

体にやさしい究極のがん治療

ホウ素中性子捕捉療法

Boron

Neutron

Capture

Therapy



Boron Neutron Capture Therapy

体に負担の少ない、 患者にやさしい治療を探して



ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)は、
がん細胞をピンポイントで破壊する、
身体への負担が少ない
最先端の放射線がん治療法です。

1	ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)とは	03
2	治療原理	04
3	従来の放射線治療との違い	07
4	対象となる主ながん	09
5	治療の流れ	11
6	治療の適応条件	13
7	副作用	14
8	インフォームドコンセントと費用	14
9	医療機関と窓口	15
10	照射施設	16
	・発刊にあたって	17



1 ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT-Boron Neutron Capture Therapy) とは

エネルギーの低い中性子と、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、身体への負担が少ない最先端の放射線がん治療法です。

外科手術やX線等による治療が難しい、正常組織に浸潤したがん特に効果的な治療法です。

現在は臨床研究の段階です。

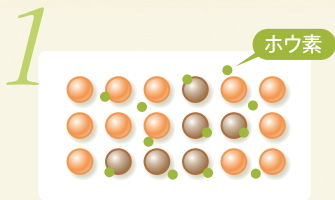
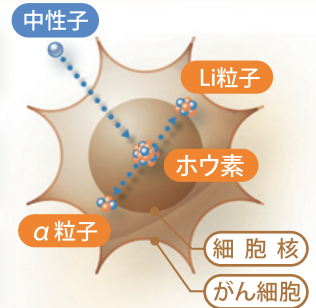
臨床研究とは、実際に患者さんを対象として新しい治療法の効果と安全性を科学的に評価するために行われる研究のことです。

- 従来の放射線治療よりも副作用が少なくなります
- 正常細胞とがん細胞の混在するがんにも効果を発揮します
- 体の弱った方や高齢の方にもやさしい治療です
- 原則1回の照射で完了します
- 生活の質(QOL:Quality of Life)の維持が期待されます

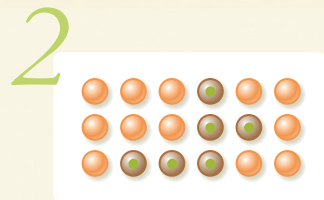
治療の原理

BNCTは、がん細胞に取り込まれたホウ素と中性子との核反応により発生する粒子線(α 粒子、 ${}^7\text{Li}$ 粒子)を利用した治療法です。

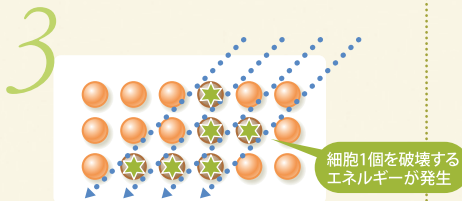
- ① ある種のホウ素の化合物は、あらかじめ体に点滴すると、がん細胞に非常によく集まる性質があります。
- ② ホウ素はエネルギーの低い中性子(熱中性子)を捕まえて核反応を起こし、粒子線を出します。
- ③ ホウ素が集まったがん細胞に中性子を当てると、核反応により発生した粒子線が、がん細胞を死滅させます。



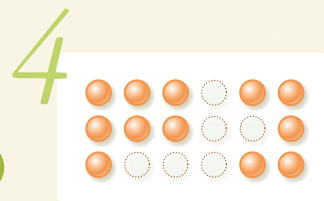
ホウ素化合物を
点滴によって投与する



がん細胞だけがホウ素化合物を
取り込んでいく



中性子線を照射することでがん細胞内で
熱中性子とホウ素との間で核反応が生じ
粒子線が発生する

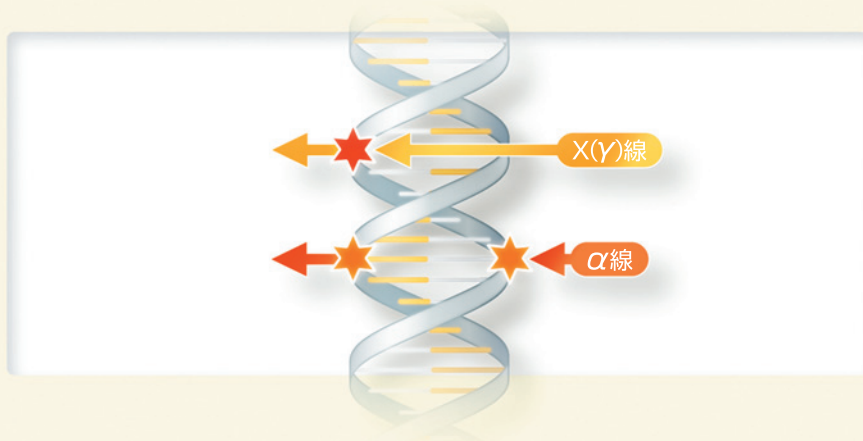


ホウ素化合物を取り込んだ
がん細胞だけが選択的に破壊される

正常な細胞はDNAによって細胞分裂の周期が決められていて、一定以上に増殖が行われないよう制御されています。しかし、何らかの原因で増殖を制御する機構が壊れてしまうことがあります。その結果、無秩序に増殖をくり返す異常な細胞ができます。これが「がん細胞」です。

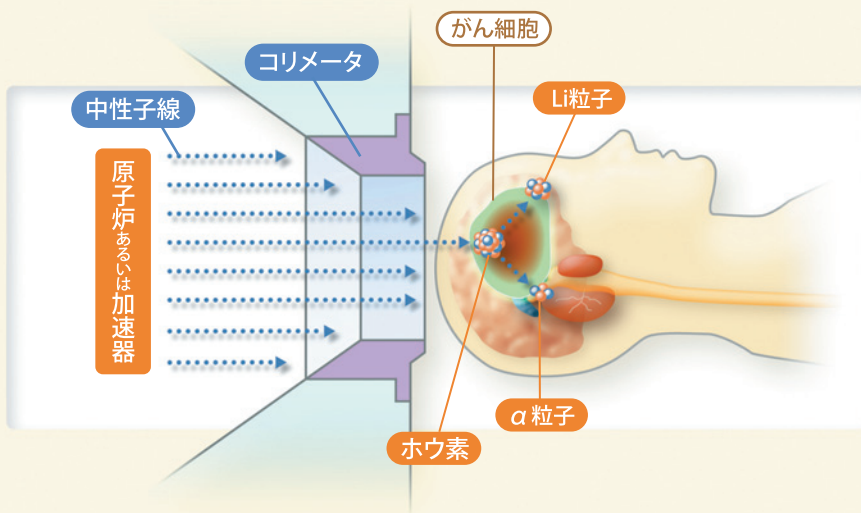
がん細胞のDNAを破壊することによって増殖を阻止することができます。

DNAは2本の鎖の構造をしています。放射線があたると細胞内のDNAに損傷が起こります。X(γ)線は1本の鎖を切断しますが、DNAが修復され、再発する可能性が高くなります。一方α線は2本の鎖を切断します。2本の鎖が切断されるとDNAは修復ができなくなるため、がん細胞は死滅します。



BNCTの照射と治療(脳腫瘍)のしくみ

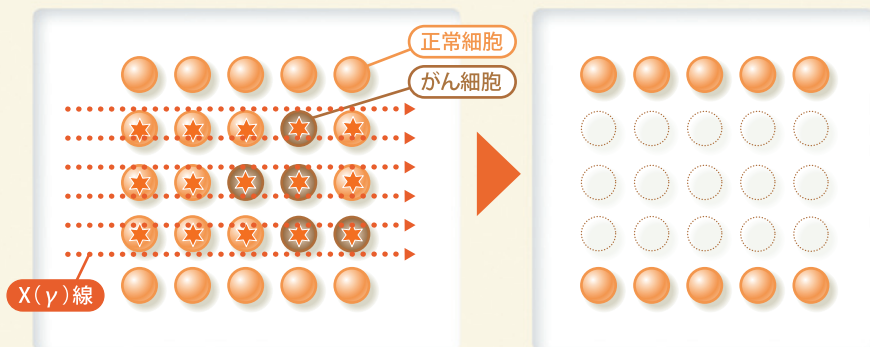
BNCTはホウ素化合物を体内に注入し、がん細胞に集め、これに熱中性子を照射することによって発生する α 粒子とLi粒子でがん細胞を選択的に破壊して治療するものです。



3 従来の放射線治療との違い

● 従来のX(γ)線を使った放射線治療

がんの周辺ではがん細胞と正常組織は混在しています。X線など従来の放射線治療では、根治治療を行おうとすれば正常組織を含む広い範囲に大量の放射線照射が必要で、正常組織も傷つき、それが副作用につながります。(正常細胞、がん細胞の混在した領域すべてがターゲットとなり、正常細胞、がん細胞を区別してがん細胞のみを選択的に破壊することはできません。)

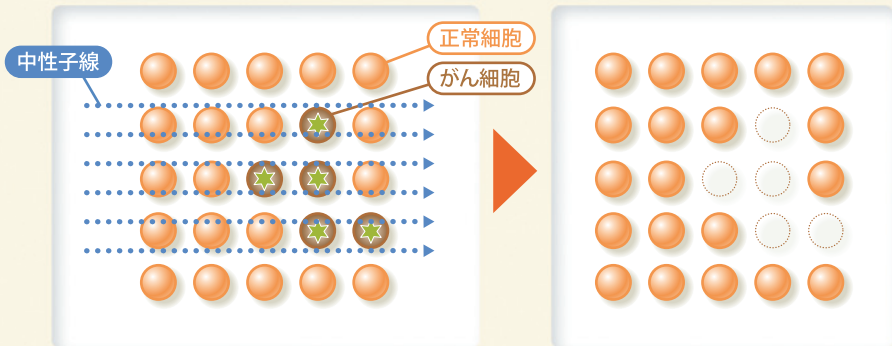


X(γ)線の場合

● ホウ素中性子捕捉治療(がん細胞選択的治療)

がん細胞に集積したホウ素と中性子の核反応で発生する α 粒子とLi粒子は、発生してから止まるまでの距離(飛程)が短く、どちらも隣の正常細胞には届きません。そのため、ホウ素中性子捕捉療法は「がん細胞選択的治療」ともいわれています。従来のX線、 γ 線照射では、治療効果ががんの放射線感受性*に大きく左右されますが、中性子捕捉療法における α 粒子は放射線感受性に左右されず、放射線抵抗性がんにも効果を発揮します。

BNCTにはエネルギーの低い中性子線を用いるため、正常組織(細胞)にはほとんどダメージを与えません。



BNCTの場合

*放射線感受性とは

身体の組織や臓器によって、放射線が及ぼす影響度は異なります。この影響度の違いのことを放射線感受性といいます。細胞分裂や増殖が盛んな組織や未熟な細胞(造血組織、生殖腺、皮膚など)ほど影響を受けやすく、放射線に対する感受性が高くなります。

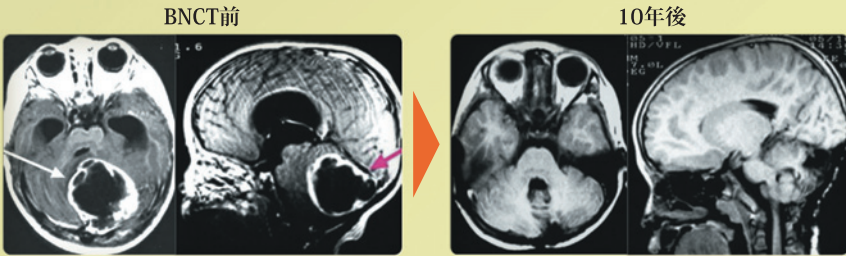
対象となるがん

脳腫瘍、頭頸部癌、肝臓癌、肺癌、中皮腫、骨・軟部肉腫、皮膚癌

主な治療例

● 悪性脳腫瘍

脳腫瘍治療の例（香川小児病院中川義信先生提供）



女児。小脳星細胞種グレードIII、BNCT後10年目に行われたMRIでは腫瘍は完全に消失しており、現在（2011年）まで再発も認められない。

● 頭頸部癌

頭頸部癌（耳下腺癌）治療の例（大阪大学歯学部加藤逸郎先生提供）



女性。手術、放射線治療、化学療法後の再発進行例、3回の分割照射を実施。腫瘍は縮小・消失し正常な皮膚で被覆された。

● 皮膚癌

右足底部の悪性黒色腫治療の例（川崎医科大学平塚純一先生提供）

BNCT前



BNCT4ヶ月後

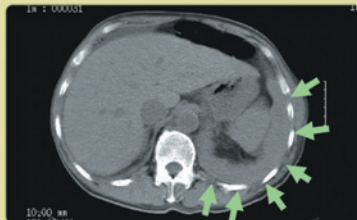


女性。皮膚生検にて悪性黒色腫ステージIAと診断され、BNCTを施行した。

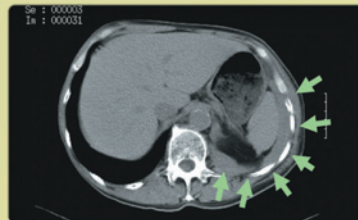
● 肺癌 中皮腫

中皮腫治療の例（京都大学小野公二先生提供）

BNCT5日後



BNCT1週間後



男性。アスベストによる中皮腫。治療前は腫瘍が肋骨をはみ出すまでに拡大していた。治療後、腫瘍は縮小し、モルヒネを必要とする痛みが数日で消滅した。

5 治療の流れ

1

指定の病院で受診します。
その際、すでに治療を受けている医療機関の紹介状、
検査結果(検査データ、フィルム)をご用意ください。

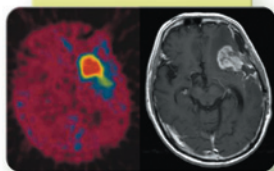
2

インフォームドコンセントにより、患者さんが
治療の内容を理解したことを確認します。

3

PET検査を行い、病巣部へのホウ素
集積濃度を調べます。
病巣部のホウ素濃度が周辺正常組織の
何倍の集積があるかを確認します。

BPA-PETによる
薬剤集積と治療効果判定
(大阪医科大学
宮武伸一先生提供)

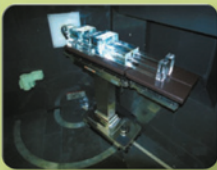


4

腫瘍部に効率良く中性子を当てるための
器具(コリメータ)を患部の形にあわせて、
あらかじめ作成します。

5

人体模型（ファントム）とコリメータを用いて、原子炉で予備的な計測を行い、適切な放射線の量、照射の方向、体位の固定の仕方などを検討します。



6

治療の数時間前に、ホウ素薬剤の点滴を受けます。

治療室
（日本原子力
研究開発機構）



7

患者さんを最適な照射体位に固定した状態で治療を開始します。
照射時間は30～90分です。



8

経過観察のため、入院します。（二週間程度）

6 治療の適応条件

- 手術ができない進行悪性腫瘍、または標準治療では治療効果が期待できない再発悪性腫瘍。
- 脳腫瘍の場合は
 - ・ 初発例でまだ放射線治療をうけていないもの。
 - ・ 再発例では通常の放射線治療を受けた後に一定期間を経て再発したもの。
- 治療対象部位が、皮膚からの深さが6cm以内で、最大の幅が10cm以下のもの。
- 転移がない、あるいは転移があったとしても、治療によって延命あるいはQOLの改善が期待できる。
- 原則として85歳以下で、90分間静止状態を保てる(治療施設までの移動と治療を安全に行うため)。
- 腫瘍へのホウ素取り込みが正常組織に比べ多いこと。

適応条件は、施設や部位、症状によって違いがありますので、十分説明を受けてください。



7 副作用

- 投与する薬剤そのものにはほとんど副作用はありません。
- 治療による痛みや熱さはありません。
- 必要な場所以外には中性子があたらないようにコリメータを使いますが、中性子を当てる部分に含まれる腫瘍周囲の皮膚には放射線があたります。そのため、治療後に脱毛や炎症を生じる可能性があります。わずかな色素沈着を残して治ります。
- 放射線によって、白血球数が少なくなることがありますが、従来の抗癌剤による治療よりもずっと軽度です。

腫瘍の部位や種類によって症状が異なる可能性がありますので、事前に医師と話し合っ、良く理解したうえで治療を受けるかどうかを決めることが大切です。

8 インフォームドコンセントと治療費用

● インフォームドコンセント

それぞれの施設において、倫理委員会の承認を得て臨床研究がなされており、患者さんの不利益にならないように配慮されています。

● 治療費用

現在、この治療法は臨床研究であり、保険適応はありません。

原則的に臨床研究にかかる費用は研究費でカバーされますが、治療以外にかかる費用(施設までの交通費等)は自己負担となります。

医療機関と窓口

下記の施設にお問い合わせください。

医療機関	適応症例	治療医	連絡先	所在地
筑波大学 脳神経外科 放射線腫瘍科	脳腫瘍 頭頸部癌	山本哲哉 松村 明 奥村敏之 中井 啓	(029) 853-3220	〒305-8575 茨城県つくば市天王台1-1-1
京都大学 原子炉実験所 粒子線腫瘍学 研究センター	脳腫瘍 頭頸部癌 肝臓癌 肺癌 中皮腫 骨・軟部肉腫など	小野公二 増永慎一郎 鈴木 実 近藤夏子	(0724) 51-2475	〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西2
大阪医科大学 脳神経外科	脳腫瘍	宮武伸一 川端信司	(072) 683-1221	〒569-8686 大阪府高槻市大学町2-7
徳島大学 脳神経外科	脳腫瘍	影治照喜 溝渕佳史	(088) 633-7149	〒770-8503 徳島県徳島市蔵本町2-50-1
香川小児病院 脳神経外科	脳腫瘍	中川義信	(0877) 62-0885	〒765-8501 香川県善通寺市善通寺町2603
大阪大学 第二口腔外科	頭頸部癌	加藤逸郎	(06) 6879-2941	〒565-0781 大阪府吹田市山田丘1-8
川崎医科大学 放射線科 (治療)	頭頸部癌 皮膚癌	平塚純一 栗飯原輝人 牧野英一	(086) 462-1111 (代)	〒701-0192 岡山県倉敷市松島577

(敬称略)

10 照射施設

現在、中性子捕捉療法に用いられる中性子は
研究用原子炉からしか得られません。
加速器による中性子捕捉療法も研究中で、
将来的には病院内での治療も計画されています。
現在国内でBNCTに用いられている
照射施設は2施設です。

- 日本原子力研究開発機構 (茨城県東海村)
- 京都大学原子炉実験所 (大阪府熊取町)



発刊にあたって (安成弘氏記念事業として)

ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)とは1968年故畠中坦先生(東京大学脳神経外科)がアメリカ留学でその基礎を学び、帰国後に開始した治療法で、原子炉から取り出した熱中性子をホウ素(ボロン-10)と反応させ、発生した α 粒子を用いて悪性脳腫瘍を治療するという非常に独創的な方法です。

故安成弘先生(平成21年没)は初期の研究段階より専門分野(東京大学原子力工学施設教授)を生かし、医療用照射技術あるいは医療用原子炉の開発に向けて研究の一翼を担い、臨床と基礎研究を融合させ、治療成績の向上が図られました。残念ながら当時は国内外からの患者さんの受け皿がなく、安先生と畠中先生が中心的役割を果たし、当財団の設立にこぎ着けることができました。安先生は当財団設立後もBNCTのさらなる発展を願い、常任理事として長年にわたり重要な役割を果たして来られました。

この度、安先生の志を生かし、悪性腫瘍で悩む患者さんにとって少しでもお役に立つことを祈り、安成弘記念事業の一環としてBNCTの治療法や対象となる疾患、あるいは窓口となる医療施設、治療の問合せ先等を取りまとめたパンフレットを作成することとなりました。

BNCTを患者さんや国民の方々に広く知っていただくことは、安先生の業績を永遠に残すことでもあり、我々関係者にとっても大きな喜びであります。

—本パンフレットが悪性腫瘍に苦しまれる患者さんにとって一筋の光となることを願ってお届けいたします—



故安成弘博士
東京大学名誉教授
当財団常務理事

中性子捕捉療法推進特別委員会
委員長 中川 義信

発行者： 財団法人 医用原子力技術研究振興財団

監 修： 財団法人 医用原子力技術研究振興財団
中性子捕捉療法推進特別委員会

発行：平成23年5月

【事務局・連絡先】

・財団法人 医用原子力技術研究振興財団 調査部

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-8-16 第2升本ビル4F

Tel. 03 (3504) 3961 Fax. 03 (3504) 1390

E-mail : info@antm.or.jp

URL : <http://www.antm.or.jp>

体にやさしい究極のがん治療
ホウ素中性子捕捉療法