

## 放射線治療最近の進歩と島根県の現状

うち だ のぶ え もり やま まさ ひろ かわ ぐち あつ や  
 内 田 伸 恵 森 山 正 浩 川 口 篤 哉  
 よこ かわ まさ き いけ だ しん  
 横 川 正 樹 池 田 新

キーワード：がん，放射線治療，高精度放射線治療，小線源治療，  
 がん診療連携拠点病院

### 要 旨

がんの放射線治療の歴史は100年余であるが，最近ではコンピュータ技術の進歩に伴い照射技術が格段に向上した。これにより，副作用が少なく局所制御率の良好な高精度放射線治療が可能となりつつある。島根大学病院も1981年の開院直後より放射線治療を開始し，経験と症例を重ねてきた。その間，装置の更新と最新治療の導入に加え，放射線治療を専門とする診療科の開設など，より良い放射線治療を提供する体制を整えてきた。前立腺がんのヨウ素シード永久挿入療法，定位放射線治療や強度変調放射線治療（IMRT）の開始，特殊なアイソトープ治療などである。一方で島根県で放射線治療の専門的医療者は不足しており，県内の地域格差も大きい。本稿では放射線治療の概略と島根大学病院および島根県での現状と課題を紹介する。

### はじめに

1895年，レントゲン博士が放射線（X線）を発見したが，翌年には放射線をがん治療に応用する試みがなされたとされる。それ以来がんの放射線治療は100余年の歴史を刻んでいる。

現在では，放射線治療は，手術，薬物療法と並ぶ「がん治療の3本柱」と称されている。日本ではがん患者のうち放射線治療を受ける人の

割合は20%程度とされているが，これは欧米の50-60%の半分以下である。その理由として日本人に胃がんなど放射線治療が適応となりにくい種類のがんが多かったこと，放射線治療装置の整備の遅れ，放射線治療医や技術者が欧米に比べ極端に少ないこと，放射線被曝に対する国民の恐怖感などが考えられている。

今後，人口のさらなる高齢化，放射線治療が適したがん（肺がん，前立腺がん，乳がんなど）の増加，医療情報の普及などにより，日本でも放射線治療の適応が広まると予測されている。放射線治療は近い将来特殊な治療ではなくなると考えら

Nobue UCHIDA et al.

島根大学医学部がん放射線治療教育学（放射線治療科）

連絡先：〒693-8501 出雲市塩冶町89-1

れ、より多くの医療従事者が放射線治療に関する基礎知識を持つことが必要である。

本稿では放射線治療の概略と当院で最近開始した新しい放射線治療法を紹介し、島根県における放射線治療の現状と課題についても触れる。

### 放射線治療とは

がん治療には局所療法と全身療法があるが、放射線治療は手術と並ぶ局所治療である。このため、効果も有害事象（副作用）も治療した部位に出現する。

#### 1. 作用機序

放射線治療の作用機序は、主に細胞中のDNAを損傷させて分裂死を起こすことによる。正常細胞も同時に照射されるとDNA損傷を受けるが、腫瘍細胞に比べて損傷からの回復力が大きいいため、結果的に腫瘍のみが縮小していく。

#### 2. 放射線治療の特徴

- 1) 腫瘍の発生した臓器を切除しないため、機能と形態を温存した治療が可能である。
- 2) 低侵襲な治療であり、高齢者や合併症を有し手術困難な場合でも施行可能である。



図1-a 外部放射線治療装置（リニアック）

- 3) 組織型により効果が異なる。
  - 4) 腫瘍周囲の正常組織にも放射線が照射されるため、正常組織の放射線障害の可能性の多寡により治療が制限される。
- などが放射線治療の特徴として挙げられる。

#### 3. 放射線治療の方法

大きく分けて、1) 外部照射、2) 小線源治療、3) アイソトープ治療（内用療法）がある。

##### 1) 外部照射

リニアックなどの治療装置で発生させたX線や電子線を体外から病巣に照射する（図1）。粒子線治療も外部照射の一種であるが、大規模な施設を必要とする。

##### 2) 小線源治療

腫瘍病巣に直接小線源を挿入して直接照射をおこなう。病巣の部位や大きさにより適用が限定されるが、病巣局所に効率的に放射線を照射することができ、非常に有用である。外部照射と小線源治療を併用することも多い。

##### 3) アイソトープ治療（内用療法）

アイソトープ（放射線同位元素）を注射や内服で体内に投与し、体内から照射をおこなう。アイソトープが腫瘍部分に特異的に集積し、そ

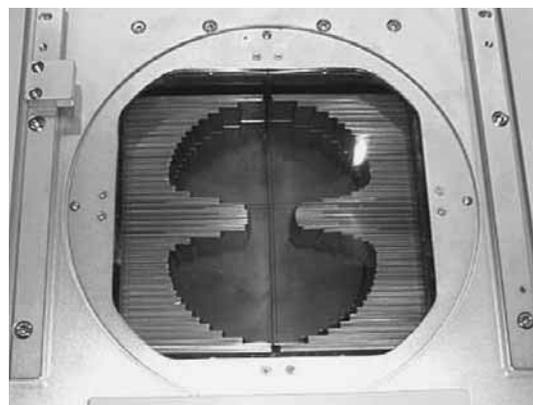


図1-b マルチリーフコリメータ

こから数 mm しか到達しない放射線を出すため、腫瘍に限局した治療が可能である。現在、甲状腺疾患（バセドウ病，甲状腺癌），骨転移，悪性リンパ腫などで施行可能である。

#### 4. 放射線治療の適応疾患 (図2)

殆どのがん腫が放射線治療の適応となりうるが、組織型により放射線への反応性が異なる。

##### 1) 放射線治療単独で根治が望める

1 期の舌がん，喉頭がんなどを代表とする頭頸部腫瘍，食道がん，非小細胞肺癌，前立腺がん，子宮がんなどいずれも病巣が限局期であるもの

##### 2) 化学療法と併用で根治が望める

局所進行期（おおむね臨床病期 2 - 3 期）の多くのがん，1 - 2 期のリンパ腫など

##### 3) 手術と放射線，あるいは抗がん剤も組み合わせおこなうのが標準治療

局所進行期（おおむね臨床病期 2 - 3 期）の多くのがん。

##### 4) がんの進行に伴う症状緩和目的で適応となる骨転移，脳転移，神経圧迫症状，腫瘍による出血や狭窄症状

#### 島根大学病院における放射線治療

島根大学病院では1981年の開院直後より放射線治療を開始し，経験と症例を重ねてきた。その間，装置の更新と最新治療の導入に加え，放射線治療科の開設など，より良い放射線治療を提供する体制を整えてきた。通常的外部照射の他に高精度放射線治療，小線源治療，アイソトープ治療の全てが可能である。

##### 1. チーム医療

現在，島根大学病院放射線治療科では5名の放

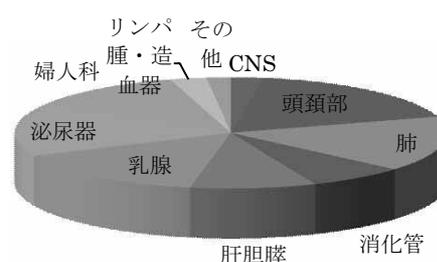


図2 島根大学病院放射線治療患者の原発病巣別割合 (2008年度 363名)

射線治療の専門医が適応の決定，治療計画，治療経過のチェックなどの診療にあたっている。放射線治療は医師だけでは施行困難であり，放射線治療装置を操作して実際の照射をおこなう診療放射線技師，看護師，がん相談員など多職種が関わるチーム医療である。近年放射線治療は非常に高精度化しており，医療機器の安全管理や治療の精度管理の専門家の役割が大きくなっている。当院では医学物理士や放射線治療品質管理士の資格を有する者がこれらの業務にあたっている。

##### 2. 新しい放射線治療技術

外部照射装置（リニアック）2台と小線源治療装置2台，放射線治療専用CT1台を保有する。

##### 1) 高精度放射線治療

従来は，外部照射装置から出る放射線ビームは矩形のみの形状であった。現在では，ビームの出口のところで，左右から対になった5mm幅の鉛の遮蔽物（マルチリーフコリメータ）をコンピュータ制御で出し入れすることにより，腫瘍の形状にあった照射野を作ることができる（図1）。このなかで特殊な高精度治療として（a）定位放射線治療，（b）強度放射線治療がある。

##### （a）定位放射線治療 (図3)

細い放射線ビームを病変の形状に正確に一致

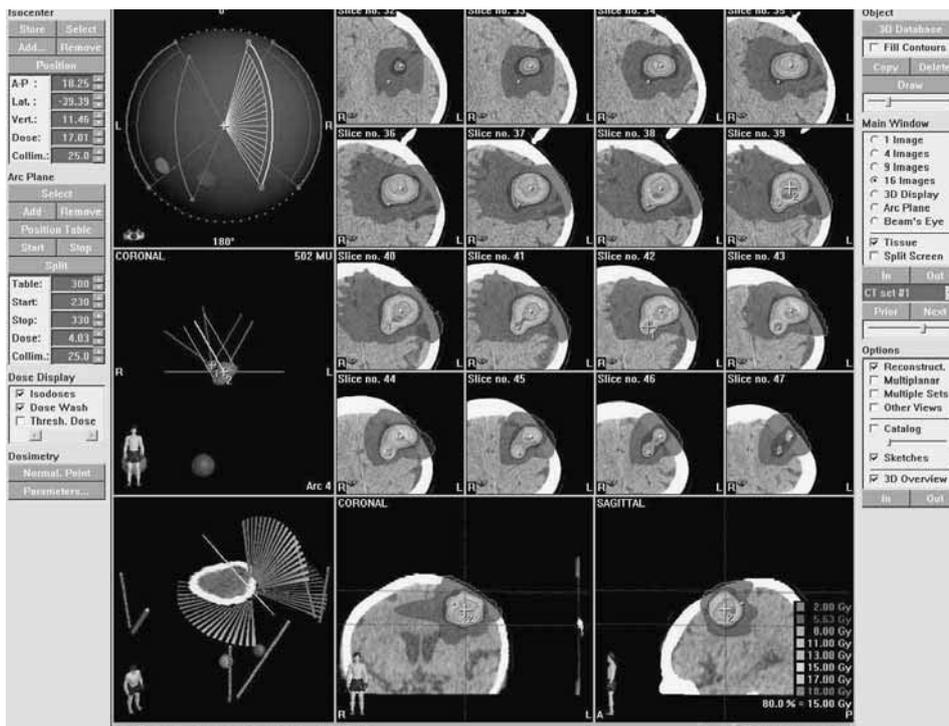


図3 転移性脳腫瘍に対する定位照射の1例

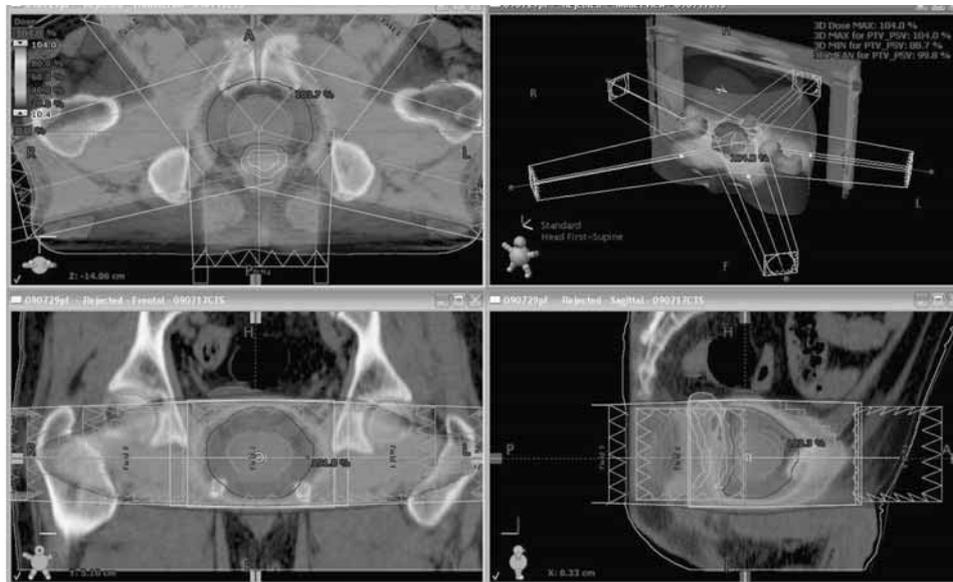


図4 前立腺がんの強度放射線治療 (IMRT) の1例

させて多方向からピンポイント的に集中照射する方法である。ガンマナイフは定位放射線治療の代表であるが、外部照射装置のX線でガンマナイフと同じように脳腫瘍を治療できるほか、

小さな肺がんや肝臓がんにも適応がある。特に1-2期の非小細胞肺がんは国内多施設研究で手術と遜色ない良好な治療成績を得ている。

(b) 強度放射線治療 (IMRT) (図4)

コンピュータで放射線ビームに複雑な強弱をつけ、病巣の形に適した照射をおこなう。コンピュータが何千・何万通りの照射法の中から最適な方法を算出して治療計画（インバースプラン）をおこなう。そしてマルチリーフコリメータをコンピュータ制御することにより計算結果どおりの照射をおこなうことができる。周囲正常組織への照射を減らすことができるため副作用が減り、結果として、より多くの放射線を腫瘍に照射することが可能となり、治療成績の向上が望める。2008年4月より、中枢神経、頭頸部、前立腺の原発性腫瘍に対するIMRTが保険適応となった。放射線治療専門医の人数や経験、品質管理を担当する技術者（医学物理士等）と治療専任の診療放射線技師や測定器が必要ななど治療施設の認定基準が定められている。

## 2) 小線源治療

### (a) 後充填式遠隔操作法（ラルス）

放射線同位元素が封入された小線源が入る器具（アプリケーション）を、あらかじめ腫瘍内あるいは体腔内に挿入しておき、遠隔操作で中に小線源を送り込み一定時間留置する治療法である。主に舌がんなどの口腔内腫瘍や子宮がん、食道がんなどが適応となる。特に子宮頸がんは良い適応で、骨盤部全体への外部照射と小線源治療を併用することにより治療効果が高い。

### (b) 前立腺がんのヨウ素シード永久挿入療法

転移や浸潤のない前立腺がんに対して、小線源（長さ：約4.5 mm，直径：約0.8 mm，シード）を50～100個ほど前立腺内に永久的に挿入して直接放射線を照射する（図5）。手術と同等の治療効果が得られるうえ、副作用は少なく入院期間も3日間である。当院では2005年11月山陰地方で初めて導入し、既に150例以上の治

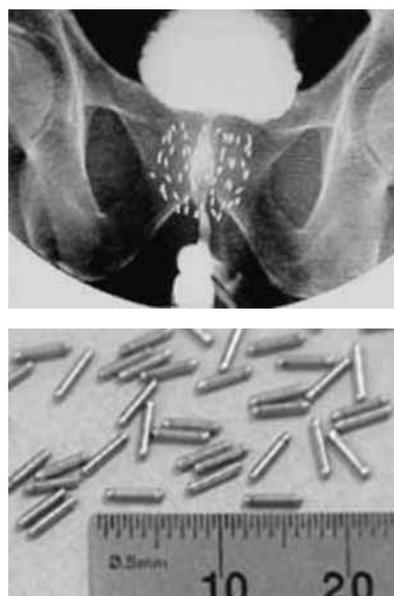


図5 前立腺がんのヨウ素シード永久挿入療法の1例

経会陰的に前立腺内に小線源（シード）を約50個挿入留置している。挿入直後の膀胱造影写真と小線源（日本メジフィジックス社提供資料）

療実績があり、良好な成績を収めている。

## 3) アイソトープ治療（内用療法）

当科では、甲状腺疾患に対するヨウ素-131内服療法、骨転移の疼痛治療に対する塩化ストロンチウム-89（メタストロン®）治療、そして特殊な悪性リンパ腫に対するイットリウム-90（ゼヴァリン®）による放射性免疫療法が可能である。1回の注射やカプセルの内服で投与するので、患者負担も少ない。いずれも保険適応で、適切な管理指導のもとでおこなえば侵襲が低く有効な治療である。

### (a) ヨウ素-131

主に甲状腺がんの肺や骨への多発転移の状態が主な適応で、内服後約3日間の放射線治療室への入室が必要である。甲状腺機能亢進症（バセドウ病）のコントロールにも有効で、この場合は外来でも治療可能である。

### (b) 塩化ストロンチウム-89

がんの骨転移の場合の疼痛治療に用いる。がんが骨に転移すると、骨を溶かしてカルシウム代謝が活発になる。カルシウムの同族体であるストロンチウム-89を注射すると、骨転移部に集積して微弱な放射線を出す。臨床試験では70%程度の症例で疼痛改善が得られている。

(c) イットリウム-90による放射性免疫療法  
B細胞性リンパ腫細胞の表面に発現しているCD20抗原を標的として、CD20抗体にイットリウム-90を標識させたものを注射投与するターゲット療法である。化学療法やリツキサンが有効でなかった症例の約80%に効果があり、約60%で治癒が期待できると報告されている。2009年4月から山陰地方では初めて当院で治療可能となった。

#### 島根県の放射線治療の現状と課題

コンピュータ技術の発展に伴い急速に進歩してきた放射線治療であるが、専門医や専門的技術者

の不足が大きな問題である。島根県は人口の高齢化率が高く、侵襲の低い放射線治療の重要が今後増していくと考えられる。現在当院を含め6施設で放射線治療が可能であるが、県東部には5か所6台の外部放射線照射装置があるのに比べ、中西部には1か所1台であり地域格差が大きい。がん診療連携拠点病院が県内の放射線治療の大部分を担っているが、病院間での連携と役割分担を進めることが必要である。専門的医療従事者の育成が急務であることももちろんである。

#### 結 語

放射線治療は臓器と機能の温存が可能ながんの局所治療で、比較的侵襲が低い。コンピュータ技術の発展の恩恵を受けて急速に進歩しており、今後治療患者数の増加が予測されている。島根県内でも専門的人材の育成や治療技術の向上とともに治療施設間の連携強化などを進めていく必要がある。

#### 参 考 文 献

- 1) 高橋和久 編集：講義録 腫瘍学 メジカルビュー社 2009年
- 2) Edward C Halperin et al., ed.: Perez and Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology (5th ed), Lippincott Williams & Wilkins, (2007)
- 3) Eric J Hall et al., ed.: Radiobiology for the Radiologist (6th ed.), Lippincott Williams & Wilkins, (2005)  
関連 URL  
日本放射線腫瘍学会 <http://www.jastro.jp/>