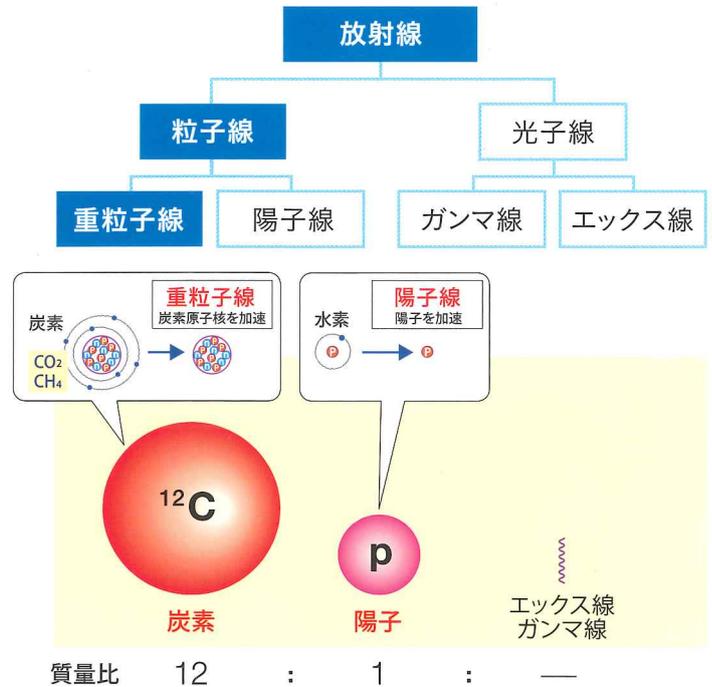
重粒子線とは

放射線は光子線と粒子線に分けられます。光子線はエネルギーの高い光のようなもの、粒子線は加速された粒子です。前者にはX線、ガンマ線、後者には陽子線や重粒子線があります。

体内に入射した重粒子線は、ある深さまではあまりエネルギーを与えずに早い速度で駆け抜け、途中で急に速度を落として多くのエネルギーを与えて線量のピークを作り、その後は体内で停止します。重粒子線はX線や陽子線に比べて生物学的効果(がんを殺す効果)が2倍から3倍高いと言われています。

当施設では重粒子線として炭素イオン線を使います。

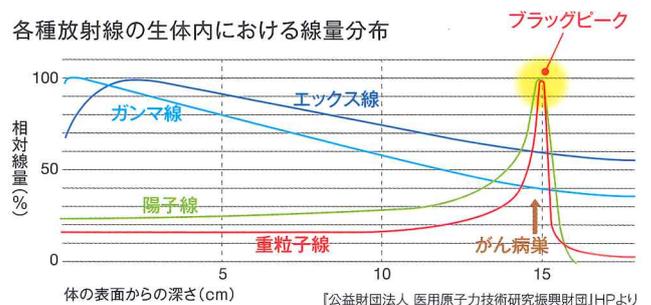
がんの放射線療法で使用する放射線



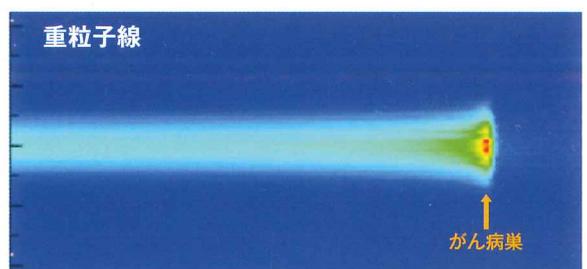
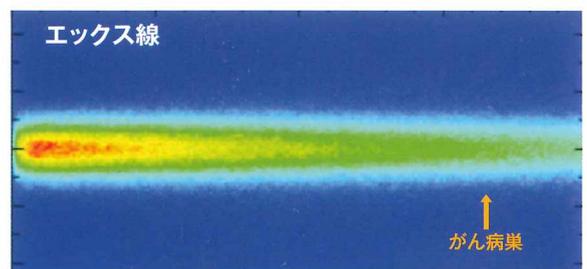
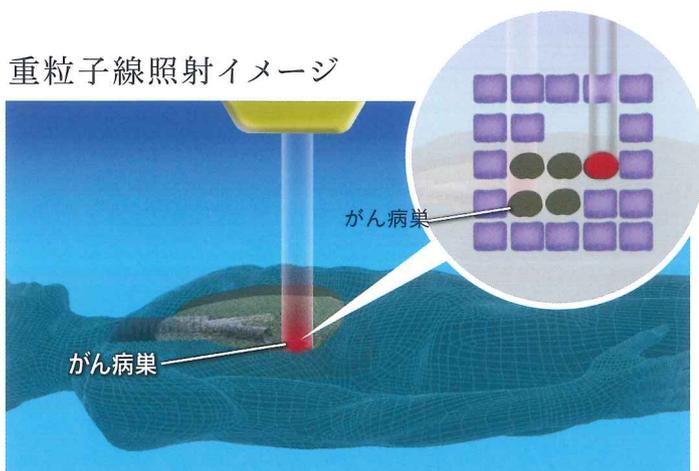
重粒子線の生体内における線量分布

従来から用いられているX線の場合、体の表面近くでその効果が最も大きく、体の中を進むにしたがって効果は次第に弱まっていきます。一方、粒子線は体のある一定の深さでエネルギーのピークを迎え、その前後で弱く抑えられる特性があります。ピークになる深さをがん病巣の位置に合わせることでがんだけを集中的に狙い撃ちすることができ、体の深いところにあるがんにも大きな効果が期待できます。また、粒子線は直進性が高く、特に重粒子線は陽子線に比べて数倍直進性が優れています。

各種放射線の生体内における線量分布

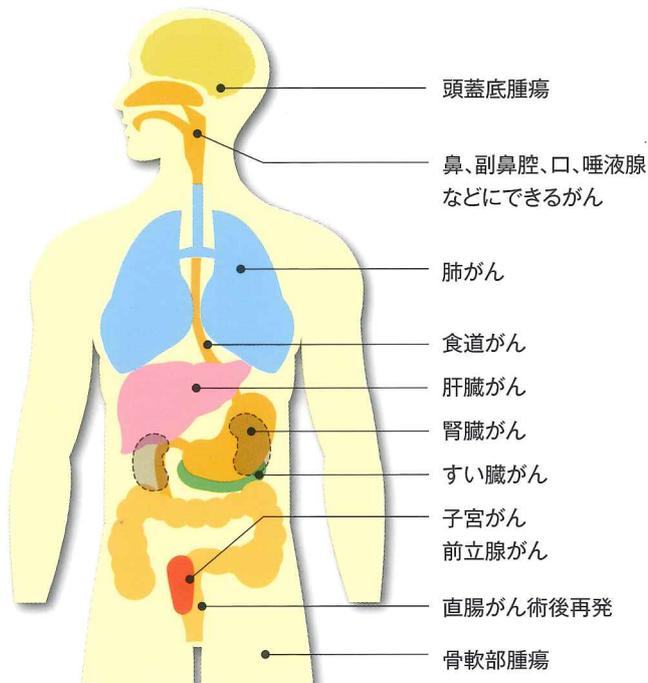


重粒子線照射イメージ



重粒子線で治療できるがん

重粒子線がん治療は、限局性の固形のがん治療に適しています。また、がんの近くにある正常な重要臓器への照射を避けることのできる治療法です。※詳しくは医療機関にご確認ください。



治療に要する日数・期間の目安

	回数(目安)	期間(目安)
頭蓋底腫瘍	16回	4週間
頭頸部がん	16回	4週間
肺がん(I期非小細胞肺がん)	1~4回	1週間以内
肝臓がん	2~4回	1週間以内
腎臓がん	12回	3週間
すい臓がん	12回	3週間
前立腺がん	12回	3週間
直腸がん術後再発	16回	4週間
骨軟部腫瘍	16回	4週間
子宮がん	20回	5週間

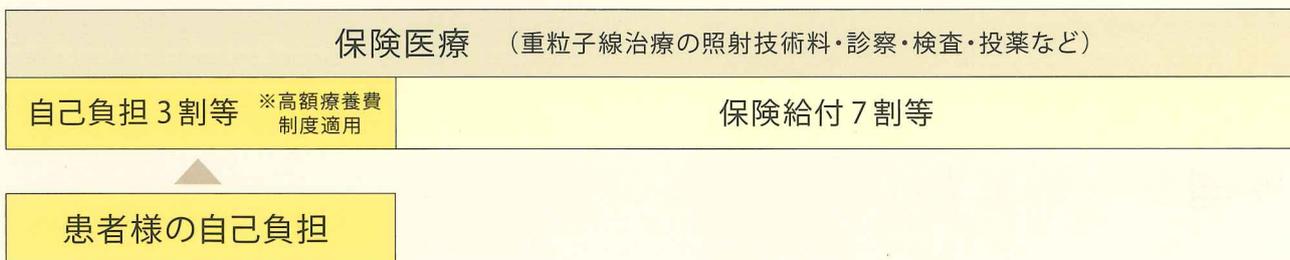
※臨床試験のものもあります。また、施設によって治療できる部位が異なることもあります。詳しくは治療施設にお問い合わせください。

治療費について

保険適用による重粒子線治療

切除不能な骨軟部腫瘍(骨や筋肉、血管、皮下組織などの軟部に発生する腫瘍)、限局性前立腺がん、頭頸部のがんの一部は、公的医療保険が適用されます。

保険診療による重粒子線治療の場合は、重粒子線治療の医療費についても通常の医療と同様に、自己負担割合に応じて1~3割の自己負担が必要となります。(ただし、治療や検査の内容等によって総費用は異なります。)



保険診療においては、高額療養費制度(医療機関や薬局の窓口で支払った額が、月初から月末迄で一定額を超えた場合に、その超えた金額を支給する制度)が適用になります。70歳未満の方が、事前に「限度額適用認定証」の交付を受け、保険証と併せて「限度額適用認定証」を医療機関の窓口で提示することで、医療機関毎にひと月の支払額が自己負担限度額^(※1)までとなります。詳しくは厚生労働省のWebページをご覧ください。

※1: 同月に入院や外来など複数受診がある場合は、高額療養費の申請が必要となることがあります。保険外負担分(差額ベッド代など)や、入院時の食事負担額等は、対象外です。

先進医療による重粒子線治療

先進医療の場合は、一般保険診療と共通する部分（診察・検査・投薬等）の費用は、公的医療保険が適用されますが、重粒子線治療の照射技術料は全額が患者様の自己負担となります。

重粒子線治療では疾患の種類により照射回数が異なりますが、先進医療の費用は、照射回数に関わらず一連の治療で314万円となります。（例えば、照射回数が1回でも20回でも、314万円です。）

重粒子線治療の照射技術料については、公的医療保険（及び高額療養費制度）による助成は利用できません。

先進医療（重粒子線治療の照射技術料）	保険医療（診察・検査・投薬など）
314万円	自己負担3割等 ※高額療養費制度適用
	保険給付7割等

患者様の自己負担

※高額な費用負担に備えるため、民間保険に先進医療特約や一時給付金等があります。詳しくは各保険会社へお問い合わせ下さい。

自由診療による重粒子線治療

保険診療や先進医療の適応以外の重粒子線治療は自由診療となります。

自由診療の場合は、公的医療保険の併用はできず、全額患者様の負担になります。

自由診療による重粒子線治療の照射技術料に関しては314万円＋消費税になります。

なお、外国人患者様の重粒子線治療の費用は500万円＋消費税になります。

（※この金額には旅費、宿泊費、医療ツーリズム会社のサービス料等は含まれておりません。）

重粒子線治療に関する支援【実施機関：大阪府】

重粒子線治療にあたっては、一部のがんを除き公的医療保険が適用されないため、患者様が高額な費用を負担しなければなりません。このため、大阪府では、重粒子線治療を受けようとする大阪府民が、経済的な事情で治療を断念することがないように、費用の負担を軽減する制度を設けています。

◆重粒子線治療費利子補給制度

公的医療保険の適用を受けない重粒子線治療を受けるため、照射技術料を府が連携する金融機関の専門ローンで借り入れた場合、その利子分を大阪府が助成します。

◆小児がん患者重粒子線治療助成制度

小児がん患者（15歳未満）が先進医療による重粒子線がん治療を受ける場合、所得に応じて照射技術料を大阪府が助成します。詳しくは、下記問い合わせ先までご連絡ください。

制度に関する
お問い合わせ先

大阪府 健康医療部 健康推進室 健康づくり課
〒540-8570 大阪市中央区大手前2丁目 TEL 06-6941-0351(代表)
<http://www.pref.osaka.lg.jp/kenkozukuri/shokai.html>

外国からの患者様へ

海外からの重粒子線治療に関する相談や受診お申込みについては、下記にお問合せください。

メディカルツーリズム・ジャパン株式会社

<http://medical-hokkaido.com/>
TEL: 050-5532-4488

JTB-JMHC(ジャパン・メディカル&ヘルスツーリズムセンター)

<https://j-medical-healthcare.com/jmhc/>
TEL: 03-5290-1630

日本エマージェンシーアシスタンス株式会社

<http://maj.emergency.co.jp/ja/>
TEL: 03-3811-8600

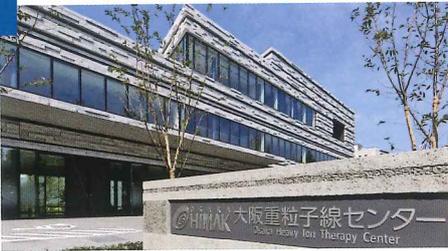
株式会社アイセルネットワークス

<https://i-cell.co.jp/index.html>
TEL: 03-6268-0261

大阪重粒子線センターの特色

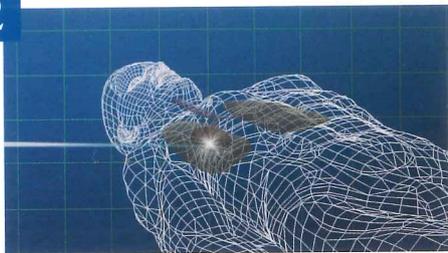
特徴

1



大阪初の重粒子線がん治療施設で、全ての治療室で最新のスキャニング照射による治療を行います。

2



動体追跡照射システムを採用し、呼吸の動きによる照射領域のずれを防いだ正確な治療ができます。

3



隣接する大阪国際がんセンターと連携し、総合的ながん治療が可能です。

4



大阪の中心に位置しており、通院治療に適しています。そのため、働きながら治療も可能です。

重粒子線治療の流れ

患者

医療機関より紹介

大阪重粒子線センター
(医療連携室)

診療情報提供書等(※)



追って、診察日を連絡いたします

診察



治療準備



重粒子線治療

1日~5週間 ※回数は疾患により異なります



経過観察



診療情報提供書等(※)とは「診療情報提供書(紹介状)」、「経時的変化がわかる」画像CD-R及び読影所見、「腫瘍マーカーの推移がわかり、なおかつ直近の尿素窒素とクレアチニンの値がわかる」採血データ、「病理所見とプレパラート」、「呼吸機能検査結果」等です。

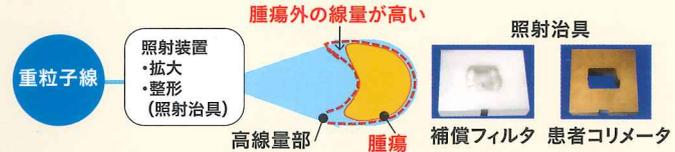
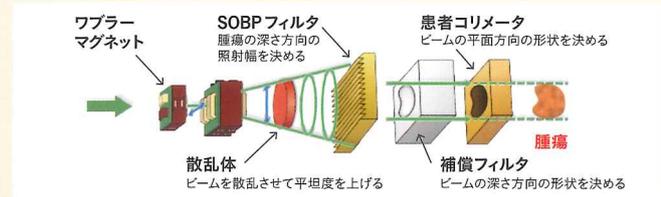
最先端の重粒子線システム

スキャニング照射システム

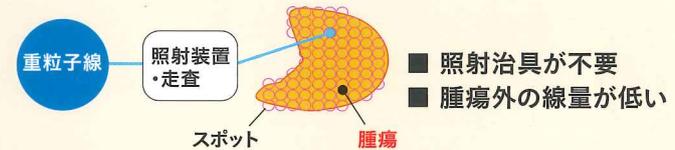
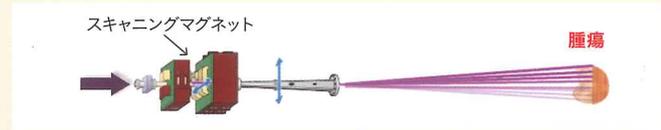
スキャニング照射システムは細いビームをそのまま用いる照射方式で、従来に比べて周囲の正常な細胞への影響を抑えることが可能です。また、患者様毎に製作が必要な補償フィルタや患者コリメータなどの照射治具が不要となり、治療準備時間が短縮されます。

従来の照射方式は、細いビームを散乱体・リッジフィルタで立体的に広げ、患者様毎に必要な専用の照射治具でビームの形を整えて照射するもので、腫瘍の形状によってはその手前に不要な高線量部が出来る場合があります。スキャニング照射方式では、患者様毎の照射治具を使わず、細いビームをそのまま用いて照射するため、腫瘍の形状に合わせて正確に照射することが可能な技術です。

従来の照射方式(ブロードビーム法)



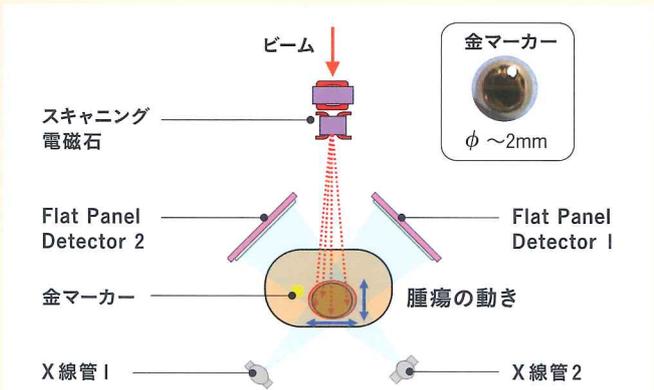
スキャニング照射方式



動体追跡照射システム

動体追跡照射システムは肺や肝臓のような呼吸等で動く腫瘍の位置をリアルタイムで捉えて、正確に照射可能です。2方向から照射するX線装置と位置決め計算する処理装置、ビームゲート信号発生部から構成されています。腫瘍近傍に2mmの金マーカーを留置し、CT装置であらかじめ腫瘍との関係を把握しておきます。2方向からのX線で、透視画像上の金マーカーをパターン認識技術にて自動抽出し、腫瘍の位置を周期的に繰り返し計算します。金マーカーが計画位置から2mm程度の範囲にある場合だけ重粒子線を照射することで、呼吸等により体内で位置が動く腫瘍でも高精度で治療することが可能になります。呼吸等で動いている腫瘍の範囲をすべて照射する従来の方法に比べて、動体追跡照射を導入することで照射領域を減らし、正常組織への照射を大幅に減らすことが可能になります。

動体追跡照射システムの構成



施設機能紹介

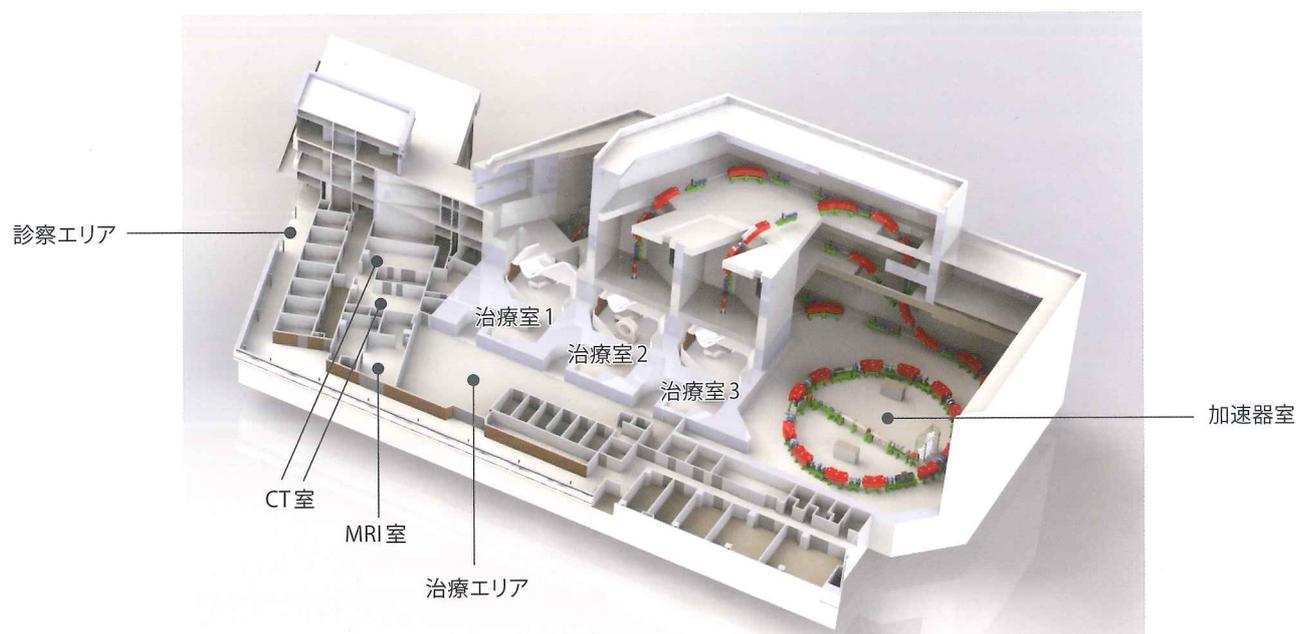


加速器室(シンクロトロン)

加速器システム

荷電粒子(電気を帯びた粒子)に電圧を加え、方向と速さのそろった高いエネルギーの粒子(ビーム)を作り出す装置です。重粒子線治療のためには、荷電粒子を腫瘍に届くエネルギーまで加速させる必要があります。本施設の加速器システムの主加速器には、シンクロトロン(直径17m、世界最小サイズ)を採用しています。

シンクロトロンは重粒子線を1周約57mの円形軌道上で数百万回/秒、周回させて治療に必要なエネルギーまで高周波で加速する装置です。加速された重粒子は最大で光速の約70%に到達します。

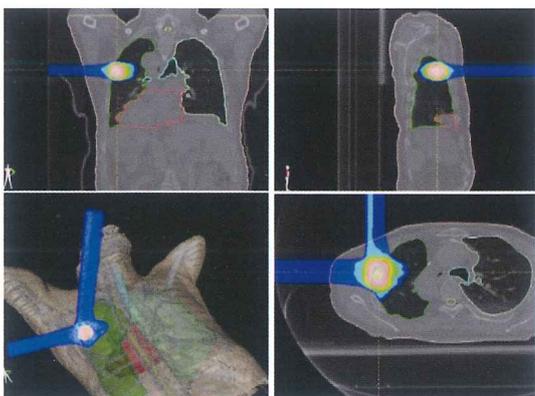




治療室

治療システム

治療室は3室あり、毎回X線あるいはCTで位置照合の後、照射を行います。治療室1は水平/45度方向、治療室2・3は水平/垂直方向で、治療室1・2では動体追跡照射が可能です。



コントロールルーム



治療ホール



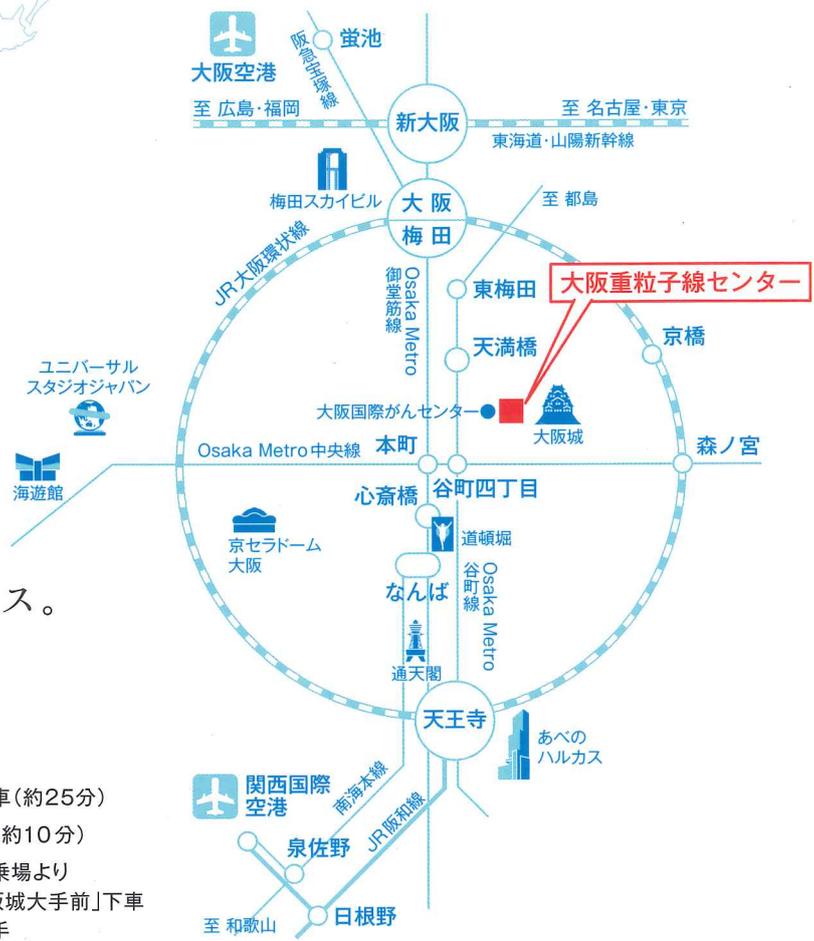
大阪の中心地に立地した
大都市ならではの交通アクセス。

最寄駅は、

Osaka Metro 谷町線・中央線

「谷町四丁目」駅、徒歩 8分

- 新大阪からOsaka Metro御堂筋線「新大阪」駅乗車(約25分)
- 大阪駅からOsaka Metro谷町線「東梅田」駅乗車(約10分)
- 大阪駅(南口・御堂筋口)大阪駅前バス乗り場3番乗場より
大阪シティバス 62:住吉車庫前行(約20分)「大阪城大手前」下車
進行方向の交差点を渡り、バス進行方向に直進右手
- その他、伊丹空港から約50分、
関西国際空港から約70分(公共交通機関を利用した場合)



近隣地図



コンパクトサイズの重粒子線治療装置、高い治療精度の高速スキャンニング照射など、日本が世界に誇る技術により、最先端のがん治療を実現していきます。また、安心・安全の基本方針に基づき、ユニバーサルデザインを採用した施設で、患者様に優しいがん治療の提供を目指してまいります。

大阪重粒子線センターや治療についての詳細はホームページをご覧ください



<https://www.osaka-himak.or.jp/>



【治療に関するお問い合わせ先】

公益財団法人 大阪国際がん治療財団 〒540-0008 大阪府大阪市中央区大手前3丁目1番10号 TEL.06-6947-3210

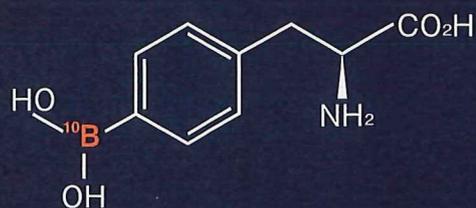
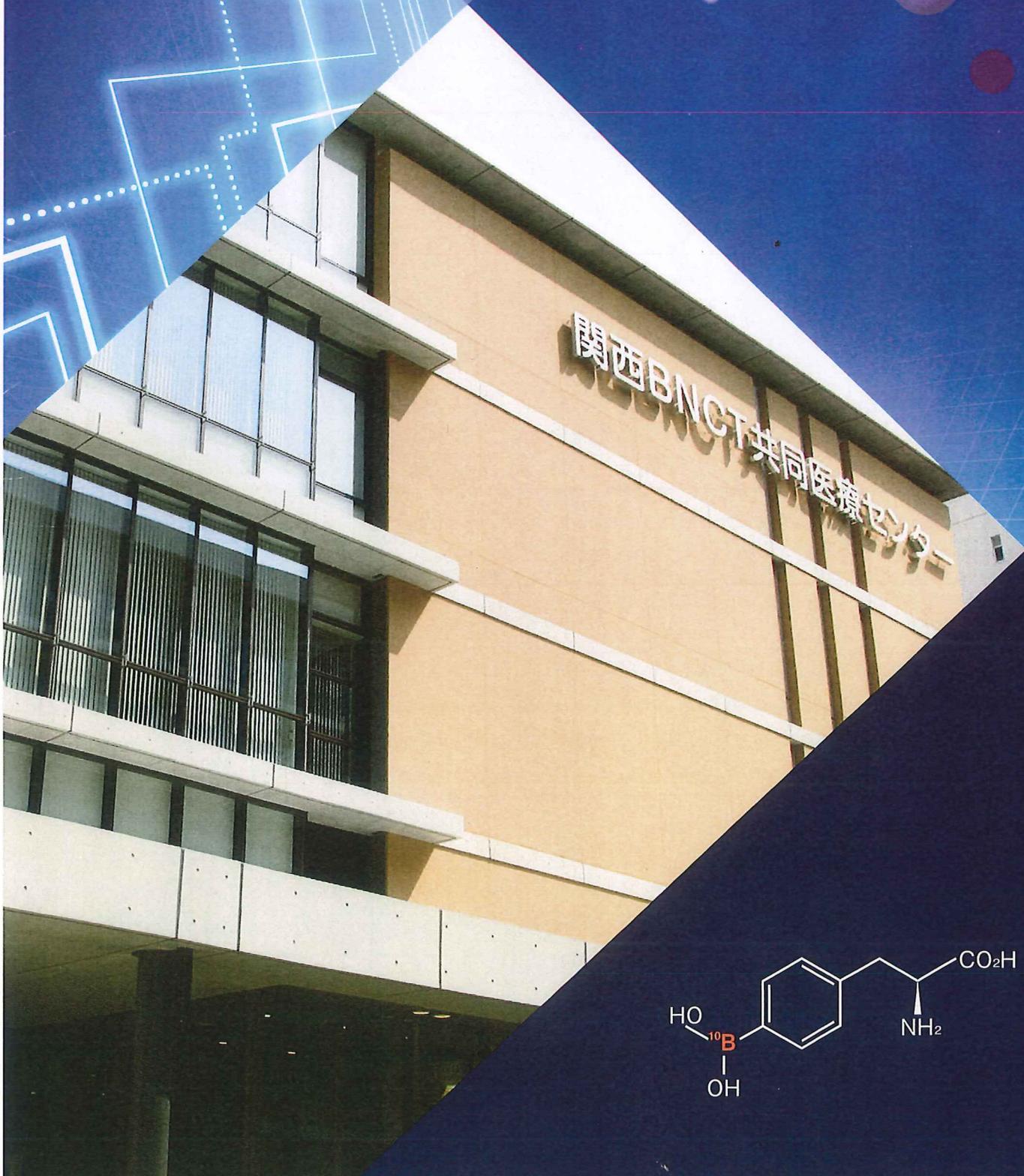
【建物に関するお問い合わせ先】

大阪重粒子線施設管理株式会社 〒540-0008 大阪府大阪市中央区大手前3丁目1番10号 TEL.06-4794-3215

Osaka Medical College

Kansai BNCT Medical Center

KANSAI BNCT MEDICAL CENTER





Minoru Ueki,
Chairman of the Board of Directors,
Educational Foundation of Osaka Medical and Pharmaceutical University

Having received valuable advice and assistance from many people since the Educational Foundation of Osaka Medical and Pharmaceutical University first embarked on formulating the core concept, Kansai BNCT Medical Center was completed a little over three years later in March 2018. The facility is scheduled to start providing medical care in 2020 as a center for boron neutron capture therapy (BNCT), a new generation of cancer therapy, having undertaken a wide variety of clinical trials aimed at expanding PET-CT operations and the range of cancers amenable to BNCT.

Given the need to improve the QOL of cancer patients, boron neutron capture therapy (BNCT) is a technique that can provide treatment over a short period based on the principle of a single treatment being 30- to 60-minutes, without the need for surgery and with excellent characteristics in terms of the low incidence of side effects.

There are growing expectations for BNCT as a new option for cancer therapy, with potential benefits for cancers that are inoperable or that do not respond to other treatments, being suitable in particular for recurrent cancers after receiving conventional radiotherapy.

The foundation recognized the characteristics of BNCT at an early stage and played a leading role in working toward the practical realization of the technique, including working with the Kyoto University Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science to undertake clinical research using a nuclear reactor and being the organization responsible for the clinical trials that are currently in progress. As a result, the college has acquired a level of experience that is high by world standards in terms of the number of brain tumor cases.

With BNCT currently in the incubation stage, making the transition from clinical research through clinical trials to clinical use, the foundation will use the experience it has acquired to date as a basis for directing its efforts at conducting further research at the center in parallel with clinical use, taking advantage of the fact that it is affiliated with the college, with the aims of improving treatment techniques and expanding the range of cancers it can be used to treat.

As the accumulation of research on BNCT in the Kansai region makes it a world leader, with the Kansai BNCT Medical Center acting as a hub for medical research into BNCT in collaboration with relevant institutions and other organizations and taking steps that will enable it to contribute to resolving the medical communities present-day challenge of cancer eradication, I urge you all to continue providing us with your advice and assistance.

Koji Ono,
Director of the Kansai BNCT Medical Center at Osaka Medical College



BNCT utilizes the nuclear reaction between boron atoms (^{10}B) and neutrons to selectively destroy and kill tumor cells from the inside.

Although the idea behind the technique was devised in the USA in 1936 (year 11 of the Showa Era), four years after the discovery of the neutron, it was the work undertaken in Japan, specifically that of the researchers in the Kansai region, that led to its practical application to therapy. Along with medicine and biology, the technologies underlying BNCT cover a wide range of academic fields encompassing engineering (the neutron source) and chemistry (boron-containing drugs). The greatest contribution has been made in the Kansai region in establishing the technique through collaborative work and early establishment of a community of researchers, clinicians and others.

Although the current clinical trials that are in progress utilize boronophenylalanine (BPA) to treat recurrent brain tumor cases and head and neck cancers, the potential for the therapy to be used on a wide variety of different cancers has also been demonstrated, including the clinical research conducted to date at the Kyoto University Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science.

With the Kansai BNCT Medical Center at Osaka Medical College currently taking BNCT from the research to the clinical stage, the center was established to serve as a hub for clinical research aimed at improving related techniques and the range of cancers that BNCT can be used to treat based on collaboration with relevant medical institutions and research facilities such as the Kyoto University Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, while also proceeding with clinical deployment using the platform provided by the accumulation of research in the Kansai region.

Compared to other therapies, I believe that BNCT has the potential to demonstrate benefits broadly for a wide variety of cancers, and I am expending my utmost efforts so that the center can become a major hub for BNCT medicine both in name and in reality, can meet the expectations of cancer patients, and can contribute to dramatic advances in cancer therapy. I urge you to extend your understanding and support for this endeavor.

Basic philosophy of Kansai BNCT Medical Center

As a specialized facility of BNCT (Boron Neutron Capture Therapy), we provide safe and high-quality medical care in response to the expectations of cancer patients, as well as engaging in the popularization and development of BNCT, including expanding the types of cancer it can treat.

1. As a trusted medical institute
Respecting the will of each one of our patients, we will continue striving to protect the rights of those consulting with us as well as to provide safe and caring remedies.
2. As a BNCT treatment base facility
In collaboration with BNCT-related research and medical institutions, we will make efforts to accumulate cancer treatments and form a BNCT medical base.
3. As a college-affiliated facility
We will promote sound clinical treatment and continuous research for the expansion of BNCT for wide variety of cancers as well as contributing to develop medical professionals supporting BNCT.

Our Projects

1. **FDG-PET Examination Project**
Introducing state-of-the-art PET-CT, the center conducts cancer screening for complete medical checkups as well as PET examination for cancer diagnosis.
2. **BNCT Treatment Projects**
After obtaining medical approval for BNCT, consultation will be started.
3. **BNCT Research and Human Resource Development Project**
We will promote researches to expand BNCT for wide variety of cancers and to improve therapeutic technology, as well as projects to develop human resources supporting BNCT.

Kansai BNCT Medical Center - Facility Profile

○ Building area : 1,331.01㎡ ○ Total area : 4,028.85㎡ ○ Structure : reinforced concrete
○ Number of floors : 1 floor underground and 3 floors above ground ○ Building height : 19.110m

The facility profile is presented as a vertical stack of three floor plans, each with a corresponding photograph of the interior space. The floor plans are color-coded to match the zones described in the legend.

- 3F (Shared Zone):** Includes a Conference room, Training space, and Facility Management. The photo shows a modern conference room with a large screen and circular lighting fixture.
- 2F (BNCT Equipment Zone):** Includes an Information lounge, X-ray simulation room, PET-CT laboratory, and PET Examination. The photo shows a bright information lounge with large windows and a circular light fixture.
- 1F (BNCT Equipment Zone):** Includes a Reception entrance hall, BNCT treatment room, Cyclotron room 1 (BNCT), Cyclotron room 2 (PET), PET Agent, and Hot laboratory. The photo shows a reception area with a counter and a circular light fixture.

Shared Zone

- 3F Conference room
- 3F Training space

BNCT Equipment Zone

- 2F Information lounge
- 2F X-ray simulation room
- 2F PET-CT laboratory
- 2F PET Examination
- 1F Reception entrance hall
- 1F BNCT treatment room
- 1F Cyclotron room 1 (BNCT)
- 1F Cyclotron room 2 (PET)
- 1F PET Agent
- 1F Hot laboratory

Shared Zone

BNCT Equipment Zone

- 3F Training space
- 2F X-ray simulation room
- 1F Cyclotron room 1

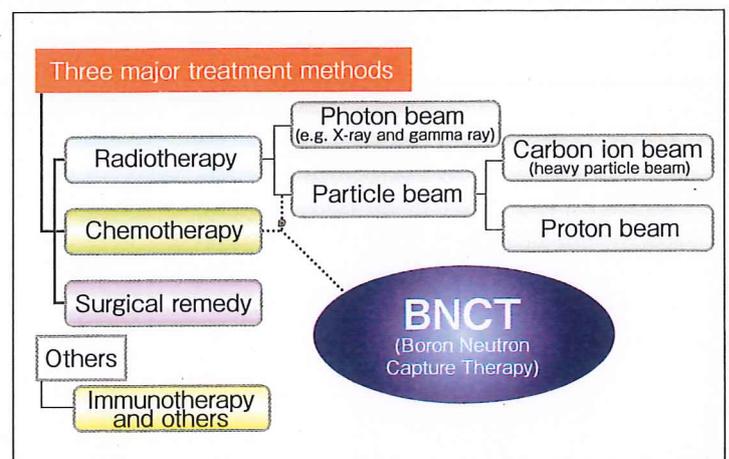
What is BNCT (Boron Neutron Capture Therapy)?

BNCT (Boron Neutron Capture Therapy), utilizing the nuclear reaction between neutrons and boron, is a treatment method that selectively destroys cancer cells without causing damage to normal cells. In addition to primary tumors, the effect can be also expected for cancers that have spread over an individual organ, as well as metastatic and refractory cancers.

Even after conducting regular radiotherapy, BNCT can be expected to be effective for recurrent cancer. It can also be combined with other therapies to further enhance the treatment effect. With this treatment method, which is minimally invasive without incision or resection, an improved QOL (quality of life) for patients can be greatly expected.

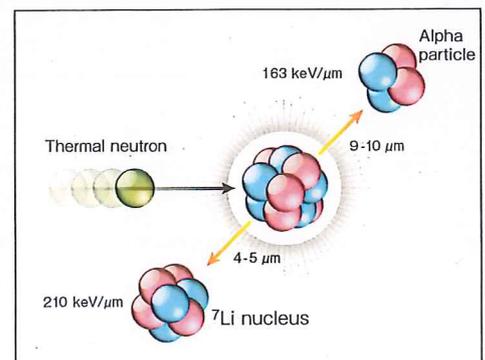
New cancer radiotherapy option BNCT positioning in cancer therapy types

What kind of treatment is BNCT? Cancer treatments are divided roughly into three types: radiotherapy, chemotherapy, and surgery. BNCT takes advantage of the reaction between neutrons and boron atomic nuclei to selectively destroy cancer cells. In terms of effectiveness and safety, it is an epoch-making cancer therapy that is completely different from conventional radiotherapy, and a promising, totally new treatment approach that will support the cancer radiotherapy of the future.

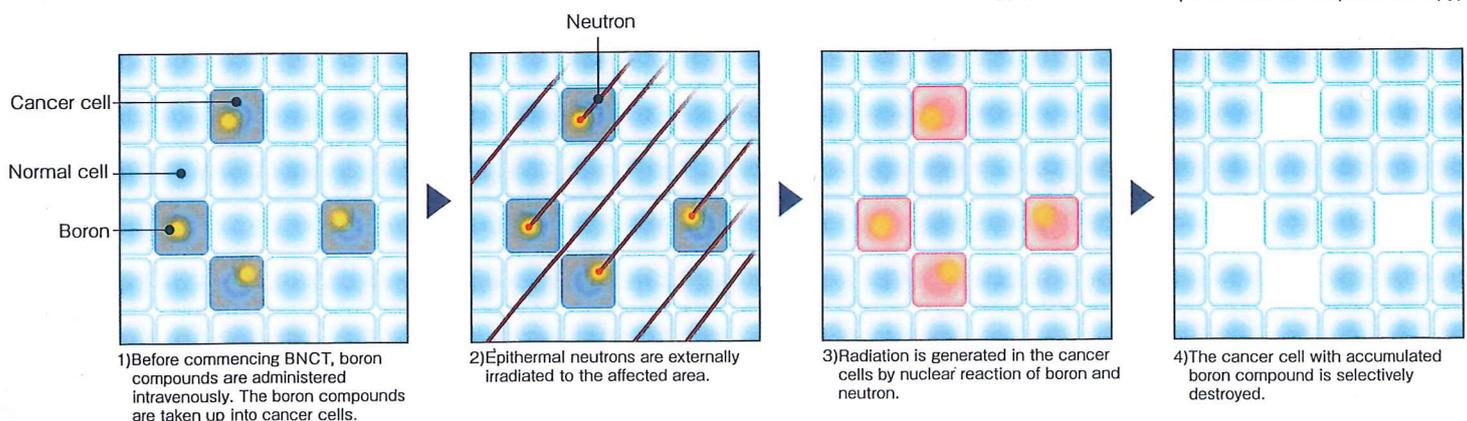


Principles of BNCT (Boron Neutron Capture Therapy)

- Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) is a treatment that destroys cancer cells by nuclear reaction of boron and neutrons.
- Pre-administered boron compounds are selectively accumulated in cancer cells. By irradiation with neutrons, alpha particle and lithium nucleus are generated from boron nucleus, which destroy cancer cells.
- Since the range of released particles is almost equivalent to the cell diameter, cancer cells that take up boron compounds can be selectively destroyed from the inside. Thus, cancer cells can be killed without damaging surrounding normal tissues.
- Therefore, effects can be expected not only for primary tumors, but also for cancers that have spread throughout organs, metastatic cancers, and refractory cancers. Patients can be treated even after receiving regular radiotherapy, so the therapy is greatly anticipated to treat recurrent cancer.



Source: Pioneered by Japanese Brainpower: New Horizons in Cancer Treatment (Boron Neutron Capture Therapy)



Advantages of BNCT (Boron Neutron Capture Therapy)

1. Substantially less damage to normal cells compared to regular radiotherapies
2. Available for application to recurrent cancer after radiotherapy
3. Expected to be effective on invasive, multiple, and radiation-resistant cancers
4. Short treatment period (completed with one or two irradiations, about 30 to 60 minutes per irradiation)
5. Predictable treatment effect using PET examination

Target diseases for BNCT

Diseases tested from clinical trials

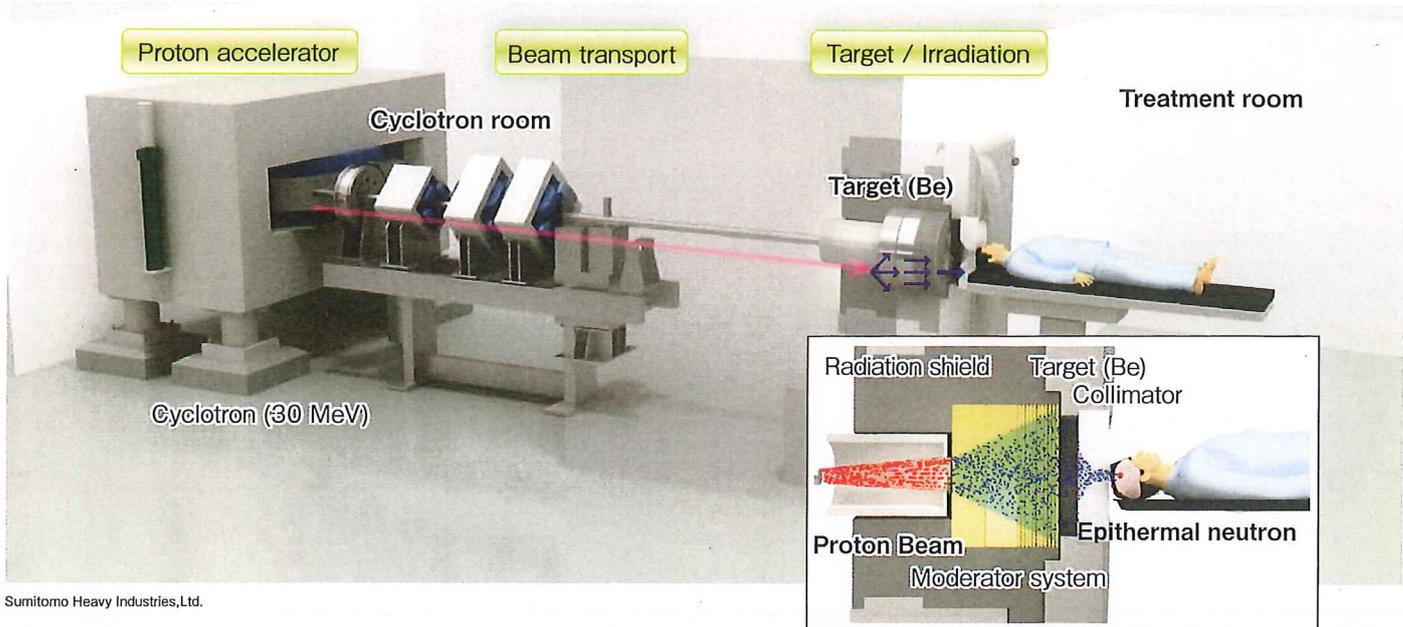
- ▶ Brain tumors
- ▶ Head and neck cancers
- ▶ Malignant melanoma
- ▶ Lung cancer / pleural mesothelioma
- ▶ Liver cancer
- ▶ Breast cancer and others

Target diseases for ongoing clinical trials

- ▶ Recurrent malignant glioma
- ▶ Head and neck cancer

Image of the accelerator-based neutron irradiation system

Accelerator BNCT system (C-BENS)



BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) Procedures

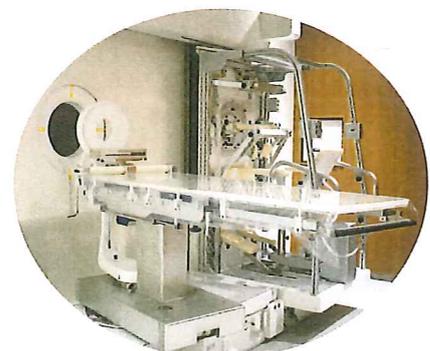
- PET-CT examination
PET examination using FBPA (labeling boron compound BPA with ^{18}F) is conducted before the day of treatment to check the BPA accumulation level and to determine if the treatment is feasible.
- Simulation / Treatment plan
If sufficient accumulation level is confirmed, a treatment plan and schedule will be created.
- BNCT treatment (irradiation)
On the day of treatment, BPA is administered to the patient and neutrons are irradiated to the affected area.



PET-CT examination



Simulation / Treatment plan



BNCT treatment room

PET Examination

PET, which stands for Positron Emission Tomography, is a type of nuclear medicine imaging that can examine the whole body in a single procedure.

In a PET examination, radioactive compounds are internally administered to image its distribution by camera.

PET has been used to diagnose tumor size and location as well as metastasis and recurrence of cancer. Being useful for the early detection of cancer, PET is also used for screening.

PET-CT

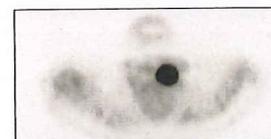
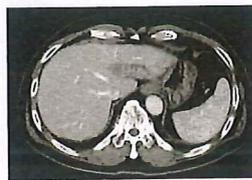
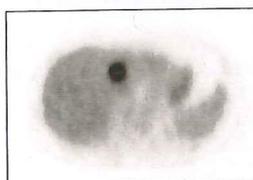
PET-CT is an integrated equipment consisting of PET, which images the activity of cancer cells, and CT, which projects the shape of organs. It displays the organ and location of cancer and other information that have been projected by PET, enabling accurate diagnosis of cancer.



Image of abnormal findings by PET-CT examination (example)

Staging of 67-year-old female with papillary cancer in the left lobe of the thyroid gland ▶

▼ Staging of 73-year-old male with intrahepatic bile duct cancer by PET-CT



FDG-PET

Kansai BNCT Medical Center conducts examination using a radioactive compound called FDG.

Health insurance coverage of FDG-PET examination (※as of April 2018)

Malignant tumors ※ Excluding early gastric cancer	Those who cannot receive a definite diagnosis of staging, metastasis, or recurrence by other examinations or diagnostic imaging
Epilepsy	Those in need of surgery with intractable partial epilepsy
Heart disease	Viability diagnosis of myocardial tissue in patients with heart failure due to ischemic heart disease (only in cases where diagnosis cannot be made by other examinations); or, for patients in need of diagnosis of inflamed area in cardiac sarcoidosis.
Large-vessel vasculitis (Takayasu arteritis or giant cell arteritis)	Those who already have a diagnosis of large-vessel vasculitis, but the localization or activity of the lesion cannot be determined by other examinations

FBPA-PET (PET agent for BNCT)

Kansai BNCT Medical Center has been engaging in research to diagnose BNCT indication by imaging the accumulation state of boron compound BPA in cancer for BNCT.

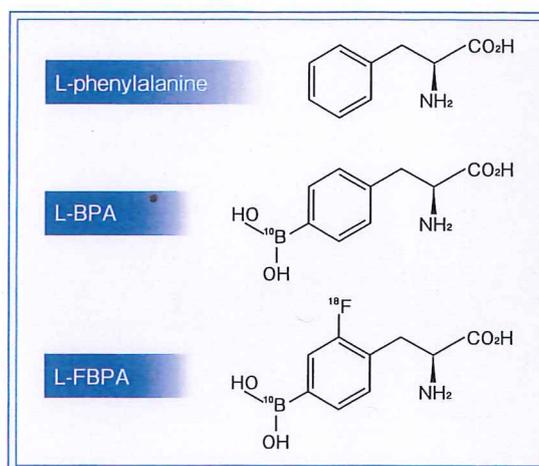
► Nuclear medicine imaging by FBPA-PET

FBPA is a radioactive compound for PET, labeling boron compound BPA for BNCT with radioactive substance ^{18}F . PET examination using FBPA can obtain the following images:

- How much BPA will be taken up in a tumor?
- Location and range of tumor

In cancer treatment, distinguishing cancer and general inflammation is also important. The agent FBPA is easily accumulated in inflammation sites, thus it is excellent for distinguishing cancer and inflammation. In order to expand BNCT for wide variety of cancer types in the future, FBPA-PET examination will play an important role.

- Phenylalanine, a type of amino acid, is often taken into actively proliferating cancer cells.
- Boronophenylalanine (BPA), or phenylalanine labeled with boron (^{10}B), is used as a boron compound for BNCT. Since phenylalanine is labeled with boron, it carries a considerable amount of boron to the cancer tissue.
- PET examination generates an image of BPA uptake in cancer tissue using FBPA, or BPA labeled with radioactive nuclide ^{18}F .

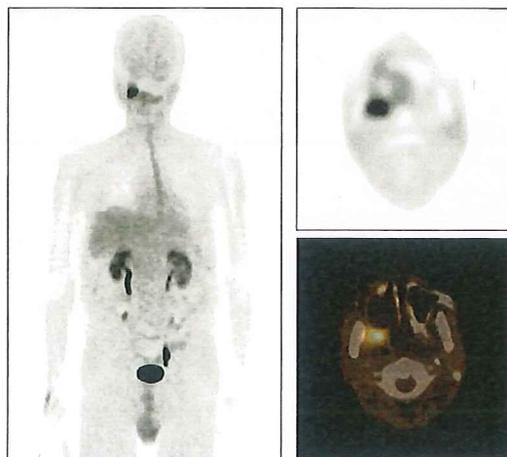


Images of abnormal findings by FBPA-PET examination (example)

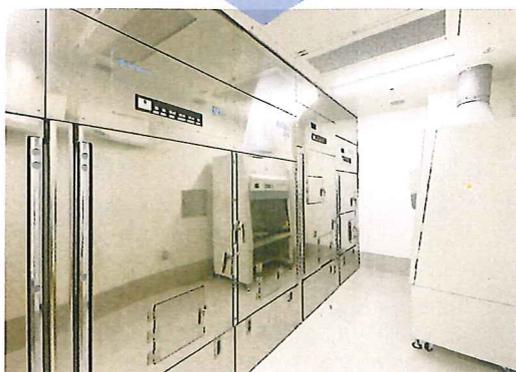
Accumulation example of head and neck cancer ►

73-year-old male diagnosed with right maxillary sinus cancer four years ago underwent surgical resection and radiochemotherapy. After the treatment, a tumorous mass re-emerged in the treated area, and FBPA-PET examination was conducted. A high accumulation of FBPA was found in the recurrent tumor mass. The level of accumulation was approximately five times higher than those in the surrounding normal sites. The patient was diagnosed with recurring cancer and was indicated for BNCT.

(Case of Dr. Itsuro Kato of Osaka University.)



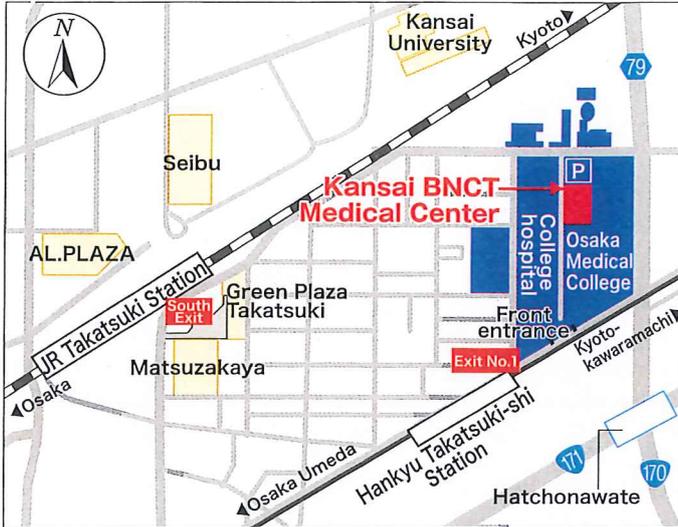
Hot laboratory



PET waiting room



The center, close to both JR Takatsuki and Hankyu Takatsuki-shi stations, is in a "prime location" within 20 minutes of both Osaka and Kyoto cities.

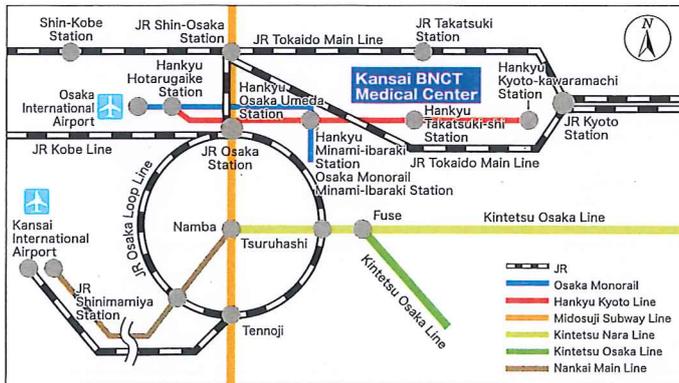


Access by Train

- Near Exit No. 1 of Hankyu Kyoto Line "Takatsuki-shi" Station
- 8-minute walk from South Exit of JR Tokaido Main Line (JR Kyoto Line) "Takatsuki" Station
- Free shuttle bus available from JR "Takatsuki" Station

Access by Car

- Right after entering Prefectural Route 79 at Route 171 "Hatchonawate" intersection
- ※ There is multilevel car parking on the premises (Max 200 cars; metered)



Access by Tokaido / Sanyo Shinkansen bullet train

- Alight at "Shin-Osaka" Station and change to JR Tokaido Main Line (JR Kyoto Line) in the direction of Kyoto. Alight at "Takatsuki" Station.
Travel time: approximately 10 minutes (by special rapid or shin-kaisoku)
- Alight at "Kyoto" Station and change to JR Tokaido Main Line (JR Kyoto Line) in the direction of Kyoto. Alight at "Takatsuki" Station.
Travel time: approximately 12 minutes (by special rapid or shin-kaisoku)

Access from Osaka International (Itami) Airport

- Take the Osaka Monorail at "Osaka-Airport" Station and alight at "Minami-Ibaraki" Station. Change to Hankyu Kyoto Line "Minami-Ibaraki" Station towards Kyoto-kawaramachi and get off at "Takatsuki-shi" Station.
Travel time : approximately 55 minutes

Access from Kansai International Airport

- Change to JR Tokaido Main Line (JR Kyoto Line) in the direction of Kyoto and get off at "Takatsuki" Station.
Travel time : approximately 90 minutes
- Access by airport limousine bus (to JR Ibaraki Higashiguchi (east exit) via Hankyu Ibaraki Higashiguchi). Alight at "Hankyu Ibaraki Higashiguchi." Change to Hankyu Kyoto Line "Ibaraki-shi" Station towards Kyoto-kawaramachi and alight at "Takatsuki-shi" Station.
Travel time : approximately 100 minutes

Osaka Medical College Kansai BNCT Medical Center

2-7 Daigakumachi, Takatsuki, Osaka 569-8686
(inside the premises of Osaka Medical College)
Telephone: 072-683-1221 (switchboard)
<https://www.osaka-med.ac.jp/kbmc/>