

最先端がん医療施設整備検討委員会

報 告 書

平成 24 年 8 月

目 次

1	はじめに.....	1
2	府内のがん及びがん治療の現状.....	2
	(1) がんの現状.....	2
	(2) 大阪府のがん対策～「大阪府がん対策推進計画」の主な取り組み～.....	3
	(3) 治療方法の現状.....	3
	(4) がん治療の先進性の追求～体にやさしい、QOLの向上～.....	5
3	粒子線治療.....	6
	(1) 粒子線治療の種類.....	6
	(2) 粒子線の特徴.....	6
	(3) 治療効果等.....	7
	(4) 治療の流れ.....	7
	(5) 全国の粒子線治療施設.....	8
	(6) 粒子線治療に適する患者数の見込み.....	9
	(7) 粒子線治療装置の安全性.....	10
	(8) 粒子線治療施設の安全性.....	12
4	BNCT（ホウ素中性子捕捉療法）.....	15
	(1) 治療のしくみ・効果.....	15
	(2) 開発の状況.....	15
	(3) 当面の対応.....	15
5	候補地の特性.....	16
	(1) 周辺にある主な施設.....	16
	(2) 外来通院の利便性.....	17
6	施設構想（陽子線と重粒子線の比較）.....	18
	(1) 前提条件、施設運営体制.....	18
	(2) スケジュール.....	20
	(3) 収支シミュレーションのパターン.....	21
7	粒子線治療施設の整備パターン別損益分岐.....	22
	(1) 運営期間 20 年.....	22
	(2) 運営期間 30 年.....	22
	(3) 比較検討.....	23
8	まとめ.....	25
	(1) 粒子線治療施設整備の意義.....	25
	(2) 整備すべき粒子線治療施設.....	25
	(3) 運営形態.....	26
	(4) 今後の課題.....	26

1 はじめに

大阪府において、がんは、昭和 46 年に、脳血管疾患を抜いて死因の第一位となって以来、現在まで死因の第一位を占め続け、年間 2 万人以上の府民ががんにより亡くなっている。がんは府民の生命、健康、生活にとって重大な脅威となっている。

平成 18 年における府内のがん罹患数は 36,680 人^{※1}であり、その主な治療方法は、手術、放射線療法、化学療法などとなっている。

これまで、我が国における放射線治療は、X 線やガンマ線などの光子線による治療であったが、平成 13 年に陽子線治療、平成 15 年に重粒子線（炭素線）^{※2}治療が、初めて高度先進医療として承認されて以来、重粒子線や陽子線などの粒子線を使った治療の普及が進んでいる。粒子線によるがん治療施設は、現在、全国で 9 施設が稼働しており、近畿圏内では、唯一、兵庫県立粒子線医療センターが陽子線と重粒子線による治療を実施している。

また、京都大学原子炉実験所（熊取町）においては、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）の臨床研究が行われている。

こうした動向を踏まえ、本委員会は、平成 28 年度中の開院をめざして移転建替え整備中である成人病センターの隣接地において、最先端がん医療施設を整備する場合の施設規模、安全確保、運営形態などについて、検討することを目的として設置された。

本委員会では、放射線治療の専門医や粒子線治療施設の専門家から、最新の状況を聞きながら、候補地の特性を踏まえた検討となるよう心掛けるとともに、本報告書のとりまとめに当たっては、陽子線・重粒子線治療施設について、さまざまな観点から検討を行った。

本報告書が、大阪府及び大阪府立病院機構における今後の最先端がん医療施設の整備・運営の方向性の検討に役立つことを期待している。

※1 上皮内がんを除く登録人数。出典：大阪府におけるがん登録 第 74 報[平成 23 年 8 月発行]

※2 以下、本報告書において「重粒子線」は、断りが無い限り「炭素線」を示す。また、「粒子線治療」は、「重粒子線（炭素線）治療」及び「陽子線治療」を示す。

2 府内のがん及びがん治療の現状

(1) がんの現状

大阪府では、がんは、全国より 10 年早く昭和 46 年に死因の第一位となり、平成 22 年のがんによる死亡者数は、24,563 人で、全死亡者数(76,552 人)の約 32%を占めている。また、がんは、府域における 40 歳から 89 歳までの年齢階級で死因の第一位となっている。死因に占めるがんの割合は、45 歳から 84 歳までの年齢階級では 30%を超えており、特に、55 歳から 74 歳までの年齢階級では 45%を超えている。

大阪府のがん年齢調整死亡率(男女計)は、全国 47 都道府県中、昭和 60 年以来一貫して、男女ともワースト 1 であったが、平成 16 年には、青森県に次いでワースト 2。平成 22 年は、青森県、鳥取県、秋田県、和歌山県、北海道に次いで 6 番目に高い状況である。

【大阪府のがん 75 歳未満年齢調整死亡率(人口 10 万対・全部位・男女計)の推移】

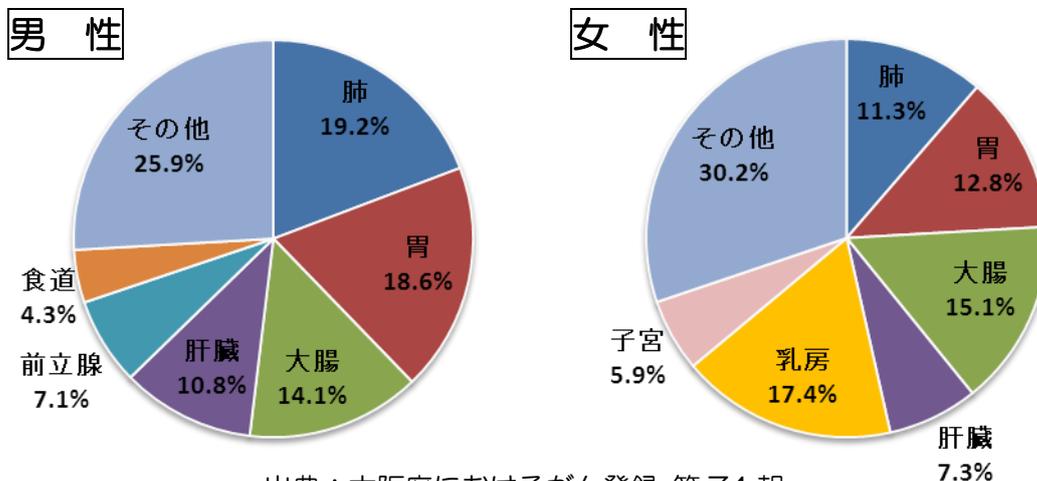
年	平成 13	平成 14	平成 15	平成 16	平成 17	平成 18	平成 19	平成 20	平成 21	平成 22
年齢調整死亡率	113.7	110.2	107.0	105.3	101.8	98.9	97.3	95.9	93.8	90.3
都道府県別順位	47 位	47 位	47 位	46 位	45 位	45 位	44 位	44 位	46 位	42 位

出典：(独) 国立がん研究センターがん対策情報センターホームページ

大阪府における平成 18 年の全がんの罹患者数は、昭和 50~52 年に比べて、男性で 2.9 倍、女性で 2.5 倍に増加しており、全部位の罹患者数(男女計)は、36,680 人となっている。

平成 18 年の全がんにおける部位別罹患者率は、男性で肺、胃、大腸、肝臓、前立腺、食道の順で多く、女性は乳房、大腸、胃、肺、肝臓、子宮の順で多くなっている。

【大阪府におけるがんの部位別罹患割合(平成 18 年)】



出典：大阪府におけるがん登録 第 74 報

(2) 大阪府のがん対策～「大阪府がん対策推進計画」の主な取り組み～

大阪府では、平成 20 年度から平成 24 年度までを計画期間とする「大阪府がん対策推進計画」を策定し、それまでのがん対策の取り組みをさらに発展させ、「がん予防の推進」「がんの早期発見」「がん医療の充実」の三本柱のもと、施策を推進している。

府では、肺がんや肝がんによる死亡率が高いことから、がん予防にあたっては、たばこ対策を中心に推進し、府民の喫煙率の減少をめざすとともに、肝がん予防として、肝炎ウイルス検診を一層推進するほか、精度の高いがん検診の実施、がん検診の普及・啓発を行い、がんの早期発見・早期治療をすすめている。

医療の充実については、医療機関の診療機能、治療水準の向上と相互の連携・協力体制をより一層強化することにより、地域間格差がなく、がん患者及びその家族の意向を尊重した質の高い治療が適切に行われるよう、がん医療の提供体制とその充実を図っている。府域においては、国指定及び府指定の併せて 60 病院（平成 24 年 4 月時点）が、がん診療拠点病院として指定されている。

がんに対する主な治療法としては、手術及び放射線療法、化学療法等がある。治療にあたっては、患者の生活の質（QOL）を考慮し、患者の意向を十分尊重しながら、各種療法等を効果的に組み合わせた治療である集学的治療が実施される必要がある。都道府県がん診療連携拠点病院や地域がん診療連携拠点病院では、集学的治療を実施する体制をより一層強化するため、放射線療法の実施体制を整備するとともに、放射線治療計画の立案、精度管理などの強化に努めている。

これらのほか、府は、緩和ケアの普及や在宅医療の充実、粒子線治療など先進的ながん医療の取り組みも推進することとし、「がんによる死亡者の減少」、「すべてのがん患者及びその家族の苦痛の軽減並びに療養生活の質の維持向上」をめざしている。

こうした中、平成 23 年 3 月には、議員提案による「大阪府がん対策推進条例」が成立し、府民とともに総合的ながん対策を進めているところである。

(3) 治療方法の現状

がんの治療にあたっては、がんの種類、大きさ、広がり、進行度（病期）、患者の状態・年齢などの状況に応じて、最も治療効果が高く、身体への負担が少ない治療法を選択している。

がんの治療法としては、大別して「手術」、「化学療法」、「放射線療法」があり、これらはがんの三大治療と言われている。

三大治療法に加えて第四の治療法として、副作用の少ない「免疫療法」

も注目されている。

■がんの三大治療法の特徴

治療方法	手術	化学療法	放射線療法
治療対象	・局所療法	・全身療法	・局所療法
治療内容	・摘出	・細胞の障害又は分裂の阻止	・細胞の障害又は分裂の阻止
治療期間	・短い	・長い	・長い
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・がんを直接取り除くため根治性が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・延命効果が顕著なものもある ・全身を対象とした治療が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・機能と形態の欠損が少ない ・治療中の身体的負担が少ない ・がんの種類によっては、手術と同等の治癒が見込める ・ほとんどのがんに適用できる
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・機能と形態の欠損が大きい場合がある ・部位や患者の年齢等によって適用できない場合がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・全体的な副作用が起こりやすい ・単独治療では根治性が低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・副作用が生じる場合がある

① 手術

手術では、病変部の周辺組織をできるだけ残しながら病変部を確実に切除するための術中迅速診断や病変部以外の正常組織の機能・形態を傷つけることのないようにする画像支援ナビゲーション手術等の開発や実践が行われている。また、開腹せずに内視鏡を使用した鏡視下手術、内視鏡下手術用ロボット支援等の開発・実践も行われており、より低侵襲で安全性を高める手術方法に取り組まれている。

② 化学療法

化学療法では、新たな抗がん剤が多く開発され、1回の投薬による薬効の持続効果の長期化や副作用の軽減が図られる抗がん剤が登場するとともに、個々の患者のがんの性質に応じた個別化医療等の取組みが進められている。

③ 放射線療法

ア 高精度照射の普及

放射線療法では、治療機器の高度化（コンピュータを用いた治療計画、CT上で腫瘍を同定しつつ照射野を確定させる）が進み、照射野の縮小が可能となり有害事象が減少、大線量の照射が可能となり局所制御率が向上した結果、リニアックにおけるピンポイント照射やIMRT（強度変調放射線治療）などが可能となり、痛みを伴わないため、高齢や体力に不安のある患者への治療にも適している。

また、手術と同等の治癒率が期待できる症例〔前立腺がん、肺がん、子宮頸がん、頭頸部がん、食道がん（いずれも早期のがんのみ）〕が増加している。

イ 放射線療法の治療範囲の拡大

放射線治療でがんを小さくしてから手術を行う術前放射線治療、術後の再発を防止するための術後放射線治療、化学療法（抗がん剤）と放射線療法を組み合わせることでがんを消滅させたり小さくする化学放射線療法などを用いて、治療成績が向上している。

ウ 放射線療法における効果予測研究の推進

現在、遺伝子レベルで放射線感受性を推測し、腫瘍の特性にあわせた放射線療法の実施に向けた研究が進められている。

(4) がん治療の先進性の追求～体にやさしい、QOLの向上～

かつては、がんの治療は治すだけでよかったが、近年は、高齢化の進展に伴うがん患者の増加等に伴い、「切らずに治す」「非侵襲・低侵襲治療」や「機能・形態を保存する」ことへのニーズの高まりなど、治療後の生活の質（QOL）を向上させたいという意識の変化がうかがえる。

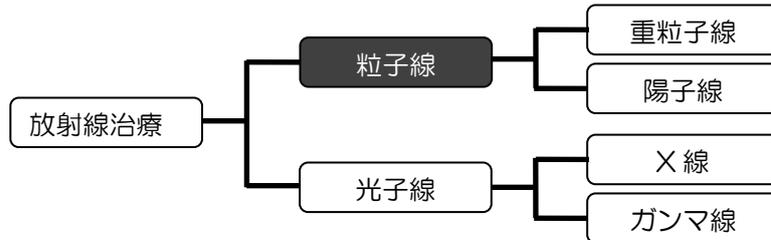
がんの治療にあたっては、各学会の診療ガイドラインによる標準的治療を行うとともに、がん患者の意向や生活の質（QOL）の向上に考慮し、がんの種類、進行度などに応じて、手術、化学療法、放射線療法等を効果的に組み合わせた集学的治療が推進されている。

なかでも、放射線治療では手術とは違い、臓器を切り取るようなことをしないため、各部位の持っている機能を失わずにがんを治療することが可能であること、体のほとんどのがん治療に適用できること、手術と比較して負担が少ないこと（いわゆる低侵襲）、化学療法（抗がん剤）と比較して全身的な副作用が少ないことなどから、生活の質（QOL）の向上の観点からも放射線治療に対するニーズは高まっている。

3 粒子線治療

(1) 粒子線治療の種類

放射線治療のうち、粒子線（重粒子線・陽子線）を使った治療法が、粒子線治療である。従来の放射線治療では、光子線（X線・ガンマ線等）を使う。



① 重粒子線

炭素（C）、ネオン（Ne）、シリコン（Si）、アルゴン（Ar）などのイオンが超高速で飛んでいるもの。重粒子線がん治療は、光の速さの約70%の速さに加速した炭素イオンをがん病巣に狙いを絞って照射する治療法。

② 陽子線

水素（H）の原子核（陽子）が超高速で飛んでいるもの。陽子線がん治療は、光の速さの約70%の速さに加速した陽子をがん病巣に狙いを絞って照射する治療法。

③ 光子線

光子とは、高エネルギーの光の粒子。光子線は光子が光の速さで飛んでいるもの。X線もガンマ線も光子線。

(2) 粒子線の特徴

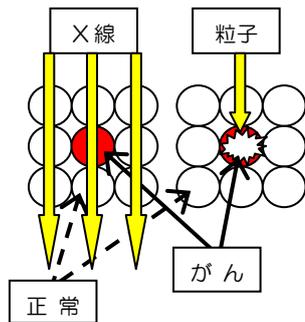
① がん病巣にピンポイントで照射

X線は体の中を進んでいく内にどんどん効果が低下してしまうため、体の奥にあるがんを治療するのが困難。粒子線は、がん病巣のところで止まるときにだけ大きな効果を発揮するので、体の奥にあるがんを治すことも可能。

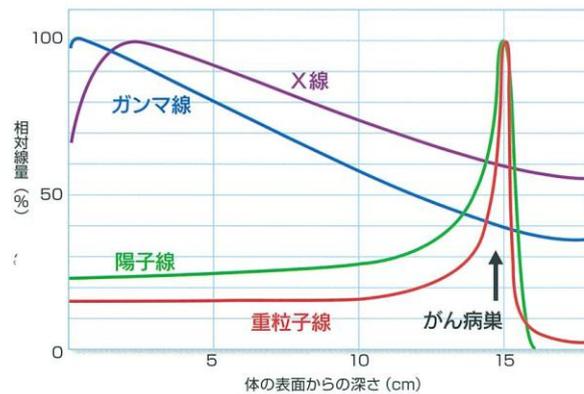
② 痛みを伴わず、副作用が少ない

粒子線はがん細胞だけを集中的にたたくため、X線とは異なり周囲の正常細胞へのダメージ(副作用)を最小限に抑えることができる。また、痛みがないため高齢などで体力に不安のある方の治療も可能。

【照射のイメージ】



【生体内における線量分布】



(3) 治療効果等

	陽子線	重粒子線
適応部位	頭頸部がん、骨・軟部腫瘍、肝臓がん、肺がん、前立腺がん	同左 (殺細胞能力が高いため、頭頸部がん、骨・軟部腫瘍、肝臓がんのうち難治性のがんには陽子線より有効)
非適応部位	血液、全身に転移、胃	同左
生物学的効果	X線の1.1倍程度	X線の2~3倍程度
照射回数	肺がん 10~22回 肝臓がん 20回 前立腺がん 37~39回 (出典：福井県立病院 HP)	肺がん 4回 肝臓がん 4回 前立腺がん 16回 (出典：群馬大学 HP)

(4) 治療の流れ

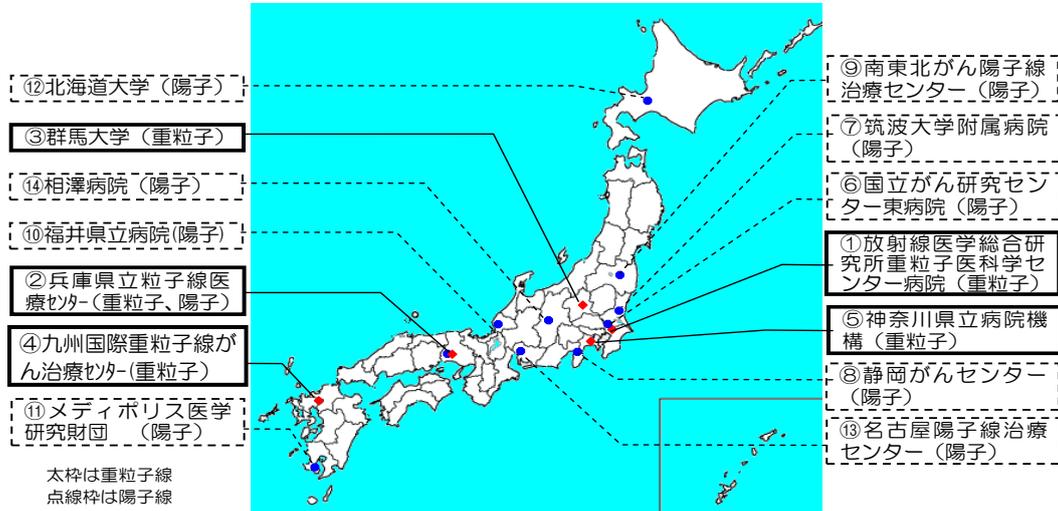
例えば、重粒子線治療の流れとしては、以下の順序で行われる。

問診→医師による診察→説明と同意→治療の準備→固定具の作成→CT シミュレーション→治療リハーサル→照射→終了時の効果判定/外来での経過観察

参考：放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター病院 HP

(5) 全国の粒子線治療施設

全国の粒子線治療施設は 14 箇所（重粒子線 4 箇所、陽子線 9 箇所、重粒子線・陽子線兼用 1 箇所）あり、うち稼働中 9 箇所、建設中 5 箇所である。



◆重粒子線

	開業年	名称	所在地
①	平成 6 年	独立行政法人 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院	千葉市稲毛区
②	平成 13 年	兵庫県立粒子線医療センター (※)	兵庫県たつの市
③	平成 22 年	国立大学法人 群馬大学重粒子線医学研究センター	群馬県前橋市
④	平成 25 年 予定	九州国際重粒子線がん治療センター	佐賀県鳥栖市
⑤	平成 27 年 予定	地方独立行政法人 神奈川県立病院機構神奈川県立がんセンター	神奈川県横浜市

◆陽子線

	開業年	名称	所在地
⑥	平成 10 年	独立行政法人 国立がん研究センター東病院	千葉県柏市
⑦	平成 13 年	国立大学法人 筑波大学附属病院陽子線医学利用研究センター	茨城県つくば市
⑧	平成 15 年	静岡県立 静岡がんセンター	静岡県駿東郡長泉町
⑨	平成 20 年	財団法人脳神経疾患研究所附属 南東北がん陽子線治療センター	福島県郡山市
⑩	平成 23 年	福井県立病院 陽子線がん治療センター	福井県福井市
⑪	平成 23 年	財団法人メディポリス医学研究財団 がん粒子線治療研究センター	鹿児島県指宿市
⑫	平成 26 年 予定	国立大学法人 北海道大学	札幌市北区
⑬	平成 25 年 予定	名古屋陽子線治療センター	名古屋市北区
⑭	平成 25 年 予定	社会医療法人財団慈泉会 相澤病院	長野県松本市

※兵庫県立粒子線医療センターは、陽子線・重粒子線の併用施設。

(6) 粒子線治療に適する患者数の見込み

府内のがん部位別罹患数（平成 18 年データ 出典：大阪府におけるがん登録 第 74 報[平成 23 年 8 月発行]）に、がんの部位ごとの重粒子線適応率（放射線医学総合研究所の実績に基づいた重粒子線治療適応率）を乗じて、府内のがん部位別の粒子線治療適応患者数を推計した。その結果、大阪府の人口 8,642,000 人（平成 18 年）に対し、2,361 人/年と推計される。

なお、重粒子線治療と陽子線治療が対象とするがんの部位はほぼ同じであることから、重粒子線治療と陽子線治療は、同じ適応患者数とする。

◆府民のがん部位別罹患数と粒子線治療適応患者推計値

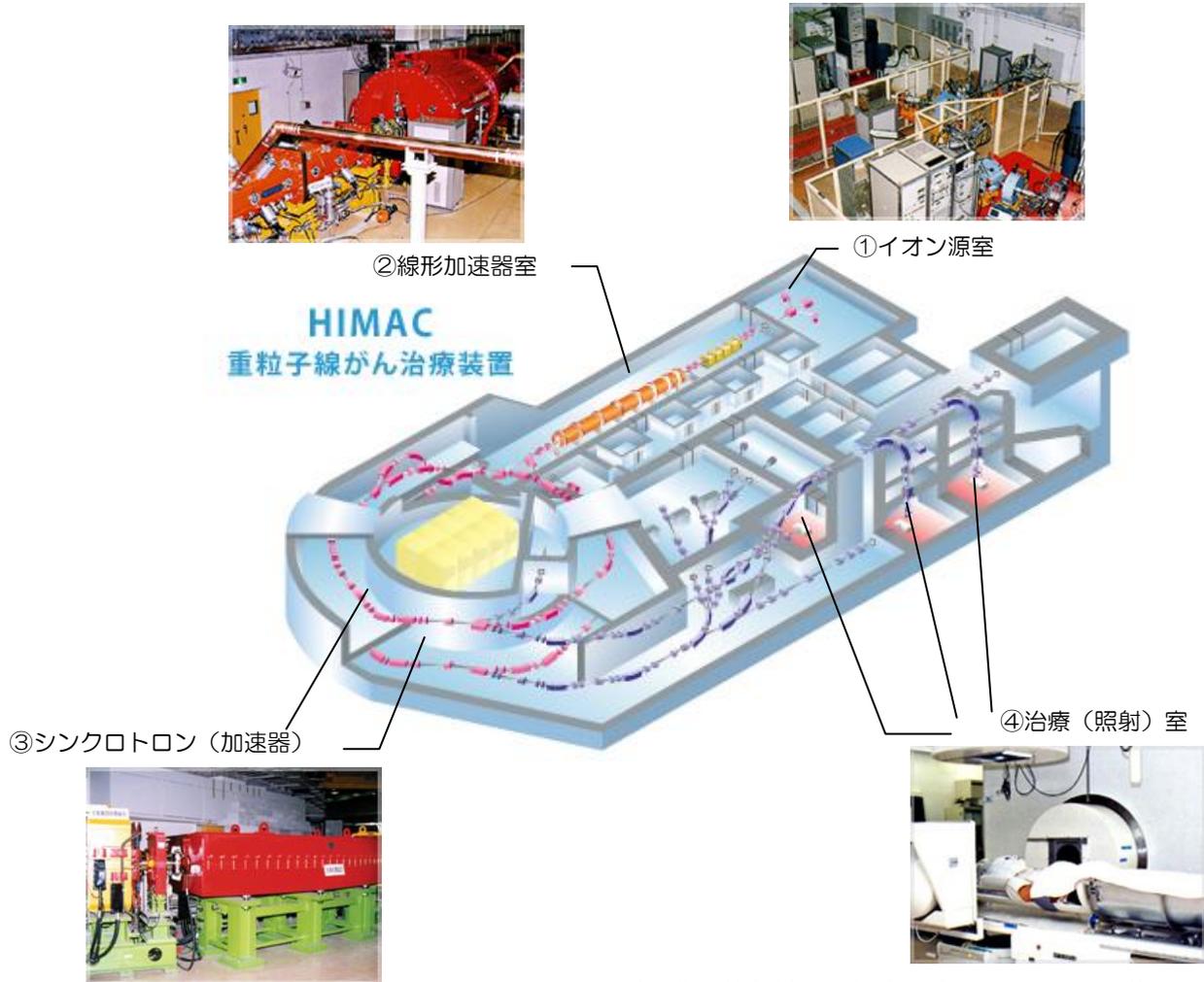
部位	罹患数	適応など	推計値
口腔・咽頭	786		82
食道	1,117		51
結腸	3,555		28
直腸	1,766		148
肝臓（肝細胞）	3,251		387
肝臓（肝内胆管）	175		22
膵臓	1,614		28
肺	5,830		828
子宮頸部	431		8
子宮体部	365		43
前立腺	1,508		647
腎臓その他	642	腎（尿管及び膀胱除く）	23
脳、神経系	248		9
眼	10	眼及び付属器	2
甲状腺	408		11
涙腺	—		1
骨軟部	248	中皮腫を除く	43
胃	5,934	適応外または適応検討中	
胆のう、胆管	1,017		
喉頭	236		
皮膚	284		
乳房	2,683		
卵巣	473		
膀胱	876		
白血病	577		
その他	2,646		
全部位	36,680		

大阪府の人口を平成 24 年 5 月時点の 8,864,118 人に置き直すと、府内における粒子線治療適応患者数は、2,422 人と推計される。

(7) 粒子線治療装置の安全性

① 粒子線治療装置のしくみ

重粒子線治療装置のしくみは、下記のとおりである。



(出典：放射線医学総合研究所ホームページ)

まず、「①イオン源室」で、メタンガスから炭素原子を取り出し、炭素原子から炭素等の電子を取り除いて炭素粒子とする。次に、「②線形加速器」で、炭素粒子を光の10分の1ぐらいの速さに加速し、炭素の薄膜を通して残りの電子を全部とり除く。さらに、「③シンクロトロン (加速器)」で、炭素粒子を体の奥深くまで粒子が到着できるエネルギーまで加速して各治療室に送る。最後に、「④各治療 (照射) 室」において、炭素粒子をがん細胞に照射する。

なお、重粒子線がん治療装置においては、放射性物質が保存されているわけではなく、「①イオン源室」で炭素原子を炭素粒子にする段階までは、放射線は発生していない。また、装置の電源が停止すれば、放射線の発生も停止する。

② 粒子線治療装置の安全対策

ア 薬事法に基づく製造販売の許可

わが国では、医療機器の製造販売を行うには、薬事法上の許可が必要である。これには、製造販売業許可（企業としての責任体制の審査）、製造販売承認（製品の有効性・安全性の審査）、製造業許可（製品の生産方法・管理体制の審査）の3つが必要となる。

なお、医療機器は、3種類（一般、管理、高度管理）に分類されており、粒子線治療装置は、高度管理医療機器（厚生労働大臣が薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて指定するもの）に該当する。

イ 非常時等における安全性

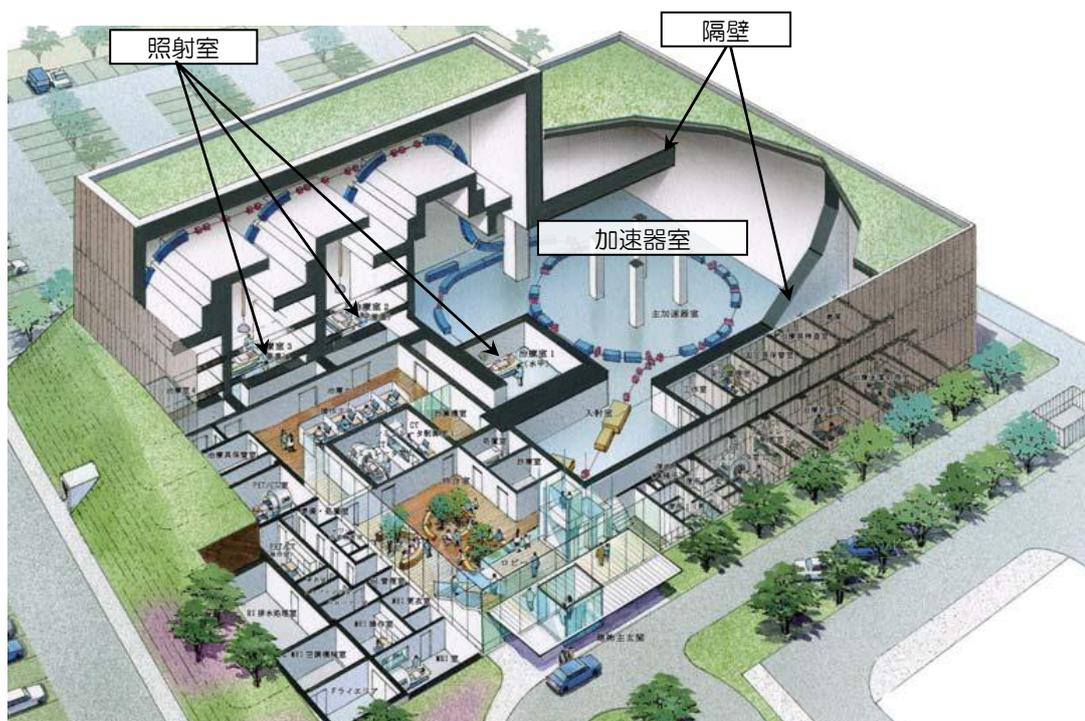
地震や停電等の非常時における粒子線治療装置の安全性は、以下のとおりである。

- ・ 停電時は治療装置が停止するため、放射線は発生しない。
- ・ 治療中に地震発生などにより照射位置のずれや、線量の異常が発生した場合、治療装置が自動停止して、放射線の発生も停止する。
- ・ 停止した治療装置（加速器）の中には、ごく微量の残留放射線があるものの、これらの放射線は装置の内部に閉じ込められており、周囲に拡散する可能性はない。

(8) 粒子線治療施設の安全性

① 粒子線治療施設の構造

重粒子線治療施設の構造は、下図のとおりである。



(出典：群馬大学重粒子線医学研究センターホームページ)

加速器室や照射室などの隔壁の厚さは、遮蔽計算※により設計される。

その結果、粒子線治療施設における隔壁の厚さは、建設会社などへのヒアリングによると、概ね 2.5m 程度（照射室の一部では 4m 程度）ということであった。

※ 遮蔽計算：放射線障害防止法の安全基準に適合させるために必要な壁厚などを計算する方法。

② 粒子線治療施設の安全対策

ア 放射線障害防止法における安全対策

放射線の安全対策については、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）により以下の安全基準が設けられている。

常時立ち入りの区域	隔壁等の放射線の遮蔽能力は、実効線量が1週間につき1ミリシーベルト以下
管理区域境界	外部放射線に係る線量については、実効線量が3月間につき1.3ミリシーベルト以下
事業所境界	外部放射線に係る線量については、実効線量が3月間につき250マイクロシーベルト（=0.25ミリシーベルト）以下

（1ミリシーベルト=1,000マイクロシーベルト）

（参考）1人当たりの自然放射線（年間）は、大阪府域は1.08ミリシーベルト、世界平均は2.4ミリシーベルト。また、東京⇄ニューヨークの航空機飛行（往復）による自然放射線は0.2ミリシーベルト。

また、人工放射線について、胸部のエックス線検診（1回）は0.05ミリシーベルト、胃のエックス線検診（1回）は0.6ミリシーベルト。

イ 患者・スタッフへの安全対策

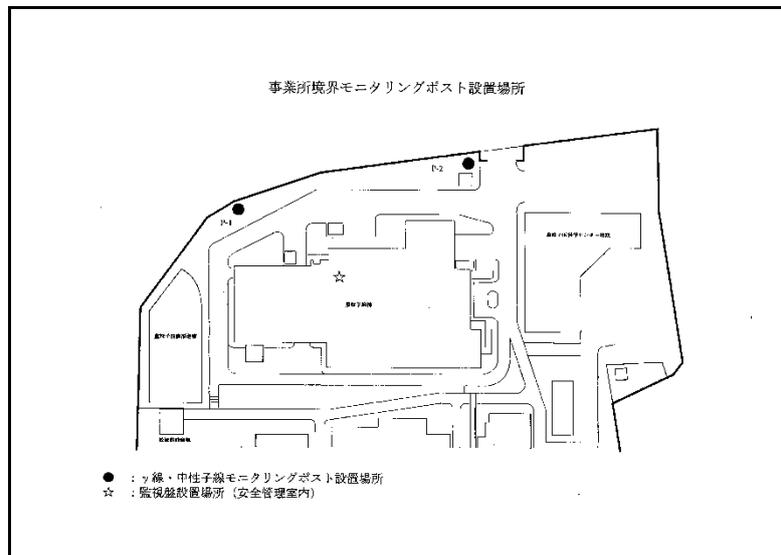
- 粒子線治療施設については、放射線障害防止法に基づく安全基準を満たすために、精緻な遮蔽計算に基づき壁厚を決定しており、通常の使用で放射線が外部に漏れることはない。
- 粒子線治療装置で使用する放射線の量は微量であるため、施設内の空気や地下水、建物のコンクリートが放射化する（放射線を受けたことにより自らが放射線を出すようになる）ことはない。
- 放射線管理区域内の人の有無、各室の扉の開閉状態、装置の安全確認、機器相互の状態、などの監視を一括して集中管理することで、患者、病院スタッフ、作業員全てを防護する。

ウ 非常時等における安全性

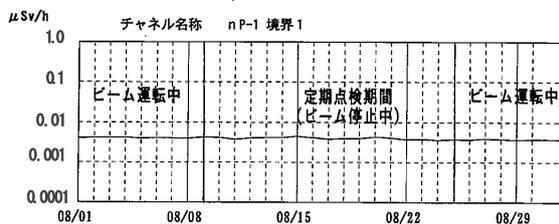
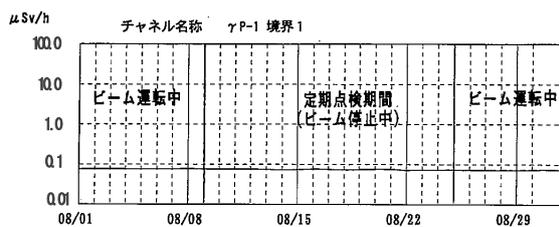
- 粒子線治療施設は、放射線障害防止法に基づく安全基準を満たすために極めて堅牢に整備されており、地震等の災害に対して通常の建物に比べはるかに強度が高い。
- 東日本大震災においても、南東北がん陽子線治療センター（福島県郡山市）、放射線医学総合研究所（千葉市）の施設において、施設に大きな被害や放射線漏れは発生していない。

【参考】モニタリングポストにおける放射線量

◆放射線医学総合研究所の実測データ



期間 2008年08月01日～2008年08月31日



このデータは横軸が時間、縦軸が放射線量測定値となっている。定期点検を挟んで測定されているが、運転中も定期点検中もモニタリングポストにおける放射線量は、ほとんど変化がない。

千葉県（県）地域における自然界の放射線量は、年間で0.85mSvとなっており、時間線量に置き換えると $0.097 \mu\text{Sv/h}$ (0.85mSv ($850 \mu\text{Sv}$) $\div 365 \text{日} \div 24\text{h}$)である。

上記測定データが示す数値は、 $0.1 \mu\text{Sv}$ 以下となっており、施設の稼働とは関係ない放射線量と同等で、粒子線施設からの放射線の漏えいは起こっていないことを示している。

4 BNCT（ホウ素中性子捕捉療法）

（1）治療のしくみ・効果

BNCT（ホウ素中性子捕捉療法）とは、原子炉や加速器からの中性子とがん細胞・組織に集積するホウ素化合物の反応を利用して、がん細胞をピンポイントで破壊する最先端のがん治療法である。がん細胞だけを選択的に破壊するため、身体への負担が少なく、現在の外科療法や放射線治療では難しいとされている脳腫瘍や悪性黒色腫等の難治性がんへの治療効果が非常に高いとされている。

（2）開発の状況

BNCT については、現在、京都大学原子炉実験所（大阪府泉南郡熊取町）と日本原子力研究開発機構（茨城県那珂郡東海村）において、原子炉を利用した臨床研究が行われている（平成 23 年の大地震によって、現在は京都大学原子炉実験所が我が国で唯一の BNCT 実施施設となっている）。

原子炉から取り出した中性子を利用する照射装置は、原子炉そのものが規模や運転管理の点で、病院に併設することが困難であるため、原子炉よりも設備規模が遥かに小さく、運転・管理の容易な加速器を利用した治療装置の開発が推進されている。京都大学原子炉実験所では、世界で初めて病院内に設置可能な普及型の BNCT 用加速器中性子照射装置を開発、薬剤と組合せた治験の開始準備が進められている。また、南東北がん陽子線治療センター（福島県郡山市）では、京都大学原子炉実験所のものと同型の加速器・治療装置を設置し、平成 26 年度後半から同実験所との共同治験を開始するべく、今年度中に建屋の建設と BNCT 装置の設置を開始する予定とのことである。（平成 30 年度に先進医療として治療の開始を目指している。）

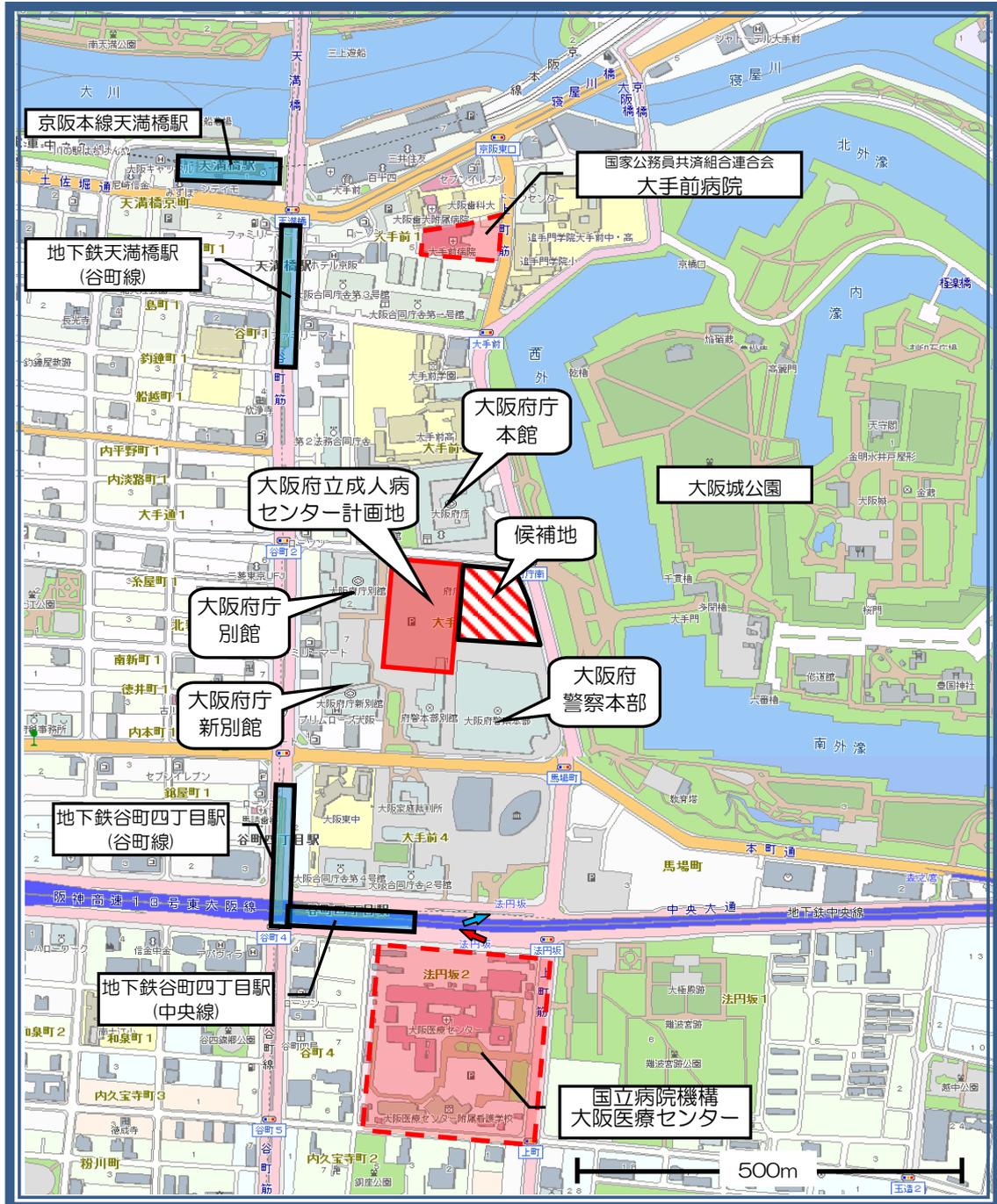
本検討委員会では、第 2 回委員会において、ゲストスピーカーとして大阪大学大学院工学研究科の堀池寛教授から、大阪大学における加速器の開発状況等について説明を受けた。大阪大学における、今後の開発スケジュールについては、放射化等の安全性についてテストを行ったうえで加速器の製作を進めた場合、治験は 7～8 年後には実施されるなどの話があった。

（3）当面の対応

BNCT の実用化には 10 年近い期間が必要と思われるため、粒子線治療施設を先行して整備すべきである。BNCT については、今後の加速器の開発状況を注視し、実用化が図られた後の将来的な検討課題とすべきである。

5 候補地の特性

(1) 周辺にある主な施設



候補地の東側には、大阪城公園があり、大阪府庁や大阪府警察本部といった官庁施設に囲まれている。新成人病センター整備の計画地は、候補地の西側に隣接することとなる。

地下鉄谷町四丁目駅（地下鉄谷町線、同中央線）、天満橋駅（地下鉄谷町線、京阪本線）、市バス停留所（大阪駅～上本町～天王寺～住吉車庫系統）から徒

歩圏内にあり、交通の便が良い。

新成人病センターをはじめ、南方約 0.5 kmに国立病院機構大阪医療センター、北方約 0.5 kmに国家公務員共済組合連合会大手前病院がある。

(2) 外来通院の利便性

① 交通機関（在来線等）によるアクセス

候補地は谷町四丁目駅や天満橋駅から徒歩圏内にあり、大阪（東梅田）や天王寺などの主要駅から最寄駅までの所要時間は以下の通りである。

◆最寄駅からの所要時間

谷町四丁目駅	所要時間：徒歩約 7分
天満橋駅	所要時間：徒歩約 10分

◆主要駅からの所要時間

大阪（東梅田）⇒谷町四丁目	乗車時間：約 8分
なんば⇒谷町九丁目⇒谷町四丁目	乗車時間：約 10分
天王寺⇒谷町四丁目	乗車時間：約 8分
（京都府）京都⇒大阪 東梅田⇒谷町四丁目	所要時間：約 53分
（滋賀県）大津⇒大阪 東梅田⇒谷町四丁目	所要時間：約 65分
（兵庫県）三ノ宮⇒大阪 東梅田⇒谷町四丁目	所要時間：約 46分
（奈良県）奈良⇒天王寺 天王寺⇒谷町四丁目	所要時間：約 56分
（和歌山県）和歌山⇒天王寺 天王寺⇒谷町四丁目	所要時間：約 86分

② 高速道路等によるアクセス

候補地から南方約 0.4km には、阪神高速の法円坂出口があり、自動車でのアクセスも便利な位置にある。高速道路を利用して概ね 1 時間圏内でアクセスできる地域は次のとおり。

京都府方面	鴨川西インター約 50km
滋賀県方面	草津インター約 70km
兵庫県方面	明石西インター約 70km
奈良県方面	名阪国道福住インター約 60km
和歌山県方面	和歌山インター約 70km

③ 近隣の宿泊施設 など

候補地から徒歩 10 分圏（800m）内における宿泊施設は、ホテルが 14 箇所（計 1 千室以上）あり、遠方から治療を受けに来た場合の滞在場所は十分にある。

6 施設構想（陽子線と重粒子線の比較）

（1）前提条件、施設運営体制

① 想定される粒子線治療施設の規模等

	陽子線治療施設	重粒子線治療施設
治療室数	3室（固定照射室 1、 ガントリー照射室 2）	3室（固定照射室 ^{※1} 3）
照射ビーム ライン数	3ポート	4ポート
建築面積 (延床面積)	2,800 m ² (5,500 m ²)	3,300 m ² (6,500 m ²)
敷地面積 ^{※2}	5,000 m ²	5,000 m ²
施設整備費	施設全体 90 億円 (うち装置 60 億円)	施設全体 115 億円 (うち装置 80 億円)
維持管理費/年 ^{※3}	施設全体 4.7 億円 (うち装置 4 億円)	施設全体 5.8 億円 (うち装置 5 億円)
人件費/年 ^{※4}	人件費 4.4 億円	人件費 4.5 億円
職員内訳 ^{※5}	医療スタッフ 33 人 技術スタッフ（委託）6 人 医療事務（委託） 3人	医療スタッフ 33 人 技術スタッフ（委託）7人 医療事務（委託） 3人
光熱水費/年 ^{※6}	1.0 億円	1.5 億円
工期 ^{※7}	約 3.5 年間	約 4 年間

※1 重粒子線の回転ガントリー照射室については、現時点で実用化の目処が立っていないため、今回の検討には含めない。

※2 建築面積に駐車場、緑地等の面積を加えて設定。

※3 大規模改修、CT・MRIの維持管理費用を含む。メーカーのアンケート結果等を参考に設定。

※4 成人病センターの職種別人件費等を参考に設定。

※5 医療スタッフの数は放射線医学総合研究所の算定基準等を参考に設定。（施設長 1 人、放射線治療医 9 人、看護師 3 人、医学物理士 3 人、放射線技師 8 人、治療計画技術者 4 人、線量測定技術者 5 人）技術スタッフの数はメーカーのヒアリングを参考に設定。医療事務の数は施設内で受付等を行うことを前提に他の施設を参考に設定。

※6 メーカー等のヒアリングを参考に設定。

※7 詳細は（2）のスケジュールを参照。

② 候補地の取得・賃貸の条件

	公設公営	民設民営
敷地の取得	・公共が5,000 m ² を取得。 39.5 億円 (79 万円/m ² * ¹)	—————
敷地の賃貸	—————	・5,000 m ² を、取得価格の 3.7%/年* ² で賃借。 1.4 億円/年
敷地の取得の 資金調達	・平成 26 年度に、公共が金 利 1.9%* ³ で取得。	—————
粒子線治療施 設の整備の資 金調達	・平成 27、28 年度に、公共 が、それぞれ、金利 2.1%、 2.4%* ³ で整備。	・平成 27、28 年度に、民間 事業者が金利 3%* ⁴ で整 備。

※1 大阪府資料より設定。

※2 府立病院機構固定資産貸付規程により、営利目的用に貸付ける場合の貸付料は、土地価額の 7.4%とされているが、公共的、公益的な使用がなされる場合、その内容に応じて 5 割を超えない範囲で減免を認めることができるとしている。

※3 財政状況に関する中長期試算[粗い試算]平成 24 年 2 月版（大阪府総務部財政課）の 10 年債金利を参考に設定。

※4 金融機関へのヒアリングを参考に設定。なお、施設の竣工までの間は、単期の借入れとして金利 1.475%に設定。

③ 治療費

陽子線は 307 万円/件、重粒子線は 336 万円/件とする。

ただし、再照射（一度放射線治療を行った部位への照射）の患者（全体の 5%）については治療費を 1/3*[※]に設定。

（出典：「粒子線治療の現況について」厚生労働省、保険外併用療養費を含む）

※ 兵庫県立粒子線医療センターにおける再照射の治療費の考え方を参考に設定。

(2) スケジュール

① 整備期間

重粒子線治療施設を想定し、建設工事期間を24カ月とした場合の設計建設から治療開始までのスケジュールの例は、以下のとおりとなる。

なお、陽子線治療施設は建設工事期間が3～6カ月短くなる。

◆スケジュール表

◆重粒子線施設の場合のスケジュール（陽子線はこれよりも▲3～6ヶ月、併用型はこれよりも+3～6ヶ月）

		1年目			2年目			3年目			4年目																																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
施設	設計	計画・基本設計・実施設計 (12ヶ月)				建築 確認申請 ●承認																																											
	工事													建設工事(24ヶ月)												竣工 ●																							
装置	設計	計画・設計 (9ヶ月)																																															
	製作													装置製作・工場試験 (18ヶ月)																																			
	搬入・据付・調整													搬入・据付・ビーム調整 (12ヶ月)						トレーニング						治療開始																							
申請等	薬事法 (粒子線医療機器の製造販売承認)													医療機器の 製造販売申請 ●承認																																			
	医療法 (新たな医療施設の開設)	事前協議		医療施設 開設申請 ●承認																																													
	放射線障害防止法 (管理区域等の放射線濃度)	事前協議		施設計画 策定								施設使用 許可申請 ●			施設検査 申請 ●			承認			合格																												

※ 許認可関係については、なお検討を要する。

② 運営期間

技術革新が日進月歩な分野である一方で、整備費用が大きく、費用を回収する期間が長期にわたることから、本事業の運営期間は20年間と30年間の2パターンを設定する。

(3) 収支シミュレーションのパターン

陽子線治療施設、重粒子線治療施設について、公設公営と民設民営で、運営期間を20年、30年のそれぞれのパターンについて収支シミュレーションを行なう。

実施主体		公設公営	民設民営
種類			
イメージ		<p>公共が施設を所有し運営する</p> <p>公有地</p> <p>•公共が、粒子線治療施設を整備・運営する。</p>	<p>民間が施設を所有し運営する</p> <p>公有地</p> <p>借地</p> <p>•公共が、土地を民間事業者に賃貸する。民間事業者が、粒子線治療施設を整備・運営する。</p>
陽子線	20年	パターン1	パターン2
	30年	パターン5	パターン6
重粒子線	20年	パターン3	パターン4
	30年	パターン7	パターン8

7 粒子線治療施設の整備パターン別損益分岐

6の(3)で設定した8パターンについて事業終了時にトータルの事業収支が均衡する年間の治療患者数について算出した結果は以下のとおりである。なお、開院後1～3年の患者数は4年目以降の25%・50%・75%と設定している。

また、施設撤去費については、5～6億円程度見込まれるが、運営期間終了後の施設の取り扱いが未定のため、支出に反映させていない。

(1) 運営期間 20 年

(単位：百万円)

	パターン1 (公・陽)	パターン2 (民・陽)	パターン3 (公・重)	パターン4 (民・重)
年間治療患者数	664人	841人	712人	871人
収入	36,431	45,383	42,802	51,048
支出	36,431	43,116	42,802	49,538
土地購入費	3,950	-	3,950	-
借地料	-	2,923	-	2,923
施設整備費	9,000	9,000	11,500	11,500
借入利息	2,914	4,927	3,505	5,857
維持管理費	9,400	9,400	11,600	11,600
光熱水費	2,042	2,588	3,000	3,000
人件費	9,125	9,603	9,247	9,247
公租公課	-	4,675	-	5,411

(2) 運営期間 30 年

(単位：百万円)

	パターン5 (公・陽)	パターン6 (民・陽)	パターン7 (公・重)	パターン8 (民・重)
年間治療患者数	565人	703人	608人	759人
収入	47,805	58,845	56,282	69,033
支出	47,805	57,036	56,282	67,196
土地購入費	3,950	-	3,950	-
借地料	-	4,385	-	4,385
施設整備費	9,000	9,000	11,500	11,500
借入利息	4,302	6,975	5,174	8,711
維持管理費	14,100	14,100	17,400	17,400
光熱水費	3,000	3,245	4,500	4,500
人件費	13,453	13,684	13,758	13,758
公租公課	-	5,647	-	6,943

(3) 比較検討

① 治療施設の種類の種類

陽子線治療施設と重粒子線治療施設を比較した場合、重粒子線治療施設の方が、初期投資、ランニング費用ともに大きくなるため、損益分岐となる年間の治療患者数が多くなる。

しかしながら、重粒子線治療施設は、1治療あたりの平均照射回数が、陽子線治療施設の半分以下であるため、年間の治療可能患者数[※]は、陽子線治療施設の年間720人に対し、重粒子線治療施設は年間1,571人となり、患者の受け入れ能力に優れている。

なお、陽子線・重粒子線を併用する治療施設の場合、重粒子線治療施設に比べ、施設整備費は55億円、維持管理費は20年の運営期間で22億円、30年の運営期間では33億円程度多くかかる一方で、年間の治療可能患者数は、陽子線治療を実施する照射回数分、少なくなる。

② 設置・運営主体

民設民営の場合、資金調達に係る金利が高く、建物及び償却資産に固定資産税（土地については、公共が負担）が課される（パターン2、4、6、8）ため、公設公営に比べ、損益分岐となる年間治療患者数が多くなる。

※ 年間の治療可能患者数

1台の加速器における年間照射回数は、1回の治療（照射）を20分（8時間稼働で24回/日）、照射室数を3室、年間稼働日数を240日（休日、メンテナンスを考慮）とした場合、17,280回となる。

1治療当たりの平均照射回数は、陽子線で24回、重粒子線の場合11回であることから、年間の治療可能患者数は、陽子線で720人/年、重粒子線では1,571人/年となり、陽子線・重粒子線の併用施設の場合、全体の3分の1を陽子線治療とすると、1,287人/年となる。

なお、収支の算定にあたり、年間照射回数をフル稼働の9割（15,552回）に設定し、年間の治療可能患者数は、陽子線で650人/年、重粒子線では1,415人/年とした。これを超える患者を治療する場合、稼働時間を延長する必要があるため、職員の人件費、光熱水費を延長時間に応じ上乘せした。（パターン1、2、6）

【参考】

1. 放射線医学総合研究所及び兵庫県立粒子線医療センターの治療（登録）患者数

	放射線医学 総合研究所※1	兵庫県立粒子線 医療センター※2
平成 19 年	642 人	617 人
平成 20 年	684 人	614 人
平成 21 年	692 人	703 人
平成 22 年	691 人	714 人
平成 23 年	625 人	663 人

※1 先進医療及び臨床試験の登録患者数。なお、放射線医学総合研究所は研究施設であるため、単純比較は適切ではない。

※2 陽子線及び重粒子線の治療患者数

2. 整備中施設における治療患者数の想定値

- 神奈川県立がんセンター 年間 880 人
- 九州国際重粒子線がん治療センター 年間 800 人（4 年目以降）
- 名古屋陽子線治療センター 年間 800 人（最終目標）

8 まとめ

(1) 粒子線治療施設整備の意義

大阪府内だけでも2千人を超える粒子線治療適応患者が存在するにも関わらず、近畿圏内の粒子線治療施設は兵庫県に1施設しかない状況にある。

粒子線治療は、これまで外科手術や従来の放射線治療では、十分な効果が得られなかったがんに対し、良好な治療成績を示すものであり、がん保険の普及などとともに、今後ますます高度先進医療へのニーズの高まりが予想される中であって、府民に身近な場所で高度先進医療を提供できるよう早急に、整備に向けた検討を進める必要がある。

現在、大阪府立病院機構では「がん医療日本一」を目指し、新成人病センターの整備を進めているところであり、情報の共有や容態の急変した患者への対応などで隣接する粒子線治療施設と連携を図ることにより、府民に安全で質の高い医療を提供することが期待される。

(2) 整備すべき粒子線治療施設

① 治療面での特徴

放射線の生物学的効果について、陽子線は光子線の1.1倍程度、重粒子線は光子線の2~3倍程度とされている。また、低酸素濃度の細胞は放射線に対して抵抗力を持つため、陽子線や光子線では、酸素のある細胞を破壊するのに必要な放射線量の3倍程度の放射線量が必要であるが、重粒子線では、ほぼ同程度の放射線量で足りるとされていることから、重粒子線は、放射線抵抗性を持つとされる腫瘍に対する効果や短期間の照射で治療を終了できることが期待できる。

平均照射回数については、重粒子線は約11回、陽子線は約24回となっており、治療に伴う患者の身体的負担についても、重粒子線に優位性が認められる。

② 整備・運営面での特徴

初期投資については、陽子線(約90億円)が重粒子線(約115億円)に比べて少ない。また、陽子線は重粒子線に比べて、施設整備に必要な建築面積が小さく、人件費や維持管理費等を含む運営費についても安価である。また、施設整備に要する期間については、陽子線の方が重粒子線に比べて3~6カ月程度短縮される。

年間の照射可能回数が同じであれば、1治療あたりの照射回数が少なく

なる重粒子線の方が、より多くの患者の治療を行うことが可能となる。

7で見たとおり、陽子線の場合、公設公営の30年を除き、年間の治療可能患者数(650人)を上回る患者(664~841人)を治療しなければ、損益分岐を超えることができない。一方、重粒子線は年間の治療可能患者数(1,415人)が、損益分岐となる治療患者数(608~871人)を大きく上回るため、より多くの患者を治療できれば、収入の増加を図る余地がある。

③ 近隣の粒子線治療施設との競合

稼働中の施設では、兵庫県たつの市の兵庫県立粒子線医療センター(陽子線・重粒子線)、福井市の福井県立病院陽子線がん治療センター(陽子線)、整備中の施設では、名古屋陽子線治療センター(陽子線、平成25年3月治療開始予定)がある。

候補地に新たな粒子線施設を検討する場合、陽子線であれば、これらの施設と競合する可能性が高い。一方、重粒子線の場合は、建設中の2施設を含め、全国に5施設しかなく、競合の可能性は陽子線より小さい。

(3) 運営形態

候補地に施設を整備する場合、年間2千人程度の適応患者数を見込むことができる。また、収支シミュレーションによると、一定数の患者を集めることができれば、民設民営、公設公営ともに施設の整備・運営が可能であることがわかった。

民設民営の場合、借地料の負担が大きく、また、固定資産税が課されるため、公設公営に比べ、多くの患者を確保する必要がある。

公設公営、すなわち大阪府立病院機構が事業主体になる場合、病院機構は複数の病院施設の建替えや増築を進めているところであり、今後、多額の借入金の償還が生じるため、病院機構及び大阪府の財政状況を十分に考慮する必要がある。

(4) 今後の課題

① 患者の確保

粒子線治療施設の有効利用および継続的な施設運営を図るためには、施設規模に応じた患者の確保が重要である。患者を継続的に確保するためには府内の5大学病院をはじめ、がん診療連携拠点病院や府医師会、府病院協会等の府内医療関係機関との具体的な連携方策を検討する必要がある。

② 人材の育成・確保

粒子線治療施設の運営には、放射線治療の専門医や医学物理士等の人材が欠かせない。しかし、全国的に見ても、これらの専門人材は絶対数が少ないため、現状では、確保することが非常に難しい。

そのため、整備の計画段階から、府内の大学病院や放射線医学総合研究所をはじめとする他の粒子線治療施設と連携し、人材確保・育成について計画的に取り組んでいくことが必要である。

③ 患者支援方策の検討

粒子線がん治療の平均的な治療費は1治療あたり約300万円と高額であり、しかも健康保険の対象ではないため、患者は全額治療費を負担することになる。

できるだけ多くの府内のがん患者に高度先進医療を提供できるよう、健康保険適用についての国への働きかけも含め、他の粒子線治療施設を参考に患者の費用負担の軽減策等を検討する必要がある。

④ 他の粒子線治療施設との連携

万一、設備の不具合や装置の故障等が発生した場合でも、患者が安心して治療を継続できるよう、施設間でのバックアップ体制を検討する必要がある。また、施設整備や運営においては、先進施設のノウハウについて提供を受けることは非常に有用である。そうした支援を受けるためにも、他の粒子線治療施設とは、緊密な連携を図るべきである。

⑤ 府立成人病センターによる連携・支援

大阪府立病院機構では「がん医療日本一」を目指し、新成人病センターの整備を行っており、情報の共有など隣接する粒子線治療施設と連携を図ることにより、府民に安全で質の高い医療を提供することが期待される。

民設民営により施設を整備、運営する場合は、がん治療の専門医療機関としての経験・知見を活かし、各臓器のがんの専門医が粒子線治療を行う患者の診察等が行えるような体制づくりが望まれる。

⑥ 候補地における拡張可能性の検討

候補地として検討の対象になっている場所は、約9,000㎡の面積があるが、粒子線治療施設として利用するのは、6の(1)のとおり、約5,000㎡と想定した。今後のBNCTや、新成人病センターの機能拡張などの可

能性を検討する余地がある。

⑦ 事業実施の可能性に関する検討

民設民営により施設を整備、運営する場合は、実際に民間事業者が応じられる条件設定が必要であり、さらに詳細な調査・検討を進めるべきである。

【参考】

(1) がんの主な治療方法（原理、治療の流れ、治療費など）

① 手術（内視鏡的治療・体腔鏡を含む）

手術は、がんを含めて正常細胞の一部を切り取って、がんを根治する治療法である。原発巣（がんが最初にできたところ）にがんがとどまっている場合には完全に治すことができる。

また、内視鏡的治療では、内視鏡や体腔鏡（腹腔鏡）を使用して、がんの部分だけを切除又は剥離する内視鏡的粘膜切除術（EMR）、内視鏡的粘膜下層剥離術（ESD）なども実践されている。

② 化学療法

化学療法は、抗がん剤を用いてがん細胞の分裂を抑え、がん細胞を破壊する治療法である。抗がん剤は、投与後血液中に入り、全身をめぐる体内のがん細胞を攻撃し破壊する。どこにがん細胞があってもそれを壊滅させる力を持っているので、全身的な効果がある。がんは全身病と呼ばれるように、早期にはある部位に限定している局所の病巣が、次第に全身に広がって（転移）、全身的な病気になる。主ながんの治療法のうち、手術や放射線療法は局所的ながんの治療であるのに対して、化学療法はより広い範囲に治療できることが期待できる。一方で、がん細胞だけでなく正常細胞にも影響を及ぼすことから、吐き気や貧血、口内炎、脱毛などの「副作用」が起こる。

抗がん剤のそれぞれの長所を生かし、いくつかを組み合わせ併用することで、手術の不可能な進行がんも治療できる。

従来の抗がん剤は、がん細胞を殺す能力に重点が置かれてきたため、がん細胞と正常細胞を区別する力が乏しく、多くの薬物有害反応が生じていたが、近年の分子生物学の急速な進歩により、がん細胞だけが持つ特徴を分子レベルでとらえられるようになってきた。それを標的としてがん細胞の増殖を阻害する薬は「分子標的治療薬」と呼ばれ、現在開発が進んでいる。白血病、乳がん、肺がん等で、有効な治療手段となりつつある。

③ 放射線療法

放射線療法は、手術、化学療法とともにがんの治療の中で重要な役割を果たしている。放射線療法は、手術と同じく、がんとその周辺のみを治療する局所治療であり、手術と異なるところは、臓器を摘出する必要がなく、臓器をもとのまま温存することができることから、治療の前と同じような生活をするのが可能な治療手段である。近年、放射線治療機器、放射線生物学やコンピュータが発達し、放射線治療は急速に進歩しており、がん組織に多くの放射線量を照射し、周囲の正常組織への照射をできるだけ少

なくすることで、治療効果を高め、しかも副作用の少ない放射線治療が実現してきている。

その代表的なものが、IMRT（強度変調放射線治療）、粒子線治療などの先進的治療であり、従来にも増して、治療効果を上げるだけでなく、患者に苦痛となる障害をほとんど起こさないような配慮が払われている治療法である。

放射線治療は、体のほとんどのがん治療に使えることが利点であり、手術と比較して負担が少ないこと（いわゆる低侵襲）、化学療法（抗がん剤）と比較して全身的な副作用が少ないことも利点である。

ア リニアック（一般照射）

直線加速器（リニアック）を用いて、がんの形状にあわせて放射線の照射口を調整し、病巣に多方向から放射線を照射する。

イ リニアック（SBRT：体幹部定位照射）

ピンポイント照射と呼ばれ、特殊な患者固定具を使ってがん病巣の位置を正確に固定し、X線がマルチリーフコリメーター（櫛の歯のような構造をもち、自由に形状を変えることができる絞りに相当する。）を通過することで腫瘍の形状に一致した照射野で多方向から放射線を照射する。

ウ リニアック（IMRT：強度変調放射線治療）

マルチリーフコリメーターの形状をコンピュータ制御で常に変化させながら放射線を照射する。

エ 密封小線源治療

放射性同位元素をがん病巣内に入れ、それから放出される放射線ががん治療を行うもの。

オ 粒子線治療

本文の3の（1）～（3）を参照

④ 免疫療法

免疫担当細胞、サイトカイン、抗体等を活性化する物質を用いて免疫機能を目的の方向に導く治療法である。

ワクチン療法など、一部で実用化に向けた取組みが進められており、他の分野でも今後臨床応用されることに期待が高まっている。

⑤ BNCT（ホウ素中性子捕捉療法）

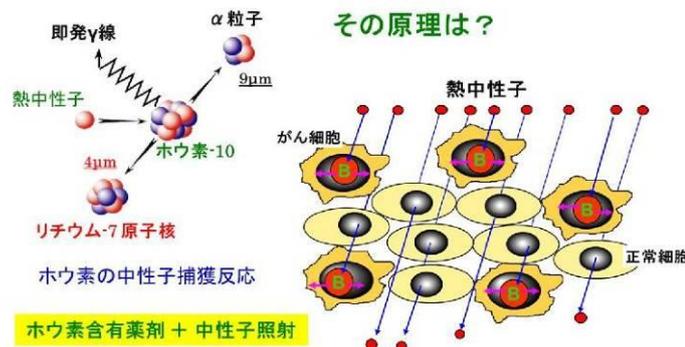
ア 原理

がん細胞に取り込まれやすいホウ素薬剤をあらかじめ投与し、がん細胞にホウ素薬剤が集まった時に中性子を照射する。

ホウ素薬剤（ホウ素-10）は、中性子と反応しやすいものを使用する。照射する中性子は、ホウ素との反応は大きい、低エネルギーの熱中性子を照射する。

ホウ素-10が中性子を取り込むと核反応が起こり、強力な細胞殺傷力を持つ重荷電粒子（ヘリウムとリチウム）に分裂する。分裂した重荷電粒子が飛び距離は細胞一個分であるため、その細胞一個分のみを破壊する。

ホウ素-10を取り込んだがん細胞はこの反応により破壊されるが、ホウ素-10を取り込んでいない正常細胞は、熱中性子の影響が少ない。ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）は、周囲の正常細胞を傷つけず、がん細胞だけを選択的に破壊する、体にやさしいがん治療法である。



イ 装置の研究

この治療法は、がん細胞と正常細胞が混在している悪性度の高い脳腫瘍をはじめとするがん特に効果的で、がん細胞だけを選択的に破壊するため、体への負担が少なく、生活の質（QOL）の面で非常に優れている。

現在は、研究段階であり、熊取町にある京都大学原子炉実験所の研究用原子炉（KUR）を使い、研究が進められている治療法である。しかし、一般の医療施設では原子炉を設置することは困難であり、現在、京都大学原子炉実験所では、中性子を発生させる小型の加速器を設置して研究が行われており、今後が期待されている。

ウ 適応となる「がん」

ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）は、研究段階の治療法であるが、その中で、すでに実績の多い疾患は、脳腫瘍、再発頭頸部がん、悪性黒色腫などである。

また、実績はあるが、今後、さらなる研究が必要な疾患は、肺がん、肝臓がん、中皮腫 などである。

参考：熊取町 HP

(2) 収支シミュレーション(1/2)

パターン1(公設公営・陽子線)20年 (単位:百万円) 収支がゼロになるには 664 人必要。

項目	年度	設計期間			運営期間																				合計
		-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
診療報酬	0	0	0	0	492	985	1,477	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	36,431
収入合計	0	0	0	0	492	985	1,477	1,969	1,969	36,431															
人件費	0	0	223	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	445	9,125
施設整備関連費用	273	588	913	899	885	871	857	843	830	816	802	788	774	760	746	732	719	705	691	677	663	649	635	621	15,864
維持管理費	0	0	0	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	9,400
光熱水費	0	0	0	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	2,042
費用合計	273	588	1,135	1,916	1,902	1,888	1,875	1,861	1,847	1,833	1,819	1,805	1,791	1,777	1,764	1,750	1,736	1,722	1,708	1,694	1,680	1,666	1,652	1,638	36,431
単年度収支	-273	-588	-1,135	-1,424	-918	-411	95	109	122	136	150	164	178	192	206	220	234	247	261	275	289	303	317	331	0
累積収支	-273	-861	-1,996	-3,420	-4,338	-4,749	-4,654	-4,546	-4,423	-4,287	-4,137	-3,973	-3,795	-3,603	-3,397	-3,177	-2,944	-2,697	-2,435	-2,160	-1,874	-1,577	-1,270	-952	0

パターン2(民設民営・陽子線)20年 (単位:百万円) 投資を回収するには 841 人必要。

項目	年度	設計期間			運営期間																				合計
		-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
診療報酬	0	0	0	0	492	985	1,477	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	45,383
収入合計	0	0	0	0	492	985	1,477	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	2,496	45,383						
人件費	0	0	234	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	9,603
施設整備関連費用	0	0	0	832	832	832	832	815	797	779	760	741	721	701	680	658	636	613	590	565	540	514	488	462	13,927
維持管理費	0	0	0	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	9,400
光熱水費	0	0	0	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	2,588
借地料	0	0	0	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	2,923
公租公課	0	0	0	366	107	106	104	103	102	100	126	258	264	271	277	284	292	299	307	315	323	331	340	349	4,675
費用合計	0	0	234	2,412	2,153	2,152	2,150	2,132	2,113	2,093	2,101	2,213	2,200	2,186	2,171	2,157	2,142	2,126	2,110	2,094	2,077	2,060	2,042	2,025	43,116
単年度収支	0	0	-234	-1,920	-1,168	-675	346	364	383	402	395	283	296	310	324	339	354	370	386	402	419	436	454	471	2,267
累積収支	0	0	-234	-2,154	-3,322	-3,997	-3,651	-3,287	-2,904	-2,502	-2,107	-1,824	-1,528	-1,218	-893	-554	-200	170	555	957	1,376	1,812	2,267	2,711	-

パターン3(公設公営・重粒子線)20年 (単位:百万円) 収支がゼロになるには 712 人必要。

項目	年度	設計期間			運営期間																				合計
		-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
診療報酬	0	0	0	0	578	1,157	1,735	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	2,314	42,802
収入合計	0	0	0	0	578	1,157	1,735	2,314	42,802																
人件費	0	0	226	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	9,247
施設整備関連費用	273	677	1,093	1,076	1,059	1,043	1,026	1,009	993	976	959	943	926	909	892	876	859	842	826	809	792	775	758	741	18,955
維持管理費	0	0	0	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	11,600
光熱水費	0	0	0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	3,000
費用合計	273	677	1,318	2,257	2,240	2,224	2,207	2,190	2,174	2,157	2,140	2,124	2,107	2,090	2,074	2,057	2,040	2,023	2,007	1,990	1,976	1,961	1,947	1,933	42,802
単年度収支	-273	-677	-1,318	-1,679	-1,084	-489	107	123	140	157	173	190	207	223	240	257	273	290	307	324	341	358	375	392	-0
累積収支	-273	-950	-2,268	-3,947	-5,030	-5,519	-5,412	-5,289	-5,149	-4,992	-4,819	-4,629	-4,423	-4,199	-3,959	-3,702	-3,429	-3,139	-2,832	-2,508	-2,171	-1,823	-1,466	-1,100	-0

パターン4(民設民営・重粒子線)20年 (単位:百万円) 投資を回収するには 871 人必要。

項目	年度	設計期間			運営期間																				合計
		-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
診療報酬	0	0	0	0	578	1,157	1,735	2,314	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	51,048
収入合計	0	0	0	0	578	1,157	1,735	2,314	2,829	51,048															
人件費	0	0	226	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	9,247
施設整備関連費用	0	0	0	1,028	1,028	1,028	1,028	1,008	987	966	944	921	898	873	848	823	796	769	741	712	683	652	621	589	17,357
維持管理費	0	0	0	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	11,600
光熱水費	0	0	0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	3,000
借地料	0	0	0	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	2,923
公租公課	0	0	0	468	137	135	133	132	130	128	126	124	122	120	118	116	114	112	110	108	106	104	102	100	5,411
費用合計	0	0	226	2,823	2,492	2,491	2,489																		

(4) 粒子線治療施設へのアンケート結果

	陽子線 筑波大学 陽子線医学利用研究センター	陽子線 静岡県立静岡がんセンター	陽子線 福井県立病院 陽子線がん治療センター	陽子線（整備中） 名古屋陽子線治療センター	重粒子線（整備中） 神奈川県立がんセンター	重粒子線（整備中） 九州国際重粒子線 がん治療センター
需要見込（概数）	300～400人/年	400人/年 ※1	400人/年	800人/年（設定目標）	2,446人/年（基本構想時） ※2	1年目200人/2年目400人/3年目650人/4年目800人（先行施設の実績を基に推計した目標患者数）
延床面積	5,278㎡	4,792㎡	5,900㎡	5,623㎡	約7,000㎡（計画段階）	7,512㎡
建築面積	2,142㎡	2,687㎡	2,646㎡	3,150㎡	約3,000㎡（計画段階）	4,641㎡
敷地面積	—	—	—	47,353㎡（クオリティライフ21城北全体）	37,425㎡（新病院全体）	11,239㎡
治療室数	2室	3室	3室	3室（固定照射室1室、ガントリ照射室2室）	4室	2室（開院時）/ 3室（安定稼動時）
照射ビームライン数	4ポート（実験用2ポート）	3ポート	3ポート	3ポート	6ポート（水平4ポート、垂直2ポート）	4ポート（開院時）/ 6ポート（安定稼動時）
治療可能人数	350人/年	—	—	800人/年（最終目標）	880人/年（基本構想後の検討により変更）	800人/年（安定稼動時）
医療スタッフ数 ※3	24名	10名	17名	48名	33名（基本構想時）	18名（開業時）/ 32名（安定稼動時）
技術スタッフ数 ※3	4名	5名	—	12名	9名（基本構想時）	検討中

※1 推定時における対象部位のうち実際の治療対象としていないものがあり、治療実績人数は推定値を下回っている。

※2 神奈川県内の適応患者数推計（平成20年7月時点）。

※3 非常勤スタッフ、外部委託スタッフ数は含まれている。複数の役割や他部門との兼任のため、人数としてカウントしていない場合がある。

(5) 粒子線装置メーカー4社へのアンケート結果

	A社 陽子線	B社 陽子線	C社 陽子線	陽子線の 平均・傾向等	D社 重粒子線	E社 重粒子線	F社 重粒子線	重粒子線の 平均・傾向等
治療室数	1~4室	3室	3室	3室	4室	4室	3室	4室 (回答は陽子線より1室多い)
照射ビームライン数	1~4ライン	3ライン(ガントリー2、固定1)	3ライン	3ライン	6ライン	6ライン	4ライン	6ライン (回答は陽子線より3ライン多い)
治療装置整備費	約30~60億円	約45~50億円 (施設整備全体では約70~80億円)	約50億円	約50億円	約100億円前後 (施設整備全体では約130~150億円)	約75億円(施設により変動)	約100~120億円	約95億円 (陽子線よりも高いが室数の違いを考慮する必要がある)
治療装置維持管理費	約2~3億円/年	約4~5億円/年	約5億円/年	約4億円	約4~5億円/年(陽子線より約1割増)	約3億円(施設により変動)	約10~12億円/年	約6億円 (陽子線よりも高いが室数の違いを除くと1割程度の増加)
治療装置の耐用年数	約30年(適切な保守点検作業、構成機器の経年化対策を行うことが前提)	約20年(メンテナンスにより30年以上)	約20年(現状実績) (規定の保守が前提)	20~30年	約20年(メンテナンスにより30年以上)	約30年	約20年(現状実績) (規定の保守が前提)	20~30年 (陽子線と同様)
建設スケジュール(内訳)	約25~37ヶ月	約3~4年	約3年 (照射門数と新規設計有無により変わる)	約3~4年	約3~4年	約3年	約3.5~4年 (照射門数と新規設計有無により変わる)	約3~4年 (陽子線よりも半年程度長い)
粒子線治療装置の他に必要 大型機器(MRI、CT、PET、 超音波診断装置等)	【必須】 治療計画用CT 【必須ではない】 MRI、PET-CT、超音 波診断装置、治療室内 CT装置、ポータス、 コリメータ製作用工作 機械	MRI、CT、PET、超音 波診断装置	【必須】 CT、3次元測定器 【必須ではない】 MRI、PET、3次元測 定器の加工器		MRI、CT、PET、超音 波診断装置	MRI、CT、PET、超音 波診断装置	【必須】 CT、3次元測定器 【必須ではない】 MRI、PET、3次元測 定器の加工器	MRI、CT、PET、超音 波診断装置 (陽子線と同様)

最先端がん医療施設整備検討委員会

1. 委員名簿（五十音順・敬称略）

氏名	役職	専門分野
小川 和彦	大阪大学大学院医学系研究科 教授	放射線治療学
亀井 了	兵庫県立粒子線医療センター 事務部長	病院経営
西山 謹司	大阪府立成人病センター 副院長	放射線治療学
村上 健	放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター 国際重粒子医科学研究プログラム プログラムリーダー	物理工学

2. 開催経過

第1回最先端がん医療施設整備検討委員会

◆日時：平成24年5月31日（木）午前10時30分～午後0時30分

◇場所：大阪赤十字会館 302会議室

◇出席委員

小川和彦委員 亀井了委員 西山謹司委員 村上健委員（50音順）

◇議題

- 1 委員長等の選任について
- 2 最先端がん医療施設の検討について

◇資料

資料1-1：粒子線治療等最先端がん医療施設整備の検討

資料1-2：施設整備の候補地

資料2：最先端のがん治療（粒子線治療等）について

資料3：最先端のがん医療について

資料4-1：粒子線がん治療装置の安全性

資料4-2：粒子線がん治療施設の安全性

資料5：民間の装置メーカーへのアンケート結果

資料6：最先端がん医療施設 整備検討委員会 設置要綱

第2回最先端がん医療施設整備検討委員会

◇日時：平成24年7月17日（火）午前10時30分～午後0時30分

◇場所：大阪赤十字会館 401 会議室

◇議題

最先端がん医療施設の検討について

(1) BNCT の現状、今後について

(2) 粒子線施設整備・運営について

◇出席委員

小川和彦委員長 亀井了委員 西山謹司委員 村上健委員(50音順)

◇資料

資料1 : 対象患者数の推計

資料2 : 粒子線治療施設の検討

資料3 : 施設運営上の課題

参考資料 : 第1回検討委員会での主な意見等

第3回最先端がん医療施設整備検討委員会

◇日時：平成24年8月2日(木)午前10時30分～午後0時30分

◇場所：大阪赤十字会館 302 会議室

◇議題

最先端がん医療施設の検討について

①粒子線施設整備・運営にかかる収支について

②報告書案について

◇出席委員

小川和彦委員長 亀井了委員 西山謹司委員 村上健委員(50音順)

◇資料

資料1 : 粒子線施設整備・運営にかかる収支について

資料2 : 最先端がん医療施設整備検討委員会報告書素案

参考資料 : 第2回検討委員会での主な意見等

◆本報告書の取りまとめにあたり、引用又は参考とした資料

- ・独立行政法人放射線医学総合研究所パンフレット
- ・九州国際重粒子線がん治療センターパンフレット
- ・熊取町ホームページ
- ・(財)医用原子力技術研究振興財団ホームページ
- ・(独)国立がん研究センターがん対策情報センターホームページ
- ・大阪府におけるがん登録 第74報
- ・大阪府人口動態統計データ
- ・粒子線がん治療の普及に向けて(平成16年12月15日)

